

合成生物学领军企业，生物基产品布局打开新空间

2023 年 08 月 11 日

➤ **合成生物学龙头企业，厌氧发酵工艺全球领先。**公司主要产品为丙氨酸系列产品（L-丙氨酸、DL-丙氨酸、β-丙氨酸）、L-缬氨酸、D-泛酸钙和熊果苷（α-熊果苷和β-熊果苷）等，可广泛应用于日化、医药及保健品、食品添加剂、饲料等众多领域。公司突破厌氧发酵技术瓶颈，在国际上首次成功实现了微生物厌氧发酵规模化生产 L-丙氨酸产品，是合成生物学领域的领先企业之一。2022 年公司实现营业收入 14.19 亿元，同比增长 48.69%；实现归母净利润 3.2 亿元，同比增长 90.23%。

➤ **合成生物学是生物技术革命，将有力颠覆传统化工品生产工艺，**合成生物学以工程学的视角引入，核心在于“DBLT 循环”。近年来，合成生物学在政策保障+成本降低+技术加成三大驱动力的推动下，市场规模快速增长，2021 年全球合成生物学市场规模达到 95 亿元，预计 2026 年将达到 307 亿元，CAGR 高达 26.5%。作为实现化学品绿色制造的核心技术，合成生物学正在并将逐渐改变未来化学品的生产模式。目前，已有相当多化学品项目达到商业化规模。

➤ **氨基酸主业稳步发展，生物基产品定义未来。**1) **主业：**公司丙氨酸市占率全球第一，国际首次突破厌氧发酵工艺，实现了成本+环保的双重优势。随着公司 IPO 募投巴彦淖尔“交替年产 2.5 万吨丙氨酸、缬氨酸项目”以及秦皇岛“发酵法丙氨酸 5000 吨/年技改扩产项目”的逐步落地，公司氨基酸主业竞争力将进一步提升；2) **生物基新产品：**基于公司已构建的合成生物学平台及生物制造优势，公司在赤峰基地启动“年产 5 万吨生物基丁二酸及生物基产品原料生产基地项目”和“年产 5 万吨生物基 PDO 项目”，在秦皇岛基地启动建设“年产 5 万吨的生物基苹果酸建设项目”。以上项目均采取国内较为受限的生物法工艺，考虑到新布局生物基产品与主业生物发酵法工艺具备共通性，我们认为，新产品的建成投产有望助丰富公司产品矩阵，进一步打开公司成长的新空间。

➤ **投资建议：**我们预计公司 2023-2025 年归母净利润分别为 4.49、5.71、7.91 亿元，EPS 分别为 2.86、3.63、5.04 元，现价（2023/8/10）对应 PE 分别为 30X、24X、17X。公司丙氨酸厌氧发酵工艺行业领先，缬氨酸发酵工艺突破发展仍具潜力，新产品生物基产品的布局有望进一步增厚公司盈利水平。受益于合成生物学行业及细分产品未来的发展空间，我们持续看好公司未来成长空间，维持“推荐”评级。

➤ **风险提示：**原材料价格波动的风险；核心技术泄露或核心技术人员流失的风险；市场竞争加剧的风险。

盈利预测与财务指标

项目/年度	2022A	2023E	2024E	2025E
营业收入（百万元）	1419	1880	2592	3865
增长率（%）	48.7	32.5	37.8	49.1
归属母公司股东净利润（百万元）	320	449	571	791
增长率（%）	90.2	40.3	27.2	38.6
每股收益（元）	2.04	2.86	3.63	5.04
PE	43	30	24	17
PB	9.2	7.5	6.0	4.7

资料来源：Wind，民生证券研究院预测；（注：股价为 2023 年 8 月 10 日收盘价）

推荐

维持评级

当前价格：

86.90 元


分析师 刘海荣

执业证书：S0100522050001

电话：13916442311

邮箱：liuhairong@mszq.com

研究助理 李金凤

执业证书：S0100122070041

电话：18853881252

邮箱：lijinfeng@mszq.com

相关研究

1. 华恒生物 (688639.SH) 2022 年年报及 2023 年一季报点评：氨基酸增长符合预期，多元化布局打开新空间-2023/04/26

目录

1 合成生物学龙头企业，产品结构不断丰富	3
1.1 合成生物学龙头企业，不断丰富产品布局	3
1.2 立足丙氨酸生产，产品条线多点开花	4
1.3 营收稳定增长，盈利能力维持高位	6
1.4 立足自主研发，坚持产学研相结合的研发体系	8
1.5 股权激励有效提升员工积极性	10
1.6 公司客户资源优质稳定	11
2 “自上而下”的合成生物学，核心为“设计-构建-测试-学习 (DBTL)”循环	12
2.1 合成生物学是生物科学第三次革命	12
2.2 合成生物学迈入发展新阶段	13
2.3 底盘细胞是“硬件”基础	14
2.4 DBTL 循环是应用核心	15
3 行业规模保持高速增长，合成生物成为化学品绿色制造的核心技术	20
3.1 合成生物学市场规模快速扩张，投融资热情高涨	20
3.2 三大驱动力：政策保障+成本降低+技术加成	23
3.3 产业链可以分为上、中、下三类企业	28
4 丙氨酸主业优势凸显，缬氨酸实现工艺延伸	32
4.1 丙氨酸为公司主要产品，竞争优势凸显	32
4.2 L-缬氨酸成功实现发酵工艺延伸，发展潜力较大	34
4.3 公司紧抓行业机遇，加速推进主要产品产能建设	35
5 积极布局生物基材料，有望成为未来增长新动力	36
5.1 PDO 规模增长空间较大，行业格局较为集中	36
5.2 丁二酸下游应用广泛，生物法有望成为主流技术	40
5.3 苹果酸市场规模不断提升，公司积极推动项目建设	44
6 盈利预测与投资建议	47
7 风险提示	49
插图目录	51
表格目录	51

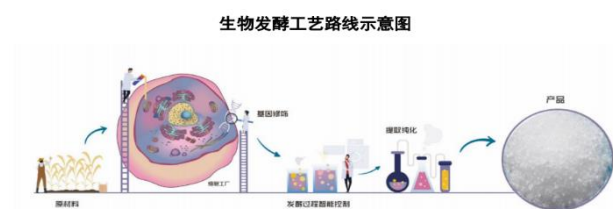
1 合成生物学龙头企业，产品结构不断丰富

1.1 合成生物学龙头企业，不断丰富产品布局

公司是以生物制造方式规模化生产小品种氨基酸的国际领先企业。公司以合成生物学技术为核心，通过生物制造方式主要从事生物基产品的研发、生产和销售。公司主要产品为氨基酸系列产品（L-丙氨酸、DL-丙氨酸、β-丙氨酸、L-缬氨酸）、维生素系列产品（D-泛酸钙、D-泛醇）及其他产品等，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。经过多年发展，公司已成为全球领先的通过生物制造方式规模化生产小品种氨基酸产品的企业之一。

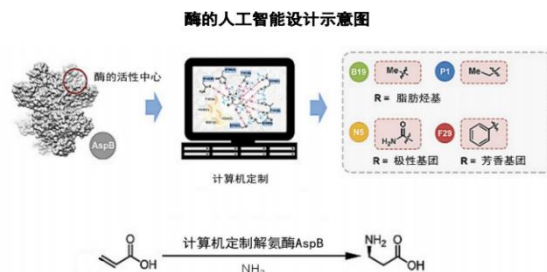
公司在合成生物学的产业布局中具备先发优势。公司坚持“以可再生生物资源替代不可再生石化资源，以绿色清洁的生物制造工艺替代高能耗高污染的石化工艺”的发展路径，以合成生物学、代谢工程、发酵工程等学科为基础，建立了“工业菌种—发酵与提取—产品应用”的技术研发链，在工业菌种创制、发酵过程智能控制、高效后提取、产品应用开发环节形成了完备的技术领先优势。公司掌握了主要产品相关的一系列核心技术，涵盖菌株构建、发酵控制、分离提取、母液产物回收等生物制造全过程；同时，围绕发酵法和酶法两大生产工艺，公司逐步开始在合成生物学领域的其他产品布局，形成合成生物学技术相关的核心技术集群。

图1：生物发酵工艺路线



资料来源：公司招股说明书，民生证券研究院

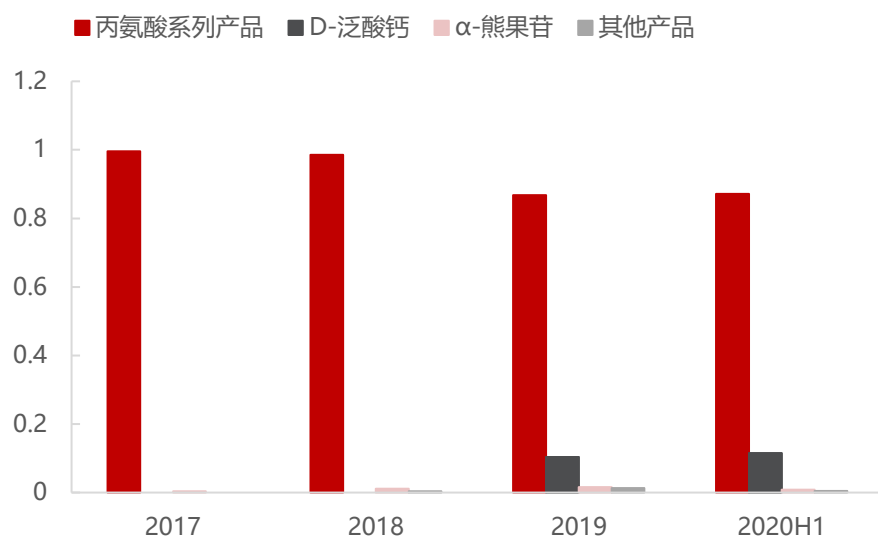
图2：酶的人工智能设计



资料来源：公司招股说明书，民生证券研究院

丙氨酸是公司的主要产品，2020H1 占比高达 87%。2017-2020H1，公司丙氨酸系列产品占主营业务收入的比重分别为 99.62%、98.57%、86.79%和 87.17%，整体占比较高，为公司主要产品。其中，L 丙氨酸是公司丙氨酸系列产品中最主要的细分类型，在丙氨酸产品系列中又占据较高份额，其主要需求方为巴斯夫、诺力昂等大型国际化工企业，L-丙氨酸主要应用于日化领域，作为合成新型环保螯合剂 MGDA 的原料使用。

图3：公司各产品收入占比



资料来源：公司招股说明书，民生证券研究院

1.2 立足丙氨酸生产，产品条线多点开花

1.2.1 丙氨酸

丙氨酸属于一种小品类氨基酸。丙氨酸是组成人体蛋白质的21种氨基酸之一，属于小品种氨基酸，可以广泛应用于日化、医药及保健品、食品添加剂和饲料等众多领域。丙氨酸可以分为α-丙氨酸和β-丙氨酸，其中α-丙氨酸存在L型、D型两种立体镜像，即L-丙氨酸、D-丙氨酸，DL-丙氨酸为α-丙氨酸的外消旋体，其中L型、D型的混合比例为1:1。受制于自然属性带来的应用限制，D-丙氨酸的市场应用空间有限，因而公司没有开展D-丙氨酸的规模化工业生产。

图4：丙氨酸系列产品的具体分类



注：■ 为公司暂未生产产品

资料来源：公司招股说明书，民生证券研究院

丙氨酸生产工艺的前沿工艺主要为酶法和发酵法。从生产工艺历史来看，丙氨酸的工艺经历了天然提取法、化学合成法、酶法到发酵法的技术演变，其中天然提取法和化学合成法具有成本高、合成路线长、环保压力大等问题，**酶法和发酵法成为目前利用生物技术生产丙氨酸产品的前沿工艺。**

表1：不同丙氨酸生产工艺的比较

项目	天然提取法	化学合成法	生物制造方法酶法	生物制造方法发酵法
产量	低	高	高	高
产品成本	高	高	较高	低
核心步骤	强酸水解	化学催化	生物酶催化	微生物发酵
技术要求	低	低	高	高
工艺路线	长	长	短	短
产品质量	低	高	高	高
原材料来源	可再生	石油基	石油基	可再生
环境友好度	低	低	较高	高

资料来源：公司招股说明书，民生证券研究院

L-丙氨酸：L-丙氨酸产品为丙氨酸系列产品的主要细分品种，也是下游应用最为广泛的细分类型，可以广泛应用于日化、医药及保健品、食品添加剂和饲料等众多领域。其中，日化领域为 L-丙氨酸最主要应用领域，2019 年日化领域需求量占 L-丙氨酸总需求量约 55%。从日化领域中的下游来说，L-丙氨酸作为主要原料可以应用于新型绿色螯合剂 MGDA 的生产中，还可以用于合成温和氨基酸表面活性剂。

L-丙氨酸是公司最早实施产业化的产品，公司通过自主研发和产学研结合的模式，开发了两种较为成熟的生物制造方式，即酶法生产工艺和发酵法生产工艺。在酶法工艺下，公司采用自然筛选、定向进化等技术，构建出高手性选择的 L-丙氨酸工业酶，使酶法生产的 L-丙氨酸光学纯度达到 99.99%，可满足医药、食品等行业客户对高手性纯度的要求；与酶法相比，发酵法使得产品成本降低约 50%，且原材料均为可再生资源，发酵过程二氧化碳零排放，因而更适用于合成新型绿色螯合剂、氨基酸表面活性剂等日化领域的应用。

DL-丙氨酸：DL-丙氨酸具有一定的甜味，可用作缓冲酸碱、防止褐变，被日韩等国家用作食品添加剂，也可以用于日化领域生产 MGDA。公司 DL-丙氨酸产品以自产的 L-丙氨酸为原料，经由酶法工艺催化 L-丙氨酸消旋一步反应得到，具有显著的成本优势。公司采取的酶法工艺较传统化学合成工艺来说具有显著优势，具体体现在：一是在生产过程中采用了常温常压的温和反应条件，替代了原有化学合成法的高温高压条件；二是在后提取环节采用了先进膜分离技术，工艺简单，产

品纯度达到 99.5%以上。

β-丙氨酸: β-丙氨酸是自然界中唯一存在的β型氨基酸, 具有独特的生物活性。在医药及保健品领域, β-丙氨酸是合成维生素 B5 的重要原材料之一, 还可参与维生素泛酸和辅酶 A 的组成, 作为抗运动性疲劳补剂。β-丙氨酸合成长期依赖于化学合成路线, 反应条件苛刻, 环境压力显著; 2018 年, 公司创造性地构建了以廉价丙烯酸为原料, 利用人工合成酶催化生产β-丙氨酸的技术。与 L-天冬氨酸脱羧技术相比, 该技术有效降低了成本, 具有高效率、高转化率优势, 且在后提取环节兼具绿色环保优势, 成功构建了β-丙氨酸的绿色合成路线。

1.2.2 L-缬氨酸

缬氨酸发酵法工艺成功突破, 发展潜力较大。缬氨酸是组成蛋白质的氨基酸之一, 也是哺乳动物的必需氨基酸和生糖氨基酸。作为三种支链氨基酸之一, L-缬氨酸在促进蛋白质合成、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重要作用, 广泛应用于饲料、医药、食品行业。在发酵法丙氨酸生产工艺的基础上, 公司成功实现发酵法 L-缬氨酸技术的突破, 该技术能耗低, 葡萄糖转化率相对较高, 杂酸产生少, 且通过直接浓缩结晶获得较高纯度的产品, 具备良好的竞争优势。

1.2.3 熊果苷

熊果苷主要用于美白化妆品, 公司产品布局丰富。熊果苷又名熊果素、熊果叶苷、熊果酚苷。熊果苷具有抗炎、抗氧化、平喘等多种药理活性, 还是人黑色素细胞中酪氨酸酶的抑制剂, 能够阻断黑色素的形成, 加速黑色素的分解与排泄, 从而减少皮肤色素沉积。熊果苷分为α型和β型两类, α-熊果苷的美白效果是β-熊果苷的 7-10 倍, 目前国内外逐步添加于美白化妆品中。公司α-熊果苷以苯二酚为原料, 采用酶法生产工艺, 有效解决了传统工艺普遍存在的酶活低、提取精制成本高、产品杂质含量高等问题; 2021 年, 公司成功实现发酵法β-熊果苷技术产业化, 与公司生物酶法α-熊果苷形成互补, 能够更好为下游化妆品行业客户提供产品服务。

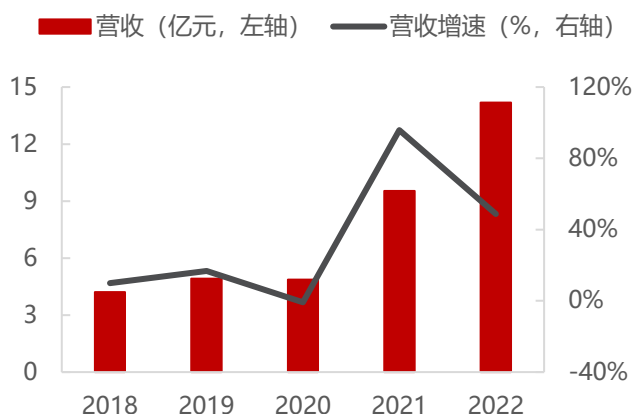
1.2.4 D-泛酸钙

泛酸钙定位于核心产品丙氨酸的协同产品。D-泛酸钙亦称维生素 B5, 是人体和动物体内辅酶 A 的组成部分, 参与碳水化合物、脂肪和蛋白质的代谢作用, 有利于各种营养成分的吸收和利用, 是人体和动物维持正常生理机能不可缺少的微量物质, 被广泛应用于饲料添加剂、医药、日化、食品添加剂等众多领域。D-泛酸钙是基于公司在现有核心产品丙氨酸的技术与成本优势基础上, 适时开发出的衍生物新产品, 定位于核心产品丙氨酸的协同产品。

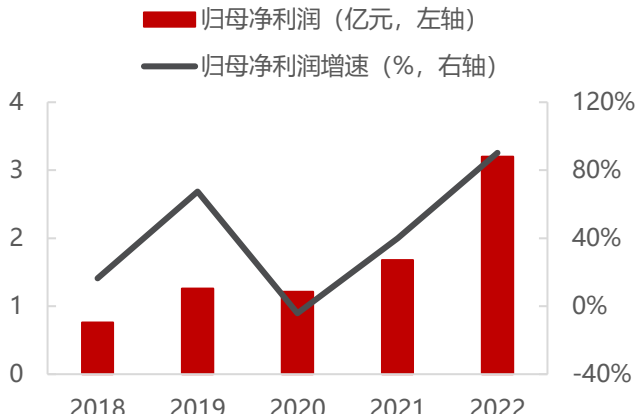
1.3 营收稳定增长, 盈利能力维持高位

近年来公司营收、归母净利润逐年增长。据公告, 2018-2022 年, 公司营收从 4.21 亿元增长至 14.19 亿元, CAGR 为 35.5%; 归母净利润由 0.76 亿元增长

至 3.2 亿元，CAGR 为 43.25%。其中，公司 2022 年实现营收 14.19 亿元，同比增长 48.69%；实现归母净利润 3.2 亿元，同比增长 90.23%。2022 年营收及利润上涨原因主要系公司缬氨酸及丙氨酸产品销量增加导致销售收入大幅上涨所致。

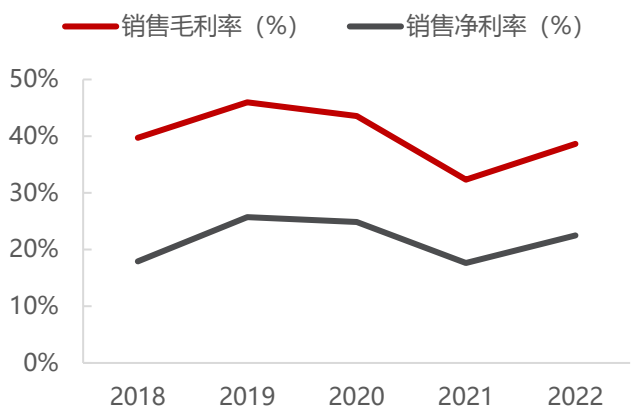
图5：2018-2022 年营收及增速


资料来源：wind，民生证券研究院

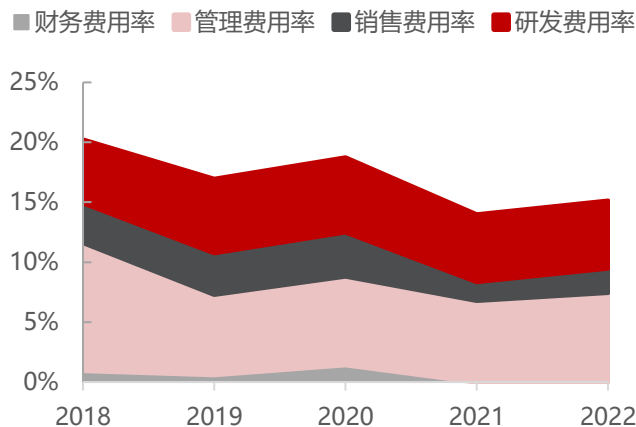
图6：2018-2022 年归母净利润及增速


资料来源：wind，民生证券研究院

毛利率增长势头强劲，期间费用率整体维持稳定。2018-2022 年公司毛利率整体维持在行业较高水平，其中 2022 年公司毛利率为 38.66%，净利率为 22.51%；期间费用方面，2018-2022 年公司三大费用率整体呈现下降趋势，2022 年财务、管理、销售费用率分别达到-0.49%（利息收入大于支出）、7.96%、2.04%，同比分别-0.49pct、+1.15pct、+0.47pct，说明近年来公司对费用管控的能力有所提升。研发费用方面，值得关注的是公司近年来的研发费用率普遍维持在 5%上，处于行业较高水平，技术研发投入的提升利好公司新产品的研发投产，有利于保障研发人员及研发工艺的内部稳定。

图7：2018-2022 年毛利率及增速 (%)


资料来源：公司公告，民生证券研究院

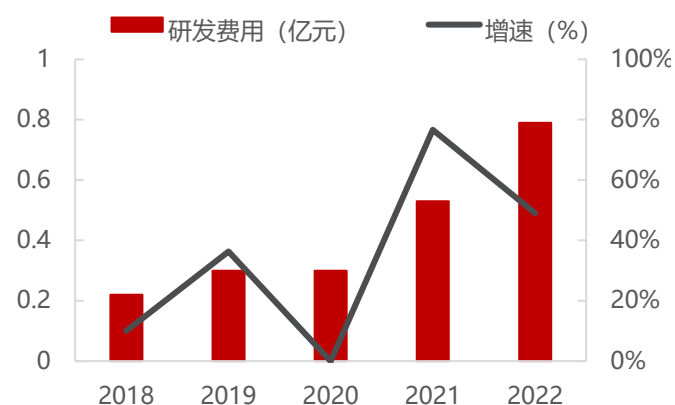
图8：2018-2022 年期间及研发费用率 (%)


资料来源：公司公告，民生证券研究院

1.4 立足自主研发，坚持产学研相结合的研发体系

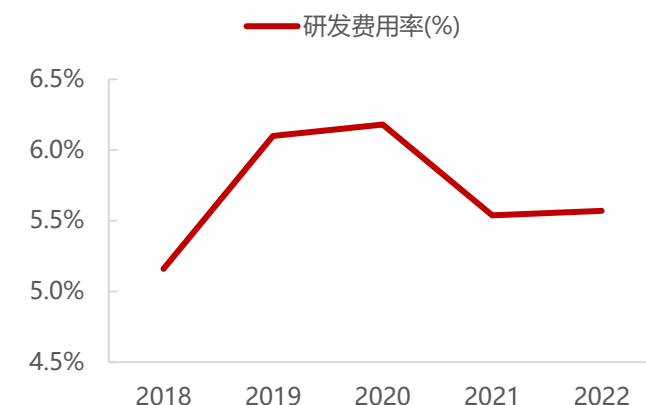
公司采用自主研发与产业合作的研发体系，持续加强研发投入。公司立足自主研发，始终保持研发的高效投入。2018-2022 年公司研发费用整体呈现增长趋势，研发费用率分别为 5.23%、6.11%、6.16%、5.56%、5.57%，始终保持在 5% 以上水平。同时，公司坚持和发展产学研相结合的技术合作创新模式，与中科院天工所、中科院微生物所、北京化工大学、浙江工业大学等高校科研机构建立长期的合作关系，与中国科学院郑裕国院士合作共建华恒绿色生物制造院士工作站，以提升公司综合技术的研究能力。

图9：2018-2022 年公司研发费用及增速



资料来源：wind，民生证券研究院

图10：2018-2022 年公司研发费用率



资料来源：wind，民生证券研究院

表2：公司核心技术及来源

产品	核心技术来源	对应专利及自有技术	技术来源
L-丙氨酸	发酵法 L-丙氨酸 高产菌株构建技术	一种高产 L-丙氨酸的 XZ-A26 菌株及构建方法与应用	产学研合作
		一种高产 L-丙氨酸且耐受自来水的菌株及其构建方法	自主研发
		一种高产 L-丙氨酸且耐受自来水的菌株及构建方法	
		一种高产 L-丙氨酸的菌株及生物发酵生产 L-丙氨酸的方法	
		羧基酮丛毛单胞菌 HHALA-001 及采用该菌株生产 L-丙氨酸的方法	
	发酵法 L-丙氨酸 发酵控制技术	一种提高重组大肠杆菌发酵生产 L-丙氨酸能力的方法	产学研合作
		L-丙氨酸发酵过程最优化控制数学模型	
		一种去除 L-丙氨酸发酵料液中无机盐的方法	
	发酵法 L-丙氨酸 分离除杂技术	一种发酵法生产 L-丙氨酸料液的除盐方法	自主研发
		一种 L-丙氨酸连续脱色系统	
		一种从 L-丙氨酸发酵液中分离纯化 L-丙氨酸的方法	
	发酵法 L-丙氨酸 结晶控制技术	L-丙氨酸连续结晶控制技术	产学研合作

	发酵法 L-丙氨酸母液产物回收技术	L-丙氨酸的提取系统	ZL201720010407.1	自主研发
		一种 L-丙氨酸的提取方法	ZL201611020059.2	
		一种 L-丙氨酸母液的处理方法	ZL201710410682.7	
		一种 L-丙氨酸废母液的处理方法	ZL201710410682.7	
		一种利用电渗析分离 L-丙氨酸和乳酸的方法	ZL201711144160.3	
		氨基酸缓释肥及其制备方法和应用	ZL202111350974.9	
	酶法 L-丙氨酸发酵产酶控制技术	酶法 L-丙氨酸生产菌高度密度发酵培养基开发	非专利技术	自主研发
		酶法 L-丙氨酸生产菌发酵产酶的工艺优化	非专利技术	
	酶法 L-丙氨酸生产和提取控制技术	一种高效利用 L-丙氨酸消旋酶的生产装置	ZL201621398619.3	自主研发
		高光学纯度 L-丙氨酸酶法生产方法	非专利技术	
一种高效率的缬氨酸半连续发酵罐及成套装置		ZL202122161403.2		
连续转化装置		ZL202123316460.X		
酶法 L-丙氨酸母液产物回收技术	一种从母液中提取 L-丙氨酸的方法	ZL201210040904.8	自主研发	
	L-丙氨酸酶法母液高效处理方法	非专利技术		
DL-丙氨酸	酶法 DL-丙氨酸产酶菌株的构建技术	高产 DL-丙氨酸生产菌株及其应用	ZL20130229268.8	产学研合作
	酶法 DL-丙氨酸发酵产酶控制技术	酶法 DL-丙氨酸高密度发酵工艺	非专利技术	自主研发
β-丙氨酸	合成酶法 β-丙氨酸酶发酵产酶和转化提取技术	β-丙氨酸合成酶的人工设计及异源表达产酶调控技术	非专利技术	产学研合作
		合成酶法 β-丙氨酸抗噬菌体工程菌及其选育方法	非专利技术	自主研发
		高效智能连续转化控制技术及装备开发	非专利技术	
		“碱置换离子铵+氨回收”联合控制的料液脱氨技术	非专利技术	
		适用于 β-丙氨酸的新型多阶段结晶控制技术	非专利技术	
	酶法 β-丙氨酸高产菌株构建技术	生产β-丙氨酸的重组大肠杆菌菌株及其构建方法和应用	ZL201310722755.8	自主研发
		用于生产β-丙氨酸的工程菌及生产β-丙氨酸的方法	ZL201510067784.4	
		一种抗噬菌体天冬氨酸霉变体生产菌及其选育方法	ZL202110632472.9	
D-泛酸钙	D-泛解酸内脂的无溶剂分离提纯技术	离子膜法分离制备 D-泛解酸内脂	非专利技术	自主研发
	D-泛解酸内脂的动态动力学拆分制备技术	D-泛酸钙原料 D-泛解酸内脂的“一锅化”酶催化技术	非专利技术	自主研发
	D-泛解酸内脂的化学合成技术	一种 D-反酸内酯的生产方法	ZL201910246361.7	自主研发
	酶法拆分 DL-泛解酸内脂的生产装置	反应提纯装置	ZL202123316487.9	自主研发
α-熊果苷	α-熊果苷酶法生产的高效菌株构建技术	生产 α-熊果苷的基因工程菌及其构建方法和应用	ZL20151071160.7	产学研合作
		高纯 α-熊果苷酶法生产方法	非专利技术	自主研发
		生产 α-熊果苷的工程菌及其构建方法和应用	ZL201910968225.9	自主研发
	α-熊果苷提取回收技术	α-熊果苷生产过程中的糖回收工艺	非专利技术	自主研发
		α-熊果苷新提取工艺开发	非专利技术	
		一种生物提取母液产品回收系统	ZL2021123329414.3	

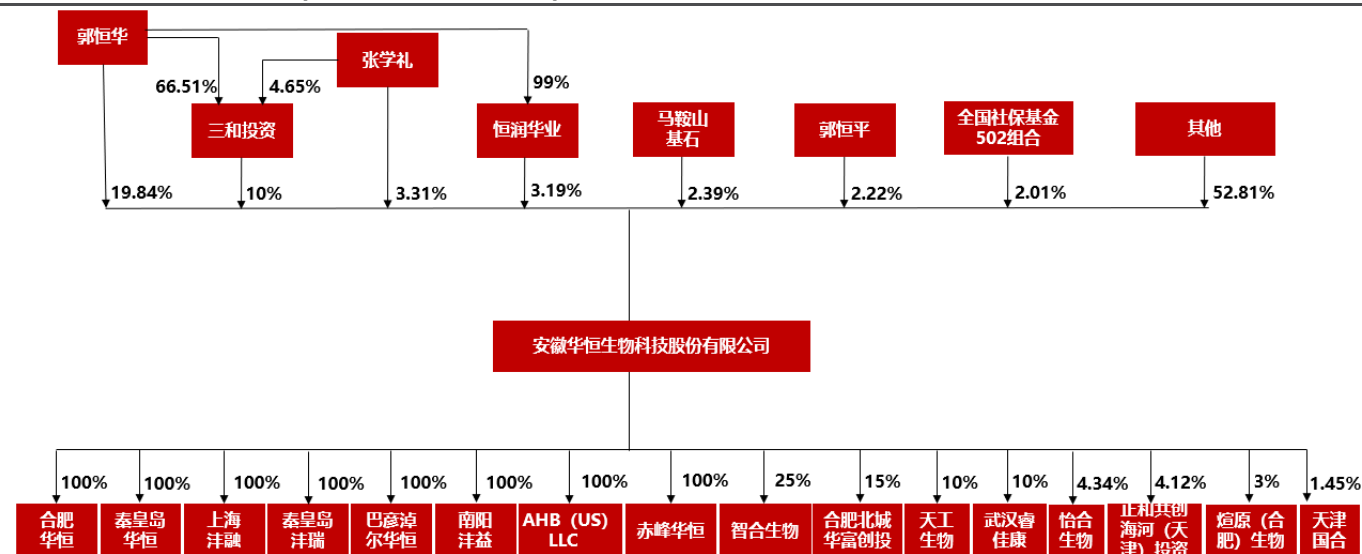
L-缬氨酸	发酵法 L-缬氨酸	一种产 L-缬氨酸的黄色短杆菌及利用该菌生产 L-缬氨酸的方法	ZL201911084280.8	自主研发
	高产菌株构建技术	生产 L-缬氨酸的重组微生物及构建方法、应用	ZL202010401422.5	产学研合作
	及应用	生产 L-缬氨酸的重组大肠杆菌及其应用	ZL202019460035.9	产学研合作
		生产 L-缬氨酸的重组大肠杆菌、其构建方法及其应用	ZL202010466347.0	产学研合作
	发酵法 L-缬氨酸 发酵技术	一种缬氨酸制备方法	ZL202110278728.0	自主研发
产品通用 性技术	发酵法 L-缬氨酸 结晶母液再利用技术	一种氨基酸发酵培养基的制备方法及其应用	ZL202110274620.4	自主研发
	生产工艺技术	氨基酸产品中美拉德产物的去除方法	ZL201410765940.X	自主研发
		菌体细胞的破碎方法	ZL201410766776.4	
		助滤剂及其制备方法	ZL201310723113.X	
		从混合溶液中分离酸与酯的方法	ZL201911214041.X	自主研发
产品通用 性技术	生产装置工艺技术	一种新型节能降温干燥器系统	ZL201621398633.3	自主研发
		一种微生物带压接种装置	ZL201621407077.1	
		一种多功用外循环釜系统	ZL201621407078.6	
		一种氨基酸液搅拌设备	ZL201821172388.3	
		一种氨基酸液连续灌装机	ZL201921114860.2	
		一种细菌发酵液连续灭菌装置清洗系统	ZL202021744642.X	
		氨基酸的干燥装置	ZL202021787531.7	
		氨基酸的结晶系统	ZL202021779210.2	
		氨基酸的结晶装置	ZL202021780314.5	
		氨基酸的灭菌装置	ZL202021815107.9	
		酶反应系统	ZL202021787026.2	
		投料装置	ZL202021787000.8	
		膨胀圈及其离心机	ZL202021924859.9	
		脱色罐与连续脱色系统	ZL202022525793.2	
		一种流化床监控装置	ZL201621398620.6	

资料来源：公司公告，民生证券研究院

1.5 股权激励有效提升员工积极性

公司股权结构合理，股权激励激发员工热情。据 wind，截至 2023 年 7 月底，郭恒华分别作为普通合伙人、控股股东持有三和投资、恒润华业一定的财产份额，通过直接和间接持有公司近 30%的股份，是公司的第一大股东和实际控制人；张学礼作为公司核心技术人员，直接间接共持有公司股份共计 3.78%；郭恒平、张冬竹等公司高管均持有公司股份。此外，公司发布 2021 年限制性股票激励计划，计划授予第一类限制性股票 40 万股，第二类限制性股票 62.1 万股，授予对象总人数为 30 人，均为公司核心骨干及技术人员。该股权激励计划有助于提升员工积极性，传递公司长期发展信心。

图11：公司股权穿透图（截至 2023 年 7 月底）



资料来源：wind，民生证券研究院

1.6 公司客户资源优质稳定

公司下游客户资源丰富，美国子公司成立助力华恒布局国际市场。依托于技术突破和成本优势，公司服务于包括世界 500 强企业在内的境内外优质客户。在境外市场，公司与世界 500 强企业巴斯夫、味之素、伊藤忠、德之馨等公司建立了合作伙伴关系；在境内市场，公司与多家优质化工、制药企业保持着良好的合作关系，如诺力昂、天新药业、华中药业、华海药业等均与公司建立了长期业务往来。2021 年，公司根据市场及客户业务类型对销售体系进行变革，重新划分中间体事业部、动物营养事业部、功能食品与营养事业部、日化护理事业部及植物营养事业部共计 5 个事业部；此外，针对国际市场，公司成立华恒美国公司，有助于公司聚焦国际市场的开拓与服务，提高承接未来公司战略的能力。

2 “自上而下”的合成生物学，核心为“设计-构建-测试-学习 (DBTL)” 循环

2.1 合成生物学是生物科学第三次革命

合成生物学沿用工程学“自上而下”概念，是一种与系统生物学“自上而下”解析理念相反的合成理念。合成生物学打破了“自然”与“非自然”的界限，从系统表征自然具有催化调控等功能的生物大分子，令其成为标准化“元件”，到后面的创建“模块”、“线路”等全新生物部件与细胞“底盘”，一直到构建具有各类用途的人造生命系统。

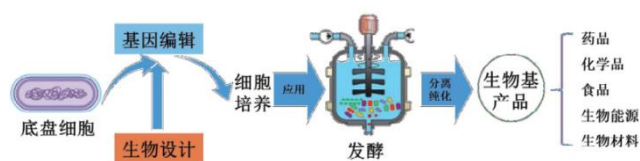
合成生物学的“工程学本质”是其区别于传统生命科学的核心。一方面，合成生物学具有“自下而上”的正向工程学“策略”。因此，对于合成生物学而言，元件标准化→模块构建→底盘适配，包括对生命过程的途径、网络的组成及其调控的认识及“正交化生命”的设计与构建，是其最核心的研究内容；而人工线路的构建，就是其最重要的工程化平台；另一方面，合成生物学是目标导向的构建“人造生命”。“自上而下”地构建“最小基因组”或者“自下而上”地合成“人工基因组”，是合成生物学另一个最核心的研究内容；大片段基因组操作和改造，以及大规模、高精度、低成本 DNA 合成，是合成生物最重要的两大使能技术；而基因组的构建，是合成生物最重要的工程化平台。

图12：合成生物学的内涵



资料来源：赵国屏著《合成生物学：开启生命科学“会聚”研究新时代》，民生证券研究院

图13：合成生物制造环节

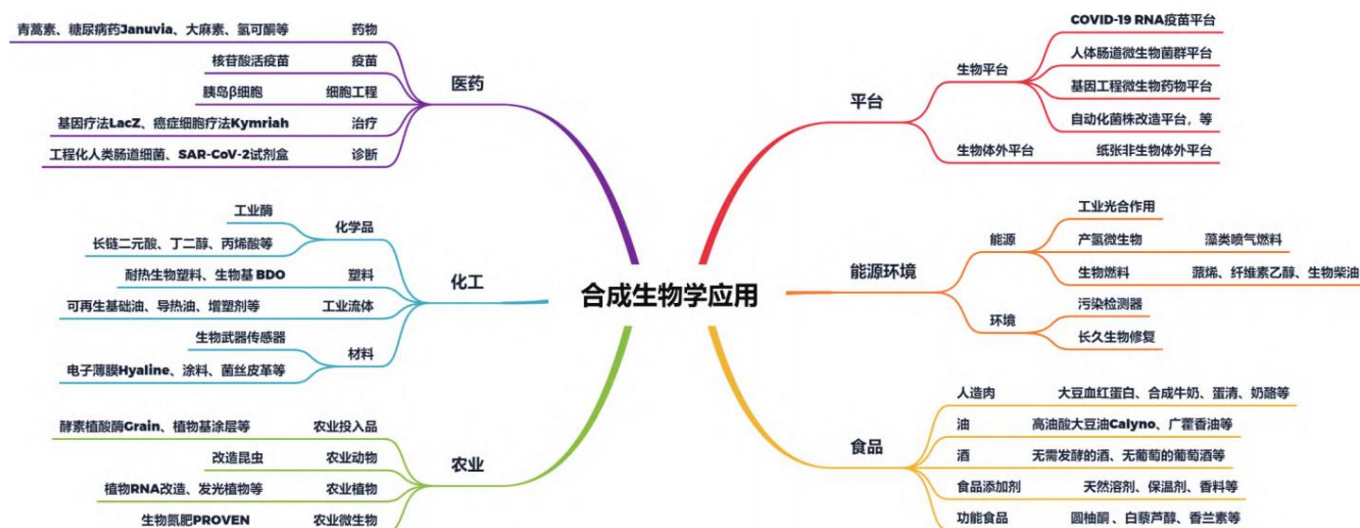


资料来源：王浩绮等著《“十四五”背景下合成生物学产业发展趋势分析》，民生证券研究院

合成生物学广泛应用于平台研发、医药、化工、能源、食品和农业等多个重点领域。(1) 平台：包含非生物平台和生物平台；(2) 医药：包含疾病诊断、疫苗、抗生素、药物、基因治疗、细胞工程等产品；(3) 能源环境：利用微生物合成高能生物染料，或者遗传改造微生物使其能将生物质转化为乙醇、蛋白质等；(4) 化工：通过设计和改造实现生物路线对传统化工路线的替代，包括化学品、材料、工业酶和个人护理等产品的市场开发；(5) 食品：包含人造肉、油、酒、蛋白质、食品添

加剂和天然功能成分等；(6) 农业：涉及到农作物及畜牧生产环节，包括成本控制、化肥农药减施、生物传感器等。

图14：合成生物学相关应用领域及产品



资料来源：王晓梅等著《全球合成生物学发展现状及对我国的启示》，民生证券研究院

2.2 合成生物学迈入发展新阶段

合成生物学的发展大体经过四个阶段。

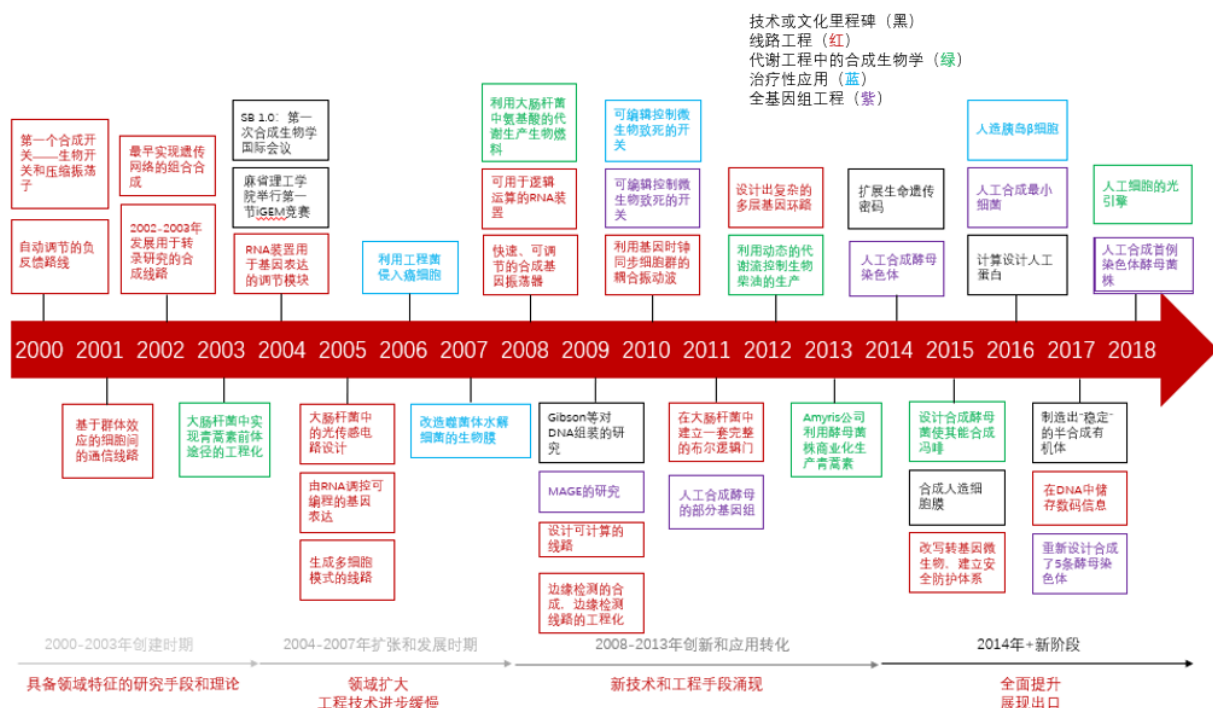
(1) **第一阶段是创建时期 (2000-2003 年)**：此阶段产生了许多具备领域特征的研究手段和理论，特别基因线路工程的建立及其在代谢工程中的成功运用。

(2) **第二阶段是扩张与发展期 (2004-2007 年)**：此阶段领域呈现扩大趋势，但是工程技术进步较为缓慢。

(3) **第三阶段是快速创新和应用转化期 (2008-2013 年)**：此阶段新技术和工程手段大量涌现，大大扩展了合成生物学研究与应用的领域，基因组编辑技术也出现了前所未有的突破。

(4) **第四阶段是会聚研究新阶段 (2014-至今)**：2014 年美国科学院提出“会聚”研究为生命科学第三次革命，以使能技术的工程化平台建设与生物医学大数据的开源应用相结合带来的“工程生物学”，正在全面推动生物技术、生物产业和生物医药“民主化”发展的新阶段。

图15: 合成生物学的发展阶段



资料来源：赵国屏著《合成生物学：开启生命科学“会聚”研究新时代》，民生证券研究院

2.3 底盘细胞是“硬件”基础

模式菌株研究历史长，积累了大量的实验数据和菌株资源。常用的模式微生物有酿酒酵母、大肠杆菌、枯草芽孢杆菌、谷氨酸棒杆菌等。目前利用合成生物学手段在这些模式微生物中构建了具有特定功能的底盘细胞，或进行了一定程度的基因组精简优化。模式微生物研究历史长、研究人员多、遗传工具丰富，因而积累了大量的实验数据和菌株资源。以下为常见的模式微生物：

(1) 酿酒酵母 (*Saccharomyces cerevisiae*): 具有培养条件简单、生长繁殖快、通常认为是安全的、遗传操作工具多样以及遗传背景清晰等优势, 是第一个基因组被完全测序的真核生物基广泛使用的真核模式生物之一;

(2) 大肠杆菌 (*Escherichia coli*): 作为研究微生物遗传、生理和代谢的模式菌株, 同样由于遗传操作工具多样以及遗传背景清晰等优势成为重要的底盘细胞之一:

(3) 枯草芽孢杆菌 (*Bacillus subtilis*): 是革兰氏阳性菌芽孢杆菌的模式菌株, 具有强大的蛋白表达系统。枯草芽孢杆菌基因组大小约为 4.2 Mb, 随着其基因组编辑等遗传工具的完善, 其基因组精简也从 7.7%提高到了 36.0%;

(4) 谷氨酸棒杆菌 (*Corynebacterium glutamicum*): 因其高产谷氨酸的特性而受到关注, 目前已对 53 株谷氨酸棒杆菌进行了基因组测序, 且开发了完

备的基因组编辑操作系统，包括同源重组介导的基因编辑体系、CRISPR-Cas9 和最新的 CRISPRCpf1/dCpf1 等技术。

非模式菌株因具有优秀特性而被广泛应用。在工业生产实践中，除模式微生物底盘细胞外，还有诸多非模式菌株，它们因天然具有理想工厂所需的优异特性而在各个领域被广泛应用，是生物制造的核心组成部分。这些理想细胞工厂的特点包括 GRAS 安全菌株、可高效利用多种底物尤其是廉价原料、生长周期短、目标产物产量高、副产物少、性能稳定、耐受极端环境条件、鲁棒性强等。

表3：典型模式宿主系统及使用范围

典型模式微生物	优缺点	适用范围	产品应用
大肠杆菌	发酵周期短，遗传背景清晰，具有成熟的基因编辑工具以及多元化的代谢调控策略；但不适于表达需要翻译后修饰的蛋白及膜蛋白	非糖基化重组蛋白表达系统	类胡萝卜素、紫杉醇、青蒿素、丹参素、1,3-丙二醇、1,4-丁二醇以及1,3-丁二醇
枯草芽孢杆菌	出色的蛋白质分泌系统；同时具有典型的芽孢形成能力、细胞分裂以及生物膜系统；但极易形成不溶性包涵体，潜在的脂多糖和内毒素风险	碱性丝氨酸蛋白酶与中温淀粉酶制备生产；为微生物机理研究的首选微生物之一	核苷酸、维生素、表面活性剂、维生素 B2 复合物、D- (-) -2,3-丁二醇、透明质酸[53]以及抗生素（例如杆菌肽和枯草杆菌素）
地衣芽孢杆菌	清晰的遗传背景，出色的蛋白质分泌系统，在高温培养环境中拥有极佳的液化和糊化特性；但极易形成不溶性包涵体，潜在的脂多糖和内毒素风险	高温淀粉酶的工业化生产	耐热碱性蛋白酶、银纳米颗粒、生物絮凝剂、聚γ-谷氨酸、2,3-丁二醇
解淀粉芽孢杆菌	出色的蛋白质分泌系统；但极易形成不溶性包涵体，潜在的脂多糖和内毒素风险	中性或碱性蛋白酶的工业化生产	表面活性、果聚糖、S-腺苷甲硫氨酸、银纳米颗粒
谷氨酸棒杆菌	耗糖迅速，易于高密度发酵，无碳源分解代谢阻遏效应，且对有毒醇和芳香族化合物有较高耐受性；但遗传背景清晰，有成熟的调控工具	芳香族化合物的工业化生产	L-谷氨酸、L-赖氨酸以及透明质酸
酿酒酵母	遗传背景清晰，胞内代谢机制高度解析，拥有内质网、线粒体等细胞器，且有较好的 pH 与渗透压耐受性；但其糖基化过高，较低的蛋白表达能力限制其工业化生产	适合生产生物能源、蛋白质、核苷、脂肪酸和脂肪醇、芳香族化合物等生物制品	乙酰辅酶 A、香叶醇、柠檬烯、白藜芦醇、柚皮素、胰岛素等
巴斯德毕赤酵母	极佳的蛋白分泌能力，优异的翻译后修饰（糖基化与二硫键），并且胞外内源性蛋白极少	适合异源蛋白表达	人促红细胞生成素、磷脂酶 C、人超氧化物歧化酶、胰蛋白酶、人血清白蛋白、胶原蛋白和人单克隆抗体 3H6 Fab 片段

资料来源：张小龙等著《基于合成生物技术构建高效生物制造系统的研究进展》，民生证券研究院

2.4 DBTL 循环是应用核心

“设计-构建-测试-学习 (DBTL)” 循环是合成生物学应用的核心。合成生物学家需要从大量的实验数据及旧文献中的“教训”中学习，在微生物菌株的开发过程中通常涉及到“设计-构建-测试-学习 (DBTL)”循环，这种方法集成了菌株计算设计、基因工程改造、发酵测试和组学分析，以提升菌种性能，解决生产瓶颈，

是合成生物学应用的核心。

2.4.1 环节一：设计

设计是 DBTL 的基础环节。设计是指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。其中标准化的生物元件，尤其是 DNA 水平描述的生物元件，在设计过程中尤为重要。

图16：“自下而上”的合成生物学



资料来源：林章凛等著《合成生物学研究进展》，民生证券研究院

(1) 元件：启动子、基因编码序列、终止子、转录调控蛋白因子、核糖体结合位点 (RBS)、调控小 RNA 分子等都是合成生物学的基本元件。开始时，人们系统定量表征了自然界的天然元件，并基于天然元件开发了许多突变的人工元件；除此之外，人们还开发了一些诸如基因间序列元件、DNA 位点标签元件、RNA 适配子元件等新型人工元件，这些元件共同构成合成生物学的元件库。

表4：合成生物学基本元件介绍

元件名称	概述
启动子	基因起始转录的地方，启动子的强度控制了基因的表达量
终止子	位于基因的末尾处，负责停止基因的转录过程
核糖体结合位点 (RBS)	是翻译的起始位点，使用不同序列的 RBS，能够在翻译层次对基因进行调控
转录调控因子	是一种能与 DNA 序列特异性结合并且调控基因转录的蛋白，大部分转录调控因子可以直接感受信号，少部分调控因子需要借助其他信号传导系统对信号产生响应，在接收信号后调控因子对基因产生激活或抑制的调控作用

资料来源：林章凛等著《合成生物学研究进展》，民生证券研究院

(2) 基因线路：利用基因元件开发而成，可以在生物体内实现信息处理，例如基因开关、振荡器、放大器、逻辑门、计数器等。

(3) 基因组：基因组设计可以分为对基因组编码区域的重编设计和对其他区域的重编和设计——编码区域的重编与设计主要基于密码子的简并性进行，并根据实验目的综合不同因素，通过对基因编码区域的重编和设计可以改变蛋白的表达特性；相对于编码区域的基因组设计，基因组其他区域的重编设计目前尚处于比较初级的状态。

2.4.2 环节二：构建

构建就是设计完后调用标准的元件库把元件组装起来的过程。构建环节包括 DNA 合成、大片段组装以及基因编辑。

DNA 合成技术在合成生物学中具有非常重要的作用。DNA 合成不同于体内扩增，无需使用模板，可以直接根据 DNA 序列进行化学合成。目前主流技术为固相亚磷酸酰胺化学合成法，由于合成长度、错配率与生产成本之间的制约关系，该方法在合成长度为 60-mer 的寡核苷酸时效率最优，合成长度一般不超过 200 bp。微阵列芯片的发展将会进一步提高合成效率，降低合成成本。此外，随着无模板酶促合成法的发展及相关瓶颈的突破，将可实现更长寡核苷酸 Oligo 的合成。

DNA 大片段拼接组装有多种组装方法。针对 DNA 大片段的拼接和组装，研究人员开发了 BioBrick、BglBricks、In-Fusion、Gateway、Golden Gate、Start-Stop 及寡核苷酸连接介导的 DNA 组装 (Oligonucleotides linkers mediated DNA assembly, OLMA) 等多种组装方法。

基因编辑技术经历三代发展，目前主流技术为 CRISPR-Cas 技术。基因编辑技术从第一代锌指核酸酶 (Zinc finger nucleases, ZFN)、第二代转录激活样效应因子核酸酶 (Transcription activator-like effector, TAL effector) 发展到目前的第三代 CRISPR-Cas 技术。第三代 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，尤其是 II 型的 CRISPR-Cas9 或 CRISPR-Cas12a (Cpf1) 基因编辑技术，已在多种生物体系中得到广泛应用。

表5：DNA 构建的代表技术手段

	方法	优点	缺点	举例
低聚糖 DNA 合成	亚磷酸酰胺化学合成法	初始反应高效、稳定	化学试剂有毒，长度 < 200 nt	商业低聚糖合成
	DNA 微阵列	低成本、高通量	长度、数量、精度有限	寡核苷酸文库的构建
	TdT	环境温和，DNA 损伤和副产物较少	未商业化	长 DNA 合成
大片段组装	BioBrick	易于优化和自动化装配	8-bp 插入影响蛋白表达	生物线路和装置的构建
	BglBricks	翻译不受 6-bp 连接器的影响	Scar 序列	生物装置和融合蛋白的构建
	Golden Gate	无 Scar，高效装配	最终产物上无酶切位点	多组件（例如 TALEs, TALENs）
	Gibson	操作简单，无 Scar 组装大 DNA 片段	不适合组装小于 200bp 的碎片	4 个大于 100 KB 的片段组装成一个 583 KB 的基因组

基因编辑	CRISPR-Cas (外生)	靶向精准, gRNA 设计工具和质粒丰富, 宿主和应用多样化	异源 Cas 蛋白的细胞毒性, PAM 位点的限制	删除, 插入, 替换, 标记, CRISPRi/a
	CRISPR-Cas (内生)	天然系统, 低细胞毒性	难以应用于其他生物, 工具有限, 效率相对较低	删除, 插入, 替换, 标记, CRISPRi/a

注: Scar 是单个遗传定义位点的基因组 DNA 片段, 通过使用一对特定的寡核苷酸引物进行 PCR 扩增鉴定

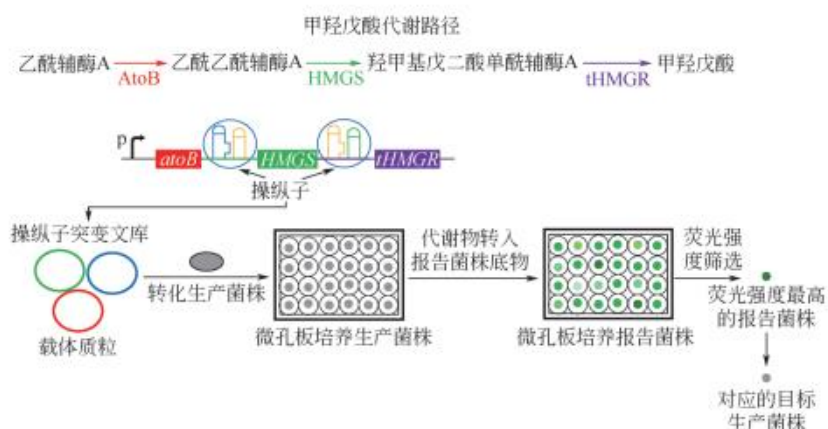
资料来源: 杨永富等著《合成生物学时代基于非模式细菌的工业底盘细胞研究现状与展望》, 民生证券研究院

2.4.3 环节三: 测试

检测环节对于筛选最佳生物元件及组合至关重要。无论是酶、报告基因或启动子、RBS 等单个生物元件, 还是逻辑线路和模块化代谢途径, 经过理性或非理性的设计, 都会产生大量的突变体或候选目标, 因此高效、准确、经济的检测方法对选择最佳的生物元件和组合至关重要。传统的检测方法无法满足合成生物学对大量定量的生物元件、逻辑回路以及代谢和调控途径组合的需求, **目前已经尝试开发利用多种高通量或自动化的筛选与检测技术来提高测试的效率。**

目前包括美国和英国等多个国家已构建或在建的重大工程化平台约有 25 个, 我国的天工所、国家蛋白质科学中心 (上海)、武汉生物技术创新研究院及江南大学等研究机构, 也都已构建了相关合成生物学自动化平台。另外, 中国科学院深圳先进技术研究院 (深圳先进院)、天津大学化工学院、华大生命科学研究院等机构也在建或拟建相关平台。目前天工所的平台已经实现了自动化单基因克隆, 通量达到 300-600 个/d, 多模块化复杂质粒组装也达到 100 个/d 的通量, 组装正确率 > 90%, 同时还实现了多种模式生物的自动化基因操作, 但工程化平台尚不能投入非模式细菌的使用, 并且建设与维护平台费用昂贵, 使用技术难度高, 导致目前尚未普及使用。

图17: 基于细胞生长的方法高通量筛选甲羟戊酸突变菌株



注: AtoB—乙酰乙酰辅酶A 硫解酶; HMGs—羟甲基戊二酸单酰辅酶A 合成酶; tHMGs—羟甲基戊二酸单酰辅酶A 还原酶

资料来源: 杨祖明等著《高通量筛选技术在菌种进化中的研究进展》, 民生证券研究院

2.4.4 环节四：学习

学习能够为下一循环提供指标。学习过程是 DBLT 循环中的重要一环，该过程涉及数据收集整合、数据分析、结果可视化和建模分析等，可以对于下一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便利；同时，不同的数据库还提供了自动化的数据下载程序或脚本，方便了数据收集的过程。

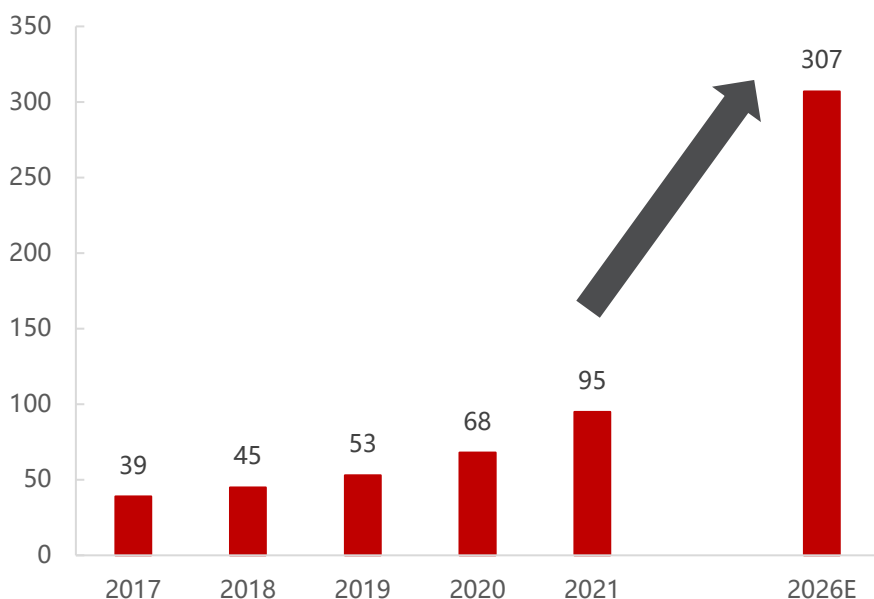
3 行业规模保持高速增长，合成生物成为化学品绿色制造的核心技术

3.1 合成生物学市场规模快速扩张，投融资热情高涨

3.1.1 市场规模快速提升，下游化工占据较大份额

全球合成生物学市场近年来呈现高速增长态势。据 wind 援引自 Markets and Markets 报告显示，全球合成生物学 2021 年市场规模达到 95 亿元，预计 2026 年将达到 307 亿元，CAGR 高达 26.5%。从合成生物学市场的细分领域来看，医疗健康是最大应用领域，其次是科研和工业化工品领域。据 wind 援引自 CB Insights 数据，2019 年医疗健康应用领域市场规模达 21.1 亿美元，占比接近 4 成；科研领域市场规模 14.8 亿美元；工业化学品领域作为第三大下游市场应用，2019 年市场规模达到 11.1 亿美元，占合成生物市场总规模的 20.8%。

图18：2017-2026 年全球合成生物学市场规模及预测（亿元）



资料来源：CB Insights, Super Lab, Markets and Markets, Wind, 民生证券研究院

表6：2017-2024 年全球合成生物学细分领域市场规模（亿元）

应用领域	2017 年	2018 年	2019 年	2024 年	CAGR (%)
医疗健康	17.1	19	21.1	50.2	18.9
科研	12.5	15.2	14.8	39.6	21.7
工业化学品	8.5	9.7	11.1	37.5	27.5
食品与饮料	0.9	1.3	2.1	25.8	64.6
农业	1	1.5	1.9	22.3	64.2

消费品	1.6	1.7	2.2	13.5	43.9
-----	-----	-----	-----	------	------

资料来源：CB Insights，Wind，民生证券研究院

3.1.2 一级市场投融资持续加码，2021 年全球总融资额高达 78 亿美元

合成生物学的兴起引发众多资本关注。据 Synbiobeta 数据，2020 年全球合成生物学获得融资总和达 78 亿美元，约为上一峰值 2018 年的两倍；2021 年全球合成生物学行业融资总额约 180 亿美元，几乎是 2009 年以来该行业融资的总和。国内市场，2021 年中国全年获投资融资 16 起，较 2020 年增长 10 起；获融资金额 22.95 亿元，较 2020 年增长 1.36 亿元。2022 年，合成生物学企业融资频次及金额再创新高，据 2022 年中国合成生物学绿色应用与产业感知调研组不完全统计，2022 年中国合成生物学相关企业融资频次已达到至少 43 起，融资金额已超 66 亿元，融资主要用于在医药健康、精细化学品、替代蛋白及美妆等领域，部分用于使能技术的开发。

表7：2022 年-至今中国合成生物学投融资情况（非不完全统计）

最新融资时间	公司	轮次	金额	选品/业务方向
2023/7/6	微元合成生物	Pre-A 轮	1 亿人民币	医药、日化、农业、食品、饲料和材料等领域各类化合物
2023/6/15	森瑞斯	B 轮	未透露	专注于合成生物技术研发及其在医药、化工、农业、消费品等诸多领域的创新应用
2023/6/13	域新说生物	天使轮	近千万人民币	利用 AI 进行生物元件的设计，并利用生物元件构建基因电路的开发，通过设计基因电路使得菌株及催化酶可以自然进行，最终生成全新功能性蛋白
2023/6/6	昌进生物	A+轮	1 亿人民币	可食用微生物合成蛋白
2023/6/5	微远生物	种子轮	数千万人民币	提供酶进化、多肽产业化、功能蛋白酶定制以及核苷酸修饰服务
2023/5/29	和晨生物	天使轮	未透露	中试生产线建设、产品研发和团队扩张
2023/5/25	智峪生科	A 轮	1 亿人民币	蛋白结构预测与设计及相关应用服务平台
2023/5/22	元一生物	Pre-A 轮	5000 万人民币	提供包括集成菌株开发—发酵工艺优化—工艺发酵生产—产物分离纯化—终端产品开发的一站式解决方案
2023/5/6	百福安生物	Pre-A 轮	数千万人民币	生物催化剂生产商，主要从事生物催化的开发和销售
2023/4/19	微新生物	天使轮	数千万人民币	研发促进农作物、动物、人体健康的功能性微生物及生物活性物质
2023/4/19	微新生物	天使轮	数千万人民币	微生物工程综合解决方案商
2023/3/18	若弋生物	Pre-A 轮	数千万人民币	专注于大分子药物递送技术的研发及其在生物医药研发中的应用
2023/3/9	贻如生物	天使轮	数千万人民币	生物医美材料板块：各类功能性重组蛋白与医美材料，生物基材料：重组蛋白材料、仿生生物基皮革
2023/3/8	极麋生物	天使轮	千万级人民币	人才招聘、研发设备补充、研发经费投入以及日常运营费用
2023/3/2	莱豪事	天使轮	千万级人民币	致力于为生命科学领域如药物研发、体外诊断、合成生物学提供实验室的智能化自动化工具，并提供符合生命科学场景应用的高效智能产品
2023/2/15	蓝晶微生物	B+轮	4 亿人民币	可降解材料 PHA、再生医学材料与工程益生菌等
2023/2/2	微构工场	A+轮	3.59 亿人民币	天使轮生物可降解塑料聚羟基脂肪酸酯（PHA）

2023/1/13	聚树生物科技	天使轮	6000 万人民币	全球领先产品驱动的微生物与不如动物细胞合成生物学公司
2023/1/12	柏垠生物	Pre-A 轮	1 亿人民币	开发生物基材料和相关产品
2023/1/11	佳嘉乐生物	天使轮	未透露	专注于天然来源的光学纯特种氨基酸及其衍生物、镜像肽的生产开发
2023/1/5	依诺基科	天使轮	5000 万人民币	天然香料、营养健康、生物医药等
2022/12/22	齐碳科技	C 轮	7 亿人民币	完善产品矩阵, 加速提出中、高通量测序平台
2022/12/6	中科国生	Pre-A 轮	近亿人民币	核心管线产品 产能放大及下游衍生物的持续开发
2022/12/5	生合万物	Pre-A 轮	数千万人民币	符合 GMP 规范的自然产物制造示范线的建设及产品的应用研发
2022/12/5	北京擎科生物	B 轮	4 亿人民币	基因工厂的研发投入、技术平台升级和人才团队的扩充以及推进国际化经营的布局
2022/12/5	擎科生物	B 轮	4 亿人民币	从事合成基因组学与生物合成产品的研究及开发
2022/11/7	柯泰亚生物	A 轮	数亿人民币	管线的研发落地、人才团队扩充以及加速生产设施的建设运营
2022/11/1	青元开物	Pre-A 轮	数千万人民币	以测序、质谱样本前处理系统和合成生物学局部自动化设备作为主营业务
2022/10/20	遇见味来	种子轮	近千万人民币	种子细胞、无血清培养基以及生物材料的研发, 并推出相关雏形产品
2022/10/18	赛陆医疗	Pre-A 轮	1 亿人民币	自主知识产权的基因测序平台和全球领先的超分辨空间组学产品的申报和持续研发
2022/10/8	未名拾光	A 轮	近亿人民币	产品研发、队伍建设及产能扩容
2022/10/8	溯华	战略投资	数千万人民币	自研核心原料生产、品牌建设、团队建设等方面
2022/9/30	纽维尔	A 轮	3000 万人民币	投资生物降解购物袋、农用地膜等膜袋类产品量产生产线的投入
2022/9/7	百葵锐	Pre-A 轮	数千万人民币	生物合成靶向性杀菌蛋白和功能多肽
2022/9/2	药明博锐	A 轮	3 亿人民币	专注研发新一代靶向核素偶联药物
2022/9/2	美赛生物	A 轮	数千万人民币	现有新靶点和新产品冠县的研发、产品注册和临床申报
2022/9/2	星奕昂生物	A 轮	5000 万美元	加快推进 iPSC 衍生的通用现货型细胞治疗产品 CAR-NK 的临床前验证
2022/8/31	德默特	Pre-A 轮	近亿人民币	用于“智能光碳工厂”建设和下一代管线开发
2022/8/31	德默特	Pre-A 轮	近亿人民币	专注于微藻基产品的研发、生产和销售
2022/7/28	绿氮生物	种子轮	千万级人民币	高通量筛选实验室平台搭建、研发和管理团队组建
2022/7/25	倍生生物	天使轮	近亿人民币	平台技术转化、自研管线孵化、菌株授权
2022/6/29	通用生物	Pre-IPO	1 亿人民币	打造合成生物学研发及应用平台
2022/6/23	摩珈生物	B 轮	8000 万美元	生物基产品
2022/5/20	优信合生	天使轮	千万级人民币	活体生物研制平台
2022/5/5	芯宿科技	天使轮	数千万人民币	三代 DNA 合成技术
2022/3/24	雅途生物	A 轮	1 亿人民币	生物医药及生物化工技术研发商
2022/3/14	芝诺科技	天使轮	1000 万人民币	母乳低聚糖、微生物天然色素等
2022/3/14	态创生物	A 轮	数亿美元	新管线的研发、生产, 包括大宗商品新材料、医药中间体等产品的研发和规模化量产
2022/3/2	盈嘉合生	A 轮	数千万人民币	专注于食品饮料及营养健康品行业
2022/2/23	中科欣扬	B 轮	2 亿人民币	专注于生物科技的前沿学科——微生物酶制剂技术的研发与创新
2022/2/8	引航生物	C+轮	数亿人民币	药品、保健品和农业产品
2022/1/24	酶赛生物	C+轮	数亿人民币	开发各类蛋白质, 用于生物医药、精细化工和医学诊断等

资料来源: IT 桔子, 民生证券研究院

3.2 三大驱动力：政策保障+成本降低+技术加成

3.2.1 驱动一：政策支持是重要保障

世界：世界各国经济体也在高度关注和部署合成生物学领域相关政策文件。

(1) 美国：美国国家研究理事会于 2015 年发布《生物学工业化路线图：加速化学品的先进制造》，提出了未来“生物合成与生物工程的化学品制造达到化学合成与化学工程生产的水平”的发展愿景，并制定了发展和整合原料、微生物底盘与代谢途径开发、发酵以及加工等多个领域的路线图目标；在这一规划指导下，美国能源部、农业部、国防部等持续在生物化学品、生物燃料的生物制造领域投入巨资开展研发项目，启动敏捷生物铸造厂（Agile BioFoundry, ABF）联盟计划，并于 2020 年新建生物工业制造和设计生态系统（BioMADE），推动美国非医药类生物工业制造业的发展。

(2) 欧盟：欧盟在 2013 年发布首个生物基行业《战略创新与研究议程》，2019 年制定《面向生物经济的欧洲化学工业路线图》，提出在 2030 年将生物基产品或可再生原料替代份额增加到 25% 的发展目标；并通过生物基产业联盟计划持续资助生物制造产品的研发和行业发展。

(3) 英国：英国于 2018 年制定发布《至 2030 年国家生物经济战略》，着力发展合成生物学研究的转化与应用，建立和完善合成生物技术产业创新网络式布局，推动国家工业战略的实施。

(4) 日本：日本发布《生物战略 2019》，提出到 2030 年建成“世界最先进的生物经济社会”，并围绕生物制造技术发展等重要主题制定了《生物战略 2020》的基本措施。

图19：2000-2022 年全球合成生物学领域发展和战略布局演进路径



资料来源：王晓梅等著《全球合成生物学发展现状及对我国的启示》，民生证券研究院

中国：顶层设计文件指导，地方政策加速布局。我国也是较早地关注合成生物学领域的国家之一，早在 2010 年，国务院发布的《关于加快培育和发展战略性新兴产业的决定》中，将合成生物学、生物制造上升为国家战略方向。进入“十四五”期间，我国首个生物经济五年规划《“十四五”生物经济发展规划》正式发布，“规划”提出，推动生物技术和信息技术融合创新，加快发展生物医药、生物育种、生物材料、生物能源等产业，顺应“追求产能产效”转向“坚持生态优先”的新趋势，发展面向绿色低碳的生物质替代应用，力争到 2025 年，中国生物经济总量达到 22 万亿元，其中核心产业总量超过 7.5 万亿元。“规划”的发表，标志着生物经济已成为一种新的经济形态，并将逐步成为国家经济高质量发展的强劲动力。

表8：中国合成生物行业相关政策梳理

发布时间	发布单位	相关文件	主要内容
2018.05	科技部	《“十三五”生物技术创新转向计划》	在提升生物技术原创性水平、打造生物技术创新平台、强化生物技术产业化三大方面提出了具体目标，并提出要突出的前沿关键技术，包括新一代生物检测技术合成生物技术、纳米生物技术等
2018.06	科技部、财政部	《关于加强国家重点实验室建设发展的若干意见》	加大生物安全与应急领域投资，加强国家生物制品检验鉴定创新平台建设，支持遗传细胞与遗传育种技术研发中心，合成生物技术创新中心、生物药技术创新中心建设

2020.09	国家发展和改革委员会	《关于扩大战略性新兴产业投资培育壮大新增长点增长极的指导意见》	加大生物安全与应急领域投资，加强国家生物制品检验定创新平台建设，支持遗传细胞与遗传育种技术研发中心，合成生物技术创新中心、生物药技术创新中心建设
2021.11	国家发展和改革委员会、工业和信息化部	《关于推动原料药产业高质量发展实施方案的通知》	加快合成生物学等先进技术的开发应用，推动原料药产业高质量发展
2021.12	农业农村部	《十四五全国农业农村科技发展规划》	提到突破合成生物技术，构建高效细胞工厂跟人工合成生物体系
2022.01	工业和信息化部、国家发展和改革委员会等九部门	《“十四五”医药工业发展规划》	生物医药与新一代信息技术深度融合，以基因治疗、细胞治疗、合成生物技术、双功能抗体等为代表的的新一代生物技术日渐成熟，为医药工业抢抓新一轮科技革命和产业变革机遇提供了广阔空间
2022..05	国家发展和改革委员会	《“十四五”生物经济规划》	要着力做大做强生物经济，到 2025 年生物经济成为推动高质量发展的强劲动力
2022.06	科技部、国家发展和改革委员会、工业和信息化部等 9 部门	《科技支撑碳达峰碳中和实施方案（2022-2030 年）》	坚持创新驱动作为发展的第一动力，坚持目标导向和问题导向，构建低碳、零碳、复碳技术创新体系
2023.01	工业和信息化部、发展和改革委员会、财政部、生态环境部、农业农村部、市场监督管理总局	《加快非粮生物基材料创新发展三年行动方案》	立足产业技术实际，系统谋划生物基材料创新发展

资料来源：王浩琦等著《“十四五”背景下合成生物学产业发展趋势分析》，Wind，民生证券研究院

除了国家层面的顶层设计，地方各地也在加紧布局合成生物新赛道，国内已形成深圳、上海、天津三大合成生物学阵地。(1) 深圳：合成生物学科研实力雄厚，相关合成生物研究院所共四所，其中一个 2019 年成立的深圳合成生物学创新研究院（深圳合成院）为代表；政府层面，深圳市是目前国内发布合成生物学相关政策最多的地区，其中《光明区关于支持合成生物学创新链产业链融合发展的若干措施》是国家首个完全针对合成生物学的政策；**(2) 上海：**作为国内合成生物学的发源地，上海市产业优势及产学研协同优势较为明显。上海合成生物学科研院所共 3 个，以 2008 年成立的中科院合成生物学重点实验室为代表；政策层面，上海市相关政策发布较多，给予产业发展以充足的指导；**(3) 天津：**天津市是国内合成生物学研究的前沿阵地，拥有研究院所 2 所，其中以国家合成生物学技术创新中心为代表，具备良好的研究和发展基础。

表9：中国三大合成生物学阵地梳理

地区	研究院所	相关政策
深圳	深圳合成生物学创新研究院	《广东省科技创新“十四五”规划》
	中国科学院深圳先进技术研究院合成生物学研究所	《深圳光明科学城总体发展规划（2020-2035）》
	中国农业科学院深圳农业基因组研究所农业合成生物学中心	《光明区关于支持合成生物创新链产业链融合发展的若干措施》
		深圳市十四五规划

上海	深圳乔治·丘奇合成生物学联合研究所	《深圳市人民政府关于发展壮大战略新兴产业集群和培育发展未来产业的意见》
	中国科学院合成生物学重点实验室	《深圳市培育发展未来产业行动计划（2022-2025 年）》
	上海交大生科院分子酶学与合成生物学实验室	《上海市建设具有全球影响力的科技创新中心“十四五”规划》
		《上海市重点领域（科技创新类）“十四五”紧缺人才开发目录》
		《上海建设科技创新中心“十四五”规划》
	上海农业科学院农业合成生物学研究室	《上海市战略性新兴产业和先导产业发展“十四五”规划》
天津		《上海市卫生健康发展“十四五”规划》
	国家合成生物技术创新中心	《天津市生物医药产业发展“十四五”专项规划》
		《天津市科技创新“十四五”规划》
	天津合成生物学海河实验室	《天津市制造业高质量发展“十四五”规划》

资料来源：synbio 深波，Wind，民生证券研究院

3.2.2 驱动二：成本降低是关键因素

底层技术成本的下降促使合成生物学走向商业化。合成生物学涉及到对微生物代谢系统的改变乃至重构，在此过程中涉及到 DNA 的合成与拼装，**其中基因编辑和高通量测序是重要的支撑技术。**由于以往的技术性能比较低，价格较贵，合成生物学一度只是活跃在实验室层面，而随着基因编辑及测序底层技术成本的下降，合成生物学成功走出实验室，开始走向商业化。

基因测序技术不断迭代，成本快速下降。基因测序技术是基因编辑的基础，它能够从血液或唾液中分析定量测定基因全序列。作为合成生物学关键技术之一，此技术能够快速发掘功能基因，可用于在 DBLT 设计环节中制造生物元件。随着技术的不断发展，基因测序技术从第一代发展到了第三代，随着技术的发展进步，基因测序成本也得以显著下降。据 wind 援引自 NHGRI Genome Sequencing Program 数据，2001-2021 年，基因测序成本从 2001 年的 9500 万美元降至 2021 年的 622 美元，降幅达 99.99%。

表10：近 20 年人类基因组测序成本统计表

年份	成本（美元）	年份	成本（美元）
2001	95000000	2013	5000
2002	40000000	2015	1200
2003	14000000	2017	1100
2004	7000000	2019	809
2005	70000	2020	637
2006	8000	2021	622

资料来源：NHGRI Genome Sequencing Program，Wind，民生证券研究院

表11：三大基因测序技术特点对比

技术类别	优势	劣势
一代测序	1、测序的准确度远高于二代和三代测序； 2、测序长度可以达到 700-1000bp，优于二代测序。	1、一个反应只能得到一条序列，因此测序通很低； 2、获得大量测序的成本量高。
二代测序	1、一次能够同时得到大量的序列数据； 2、单条序列成本很低。	1、序列读长较短，Liumina 平台读取长度为 250-300bp，454 平台为 500bp； 2、由于建库中使用了 PCR 富集序列，可能会出现序列丢失，以及发生错配碱基； 3、在长序读取上准确率不高。
三代测序	1、基因测序读长较长，可以减少拼接成本； 2、不需要 PCR 富集序列，减少错误引入； 3、可用于 RNA 测序和甲基化 DNA 测序。	1、单读长的错误率偏高，需要重复测序纠正增加了测序成本； 2、受 DNA 聚合酶的活性影响较大。

资料来源：贝壳社，Wind，民生证券研究院

基因编辑技术飞速发展，以 CRISPR/Cas9 系统为代表的新型基因编辑技术成本显著降低。基因编辑可以修饰宿主细胞的 DNA 序列，实现对特定目的基因片段的敲除或敲除，从而达到改变宿主细胞基因型的目的。基因编辑技术的不断突破推动了合成生物学的发展，目前，共有锌指蛋白核酸酶 (ZFNs)、类转录激活因子效应物核酸酶 (TALENs)、以及 CRISPE/Cas 系统共 3 种类技术。其中，前两者分别属于第一、二代基因组编辑工具，但脱靶效应或组装复杂性限制了它们在基因组编辑中更为广泛的应用；而 CRISPE/Cas 系统作为第三代基因组编辑工具的代表，具有操作简单、成本低、编辑位点精确、脱靶率低的特点，且基因编辑效率超过 20%，大大降低了基因编辑的时间和经济成本，基本已逐步取代前面一二代基因编辑技术。2020 年 10 月，Emmanuelle Charpentier 和 Jennifer Doudna 因 CRISPR 的发展而获得诺贝尔化学奖，更加佐证了新一代基因编辑技术带来的技术成就。

表12：四种基因编辑工具比较

指标	ZFN	TALEN	CRISPR/Cas9	CRISPR/Cpf1
目标序列选择	有限	丰富	非常丰富	非常丰富
组装	费力	费力	容易	容易
成本	非常贵	贵	便宜	便宜
多重编辑	困难	困难	容易	非常容易
效率	低	中等	高	高
脱靶效应	低	低	低	低
总体评价	好	非常好	优秀	优秀

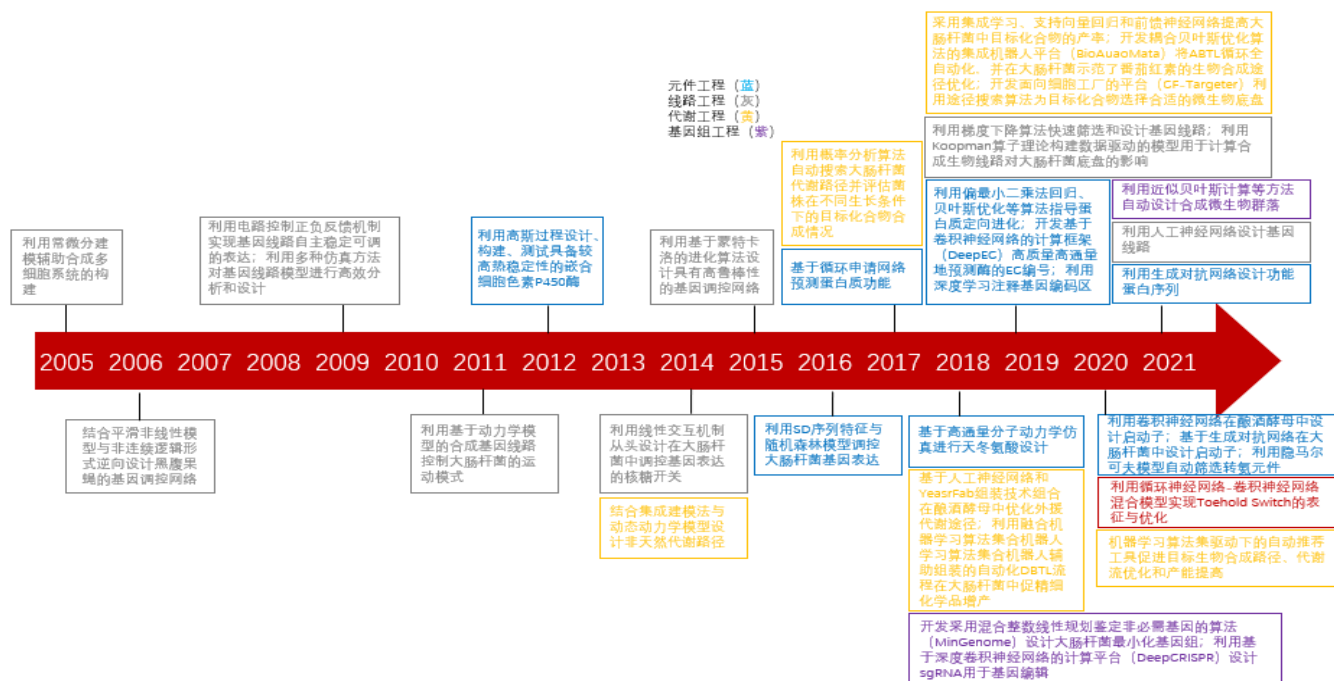
资料来源：Hui Zhang 等著《Genome Editing—Principles and Applications for Functional Genomics Research and Crop Improvement》，民生证券研究院

3.2.3 驱动三：技术支持是“加速器”

人工能够解决当前合成生物学工程化试错平台的需求。生命系统中包含着大量不同的基因和调控元件，这些元件又通过大量不同的组合形式形成模块和网络。合成生物学以工程思维为基础，通过“DBLT”循环，获得符合预期的合成生物学系统，但工程试错存在巨大的试错空间——高昂的试验成本，缺乏标准化、量化的表征手段和智能化试错、优化、学习理论与技术的系统性支撑。人工智能技术（AI）的持续学习能力和对未知空间的智能探索能力，有效契合了当前合成生物学试错平台的需求，随着 AI 技术的不断发展，利用 AI 学习人类专家的专业知识，并将其嵌入到辅助工具中，已成为一种普遍的思路。

人工智能在合成生物学领域具备较大发展潜力。21 世纪以来，人工智能与合成生物在元件工程、线路工程、代谢工程、基因组工程等领域取得了一些代表性的进展，其中，2005-2017 年为缓慢发展阶段，主要集中于线路工程的研究；2018-2021 年为相对高速发展阶段，此阶段人工智能在元件工程、线路工程、代谢工程、基因组工程中崭露头角，意味着人工智能开始有效地解决合成生物各自领域的技术难题，人工智能在合成生物学中展现出较大的发展潜力。

图20：2005-2021 年人工智能应用于合成生物学的代表性进展



资料来源：李敏等著《人工智能在合成生物学的应用》，民生证券研究院

3.3 产业链可以分为上、中、下三类企业

合成生物学产业链可以分为上、中、下游三类。合成生物学产业生态覆盖面庞

大，不同技术和产业落地方向多元，且都具备相当的市场规模。基于此，可以将整个合成生物学产业分为大致的上、中、下游。上游主要是开发使能技术，包括DNA/RNA合成、测序与组学，以及数据相关的技术、产品和服务，代表公司包括Twist、Synthego、Benchling等；中游则是对生物系统和生物体进行设计、开发的技术平台，代表公司包括Zymergen、Amyris等；下游涉及到人类衣食住行方方面面的应用开发和产品落地，代表公司包括医药领域的Sangamo、Antheia、博雅辑因等，化工领域的Zymergen、华恒生物、凯赛生物等。当然，平台型和产品应用型的划分并不绝对，也存在平台+应用型复合型企业。

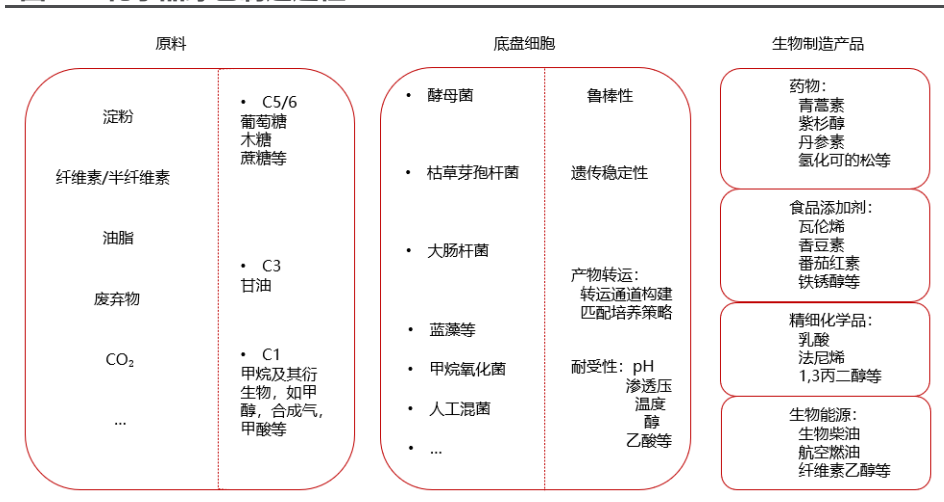
图21：合成生物学企业图谱



资料来源：曾正阳等著《合成生物学产业发展与投融资战略研究》，民生证券研究院

合成生物学是实现化学品绿色制造的核心技术，有望改变未来化学品的生产模式。过去十年里，合成生物学显著提升了细胞工厂的生物制造能力，一批原本无法依靠生物合成或者生物合成效率很低的化学品，已经成功利用生物制造方法进行工业生产，并实现了产业升级。未来，合成生物学也将有力变革传统化学品生产模式，成为经济、民主和产业变革的主战场。据经济合作与发展组织（OECD）预测，到2030年，35%的化学品生产将由生物制造来实现。。

化学品绿色制造涉及到从原料到菌种再到过程的全产业链设计和优化。与传统的微生物天然发酵模式不同，化学品先进制造并非依赖于对产物天然合成菌株的优化，而在于合成全新的人工生物体系，以实现将原料最大限度转化为产物的目的。化学品绿色制造整个的生产链条可以分为原料的利用、底盘细胞的选择和优化以及产品的生产共三个部分。

图22：化学品绿色制造过程


资料来源：肖文海等著《化学品绿色制造核心技术——合成生物学》，民生证券研究院

合成生物学促进了化学品的产业化进程，目前已经相当多产业项目达到商业化规模。在化学品制造领域，合成生物学技术在非天然分子合成、新的代谢通路的创建和代谢路径异源构建方面具有独特的优势，对相应的化学品产业化具有较大的促进作用。目前已经有很多项目达到或者接近产业化，包括市场需求大的生物染料（例如生物柴油、生物航空燃油、丁醇、异丁醇）和大众化学品（例如 1,3-丙二醇、1,4-丙二醇、聚羟基脂肪酸酯、丁二烯），也有高附加值的食品添加剂（例如瓦伦烯、诺卡酮、香豆素、白藜芦醇、藏红花素、甜菊糖）和药物（青蒿素、头孢氨苄、糖尿病治疗药物 EV-077、抗生素 EV-035）。

表13：化学品合成生物制造示例

产品	研究现状	研发单位
异丁醇	商业化规模	GEVO
生物柴油/航空燃油	商业化规模	Amyris
丁醇	中试规模	Butamax/DuPont
1,3-丙二醇	商业化规模	DuPont
1,4-丙二醇	商业化规模	Genomatica
聚羟基脂肪酸酯（PHA）	中试规模	Metabolix
丁二烯	实验室水平	Genomatica
瓦伦烯, 诺卡酮	商业化规模	Allylix
香豆素	商业化规模	Evolva
白藜芦醇	中试规模	Evolva
藏红花素, 甜菊糖	实验室水平	Evolva, Cargill
青蒿素	商业化规模	Amyris, Sanofi
头孢氨苄	商业化规模	DSM

糖尿病治疗药物 EV-077	中试规模	Evolva
抗生素 EV-035	实验室水平	Evolva

资料来源：肖文海等著《化学品绿色制造核心技术——合成生物学》，民生证券研究院

4 丙氨酸主业优势凸显，缬氨酸实现工艺延伸

4.1 丙氨酸为公司主要产品，竞争优势凸显

4.1.1 丙氨酸有望受益于下游 MGDA 等市场的发展

丙氨酸市场受益于下游 MGDA 发展推动，市场需求呈现快速增长。受益于下游市场尤其是日化领域中 MGDA 市场的快速发展，近年来丙氨酸市场供需保持快速增长。据公司招股说明书、募集说明书援引自中国生物发酵产业协会数据显示，近年来全球丙氨酸市场保持较快的增长趋势，2019 年丙氨酸系列产品市场需求总计约 5 万吨，2016-2023 年 CAGR 预计高达 12.83%，未来在下游市场迅猛发展的驱动下，丙氨酸市场仍将保持快速增长。

MGDA 为 L-丙氨酸的主要应用领域，市场空间广阔。MGDA 是一种优质的新型环保螯合剂。与传统螯合剂相比，MGDA 兼具自然生物降解、螯合能力强、独立安全、洗涤残留少等多重优点，是目前最优质的新型绿色螯合剂之一，主要作为助剂添加于自动洗碗机专业洗涤剂中，应用于高端洗涤领域；少部分用于如家用衣物洗涤剂、洗手液、果树洗涤剂等产品中。据公司招股说明书援引自中国发酵产业协会的数据显示，2019 年 MGDA 需求量约 16 万吨，未来全球 MGDA 市场复合增长率约为 22%，到 2023 年全球 MGDA 需求量将达到 39.34 万吨，市场空间广阔。

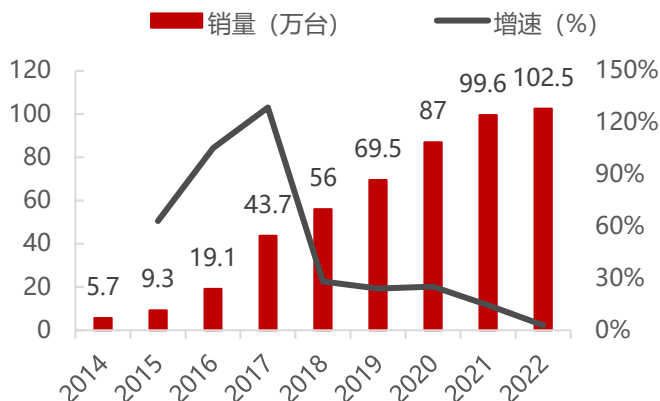
从终端市场来看，据奥维云网数据，中国洗碗机 2022 年市场规模达 102.5 亿元，同比增长 43.5%；2014-2022 年，CAGR 高达 43.5%。同时，以商用洗碗机为例，据奥维云网测算，全球商用洗碗机市场规模为 220 亿元，中国商用洗碗机市场规模为 21 亿元；欧美市场商用洗碗机渗透率达 70%以上，中国商用洗碗机渗透率约 5%。对比欧美市场，我国洗碗机无论是市场规模还是渗透率都具备较大的发展空间。随着国外绿色自动洗碗机专用洗涤剂需求量的进一步渗透及国内自动洗碗机的普及应用，MGDA 市场需求将继续保持快速增长趋势。我们认为，L-丙氨酸作为合成该新型螯合剂 MGDA 的主要原料之一，有望受益于下游 MGDA 及终端洗碗机市场需求实现快速增长。

图23: MGDA 产品简介及性质对比

MGDA化学结构	MGDA生物物理性质简介			
 + 强螯合性能 + 快速作用于对无机和有机污染 + 易生物降解 (OECD) + 优越的毒理特性 + 在欧洲范围内无限制使用许可	人体安全性数据 - 急性毒性 (口服或皮下, 白鼠) LD₅₀>2000 mg/kg - 埃姆斯实验 (OECD 471 and 472) 阴性 - 皮肤致敏 (豚鼠最大化实验) 阴性 - 皮肤刺激性 (OECD 404) 无刺激 - 眼睛/黏膜刺激 (OECD 406) 无刺激 90天口服 (OECD 408) ca 170 mg/kg/天 体重 (NOAEL) 环境安全性数据 - 鱼类毒性 (OECD 203) LC₅₀>100 mg/L - 大型藻毒性 (OECD 202) EC₅₀>100 mg/L - 生物降解性 (OECD 301 A, B, C, E & F) 易生物降解 - 藻类毒性 (OECD 201, C₄-algae) EC₅₀>100 mg/L - 鱼类慢性毒性 (藻类, OECD 204) NOEC 100 mg/L			
MGDA与其他螯合剂的性质对比				
	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	✓	✗	✗	✗
有机膦酸盐	✗	✗	✗	✗

资料来源: 公司招股说明书, 民生证券研究院

图24: 2014-2022 年洗碗机市场规模及增速



资料来源: 奥维云网, 民生证券研究院

4.1.2 公司丙氨酸产品规模突出、技术领先

厌氧发酵工艺技术领先, 低二氧化碳排放顺应碳中和趋势。公司突破厌氧发酵工艺, 持续推进生物制造技术和产品应用研发, 构建了以可再生葡萄糖为原料厌氧发酵生产 L-丙氨酸、L-缬氨酸的微生物细胞工厂, 在国际上首次成功实现了微生物厌氧发酵规模化生产 L-丙氨酸产品。

公司厌氧发酵技术以葡萄糖为原料, 降低了对不可再生石化资源的依赖, 发酵过程无需通入空气, 避免了发酵酵母液被污染的风险, 且发酵过程无二氧化碳排放, 且与传统工艺相比, 发酵法工艺下每生产 1 吨 L-丙氨酸可减少 0.5 吨二氧化碳的排放量, 在以碳税为代表的碳中和政策逐步落地的背景下, 公司发酵工艺将会进一步拉开生物制造对传统工艺的成本优势, 生物制造行业将迎来更大的发展。

表14: 公司 L-丙氨酸关键技术与行业技术水平对比

项目	公司技术	同行业其他技术		综合比较
技术名称	厌氧发酵法	好氧发酵法	酶法	环境友好, 能耗节约、成本降低
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	公司技术优势主要体现在: ①降低了对不可再生石化资源的依赖; ②无需通入空气, 简化了生产步骤, 节约能源, 且减少了发酵被污染的风险; ③无二氧化碳排放, 工艺流程短, 环境友好
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%	公司技术优势主要体现在: 发酵周期短, 转化率高, 产品质量好

资料来源: 公司招股说明书, 民生证券研究院

目前,国内丙氨酸生产企业主要包括华恒生物、丰原生化、烟台恒源等,国外丙氨酸生产企业主要为武藏野,公司 L-丙氨酸的主要竞争对手主要为丰原生化和烟台恒源。

(1) 产品指标方面:全球丙氨酸市场龙头企业,产品指标优于同行。公司 L-丙氨酸产品在比旋光度指标方面处于行业领先水平,且公司还规定了 L-丙氨酸产品中不得检出其他氨基酸,从而对产品纯度提出了更高的要求。

表15: L-丙氨酸行业内公司产品与其他公司产品指标对比

指标	华恒生物	丰原生化	烟台恒源
比旋光度°	+14.3 ~ +15.2	+13.8 ~ +15.2	+14.3 ~ +15.2
其它氨基酸	不得检出	未要求	不得检出
透光率, %	≥95	≥90	未要求
硫酸盐, %	≤0.02	≤0.02	未要求
灼烧残渣, %	≤0.10	≤0.20	≤0.10

资料来源:公司招股说明书,民生证券研究院

注:比旋光度指单位浓度和单位长度下的旋光度,控制区间越小,产品的稳定性越高

(2) 市场规模方面:经过多年发展,公司丙氨酸产品生产规模位居国际前列。2019年,公司丙氨酸系列产品产、销量分别达到 2.57 万吨、2.37 万吨(全球需求 5 万吨),市占率接近 50%,工业和信息化部、中国工业经济联合会联合将公司 L-丙氨酸产品认定为制造业单项冠军产品;目前,公司已成为全球范围内规模最大的丙氨酸系列产品生产企业之一。

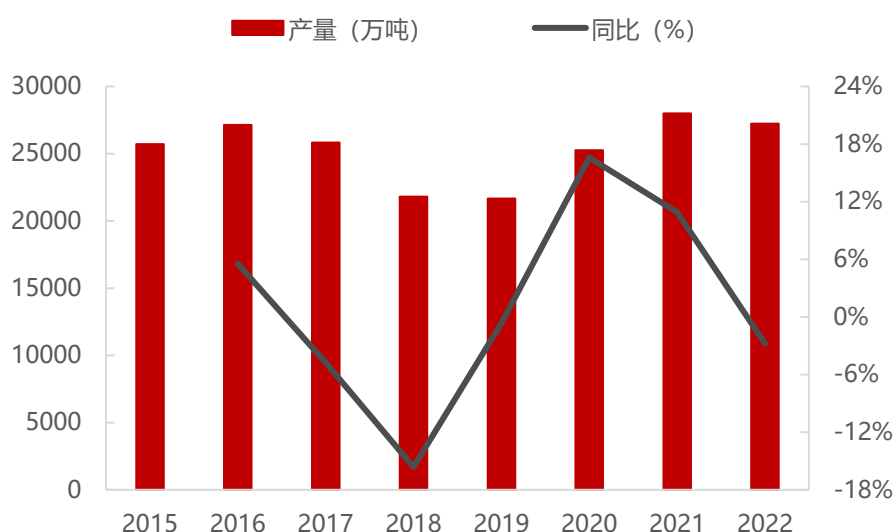
(3) 下游客户方面:公司与巴斯夫具有稳定、长期的合作关系,利于公司迅速抢占市场机会。公司发酵法 L-丙氨酸可大幅减少对不可再生能源的消耗,且发酵过程无二氧化碳排放,可满足巴斯夫等大型欧美企业对原材料绿色生态标签要求。公司和巴斯夫作为全球丙氨酸、MGDA 规模最大的生产企业,双方长期、稳定、共赢的合作关系及产品优势使得公司能够紧抓丙氨酸行业的发展机会,盈利能力显著增强。

4.2 L-缬氨酸成功实现发酵工艺延伸,发展潜力较大

L-缬氨酸成功实现发酵法生产技术,生产规模行业领先。L-缬氨酸生产技术与 L-丙氨酸生产技术相似,在菌株创制、智能发酵控制、产品分离提取等方面存在许多相同之处,产业化过程中对生产设备的选型要求也较为一致,可以有效共用原有生产工艺流程和技术经验。公司在充分利用发酵法生产 L-丙氨酸既有竞争优势和市场地位的基础上,成功实现发酵法生产 L-缬氨酸技术。目前,公司巴彦淖尔基地大规模量产发酵法 L-缬氨酸产品,菌种性能高效,发酵技术先进,产能位居行业前列,未来发展势头良好。

缬氨酸市场增长迅速，公司产品发展潜力较大。据公司招股说明书援引自中国发酵产业协会的数据显示，近年来全球缬氨酸市场规模保持高速增长，2019 年全球缬氨酸需求量为 3.25 万吨，2016-2019 年 CAGR 高达 65%，预计 2020 年-2023 年，全球缬氨酸市场将以 24% 的年复合增长率保持增长态势。**饲料行业是缬氨酸产品主要下游应用领域**，近年来随着我国农业、畜牧业、粮实业的不断发展，我国饲料行业已经迈入现代化、规模化的发展道路，2022 年中国饲料总产量为 27219.5 万吨，同比下降 2.78%，未来随着饲料行业总体规模的进一步增长，缬氨酸受下游拉动也将进一步放量。

图25：2015-2021 年我国饲料总产量及增速



资料来源：wind，民生证券研究院

4.3 公司紧抓行业机遇，加速推进主要产品产能建设

公司紧抓行业机遇，不断推进项目建设扩充丙氨酸及缬氨酸产能。公司积极推动重点项目建设落地，2022 年 IPO 募投项目巴彦淖尔“交替年产 2.5 万吨丙氨酸、缬氨酸项目”以及秦皇岛“发酵法丙氨酸 5000 吨/年技改扩产项目”均已按计划投产，巴彦淖尔项目的建成投产增强了公司在动物营养领域的核心竞争力，实现了公司主营业务的多元化；秦皇岛发酵法丙氨酸的扩产成功，夯实了公司在丙氨酸相关行业的龙头地位，增强公司竞争优势。

在建项目方面，公司继续推进巴彦淖尔基地三支链氨基酸及其衍生物项目及长丰基地β-丙氨酸衍生物项目建设。截至 2022 年年底两项目进度分别达到 20%/40%，预计随以上项目投产，公司相关产品产能将进一步提升，产品种类也将继续完善，公司综合竞争实力不断增强。

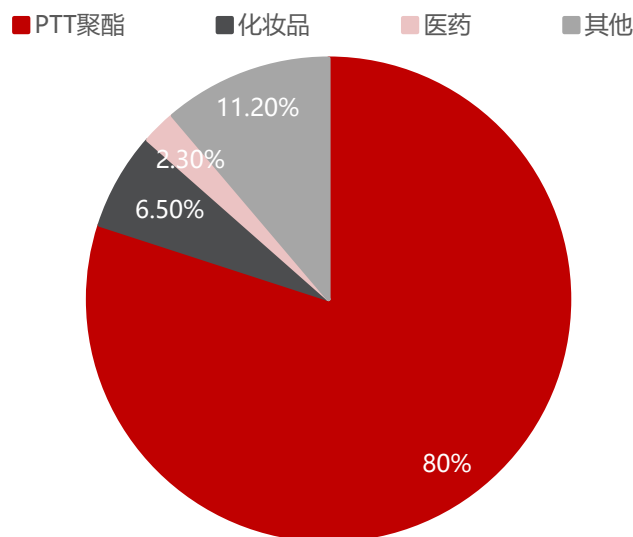
5 积极布局生物基材料，有望成为未来增长新动力

5.1 PDO 规模增长空间较大，行业格局较为集中

5.1.1 PDO 是一种高分子材料，主要用于加工制造 PTT

PDO 主要应用于加工制造 PTT。1, 3 丙二醇 (PDO) 是一种无色、无臭、透明的粘稠有机液体，可与水混溶，是一种常见的溶剂。从下游应用领域来看，PDO 主要用于生产 PTT 聚酯，消费占比为 80%。PTT 聚酯可用来生产 PTT 纤维进而应用于服装、地毯等行业；其次，PDO 也可作为保湿和抑菌防腐成分应用于化妆品领域，消费占比为 6.5%；此外，PDO 还可以用于聚氨酯和医药行业，占比为 2.3%。

图26：2020 年 PDO 下游各消费领域占比



资料来源：李烁等著《国内 1,3-丙二醇市场现状和发展建议》，民生证券研究院

5.1.2 PDO 有望受益下游需求增长，市场规模快速增长

PTT 纤维具有良好的尺寸稳定性、高回弹性、柔软性和悬垂性，且易于染色，其性能兼具尼龙的柔软性、腈纶的蓬松性、涤纶的抗污性等，主要应用于高档服装面料及制作地毯等。目前，阿迪达斯、乔丹等多个终端品牌都在引入 PTT 纤维以改善面料品质。2020 年，PTT 纤维无产能增加，产能为 12 万吨，产量则为 8 万吨左右。

表16: PTT 纤维与 PET、PA6、PA66 纤维的性能比较

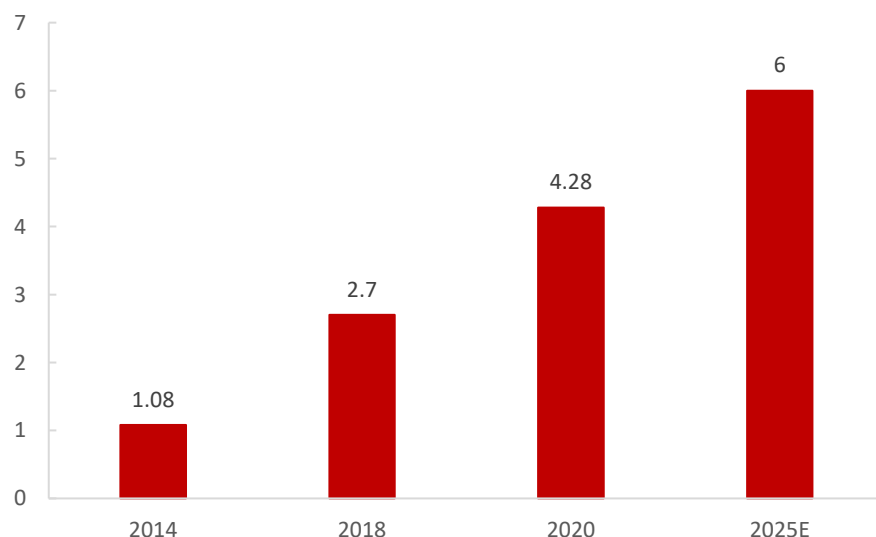
纤维性能	PTT 纤维	PET 纤维	PA6 纤维	PA66 纤维
蓬松性及弹性	优	中	中	良
抗褶皱性	优	优	中	良
静电	低	很高	高	高
拉伸恢复性	优	差	良	优
吸水性	差	差	中	中
耐气候性	优	良	差	差
尺寸稳定性	良	良	良	良
染色性	优	中	良	良
印花适应性	优	中	良	良
耐污性	优	良	优	优
加工及后处理费用	低	高	中	中

资料来源：轻纺原料网，民生证券研究院

潜在替代市场广阔，PDO 受益下游发展迅速增长。PTT 潜在替代市场非常广阔，涤纶长丝、涤纶短纤、锦纶纤维及氨纶市场均为 PTT 潜在的主要替代市场。2019 年，国内第四类传统化纤市场总消费量为 4103 万吨，市场规模为 5116.3 亿元。据李烁等在《国内 1,3-丙二醇市场现状和发展建议》的预测，2029 年 PTT 纤维的需求量将达到 40 万吨，届时对 PDO 的需求量将达到约 15 万吨。

PDO 未来年均复合增长率高达 7%，有望受益下游市场快速增长。2020 年，国内 PDO 需求量为 4.28 万吨，据李烁等在《国内 1,3-丙二醇市场现状和发展建议》的预测，随着 PDO 下游消费市场的不断扩张，2025 年 PDO 的市场需求量将达到 6 万吨，CAGR 约为 7%。

图27: 国内 PDO 需求量变化（单位：万吨）



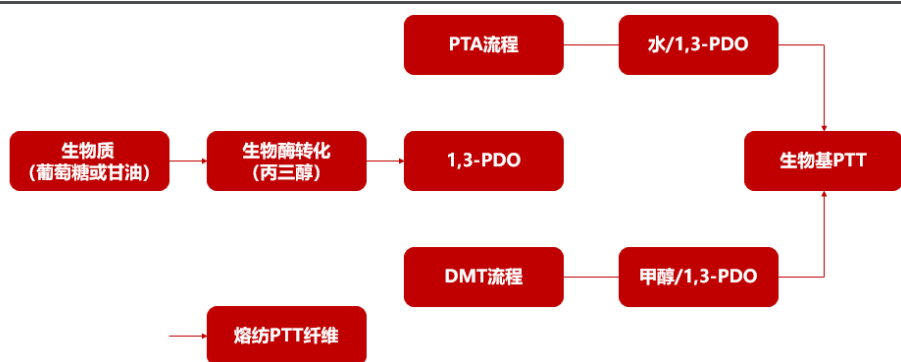
资料来源：李烁等著《国内 1,3-丙二醇市场现状和发展建议》民生证券研究院

5.1.3 生物法 PDO 生产具备优势，行业以美国杜邦份额最高

PDO 的生产技术分为化学法和生物发酵法。(1) 化学法：化学法以德国赢创公司的丙烯醛水合氰化法和美国壳牌公司的环氧乙烷法为代表。但是化学法受到原料不可再生、设备投资大、生产过程污染严重、生产成本低和经营不善的多重影响，目前这两家企业均已退出 1,3-PDO 业务板块。(2) 生物法：生物法发酵法是目前生产 1,3-PDO 的主流工艺，以杜邦的生物发酵法为典型代表，以价格低廉、来源广泛的葡萄糖为底物进行发酵生产，是目前主流的生产工艺。

生物发酵法生产 1,3-PDO 工艺较之石油基，具备显著优势。生物法具有反应条件温和、过程绿色无污染、生产成本低、产物易于分离且合成的 PTT 的色泽相较于合成法的要好等优点。较之石油基，微生物发酵法制得生物法 1,3-丙二醇的 CO₂ 排放量低 56%，较石油气基低 42%；从非再生能源消耗来看，生物法 1,3-PDO 比石油基低 42%，比石油气基低 38%，优势显著。

图28：生物法 PTT 纤维制备技术路线图



资料来源：姜兆辉等著《生物法 PTT 纤维及原料研究进展》，民生证券研究院

表17：PDO 不同生产方法比较

生产方法	优点	缺点	主要研发单位
化学法	丙烯醛水合加氢法	工艺简单，催化剂体系简单，对设备要求不高	高温高压，剧毒，储运困难
	环氧乙烷法	原料易得，储运方便，质量高，成本低	高温高压，技术难度大，装置投资高，催化剂制备及选用复杂
生物法	肠道细菌歧化甘油生成 PDO	易产生底物和产物抑制，转化率及产物浓度低，残留甘油浓度高	大连理工大学
	基因工程菌将葡萄糖发酵为 PDO	利用可再生资源，操作简便，反应条件温和，副产物少，环境污染小	清华大学
		由于需要加大量昂贵的维生素 B12，增加了生产成本	杜邦公司

资料来源：谢楠著《生物基二元醇生产工艺简介》，民生证券研究院

杜邦处于行业垄断地位，国内行业发展相对缓慢。美国杜邦凭借其强大的生物发酵研发能力及其在成本、产品品质方面的竞争优势，成功实现在国际市场的垄断。

2022 年，华峰集团收购美国杜邦剥离出的生物基产品及相关业务，包含生物基 PDO 及 PTT 产品，可替代华峰现有部分原料以生产环保型聚氨酯产品；国内 PDO 行业方面，受制于自身技术及美国杜邦公司打压，国内发展较为缓慢。截至 2021 年年底，国内现有 1,3-PDO 企业主要有张家港美景荣化学工业有限公司、苏州苏震生物工程有限公司和广东清大智兴生物技术公司，共计产能约 3.2 万吨。

美景荣化工和苏州苏震生物工程两家公司因 PTT 产业化后受到杜邦原料停止供应的影响，与国内高效联合攻关生物发酵法生产 1,3-PDO 的技术，在国内首批完成甘油-1,3-PDO-PTT 聚酯的产业链布局，因此 1,3-PDO 基本自身消化，不对外销售；而广东清大智兴生物技术有限公司则采用的清华大学刘德华教授团队在山东济宁投产的 1,3-PDO 装置。与前两家不同，该装置以生物柴油副产甘油发酵联产 1,3-PDO 和 1,3-丁二醇，**相较于主流的甘油发酵生产 1,3-丁二醇技术，该技术实现了低附加值副产物 2,3-丁二醇到高附加值 1,3-丁二醇的转化，产品的综合效益提高。**

表18：国内 1,3-PDO 生产企业概况（截至 2021 年年底）

有机酸名称	产能（万吨/年）	投产时间（年）	技术来源	企业性质
张家港美景荣化学工业有限公司	1.0	2013	华东理工大学合作开发甘油生物发酵生产 1,3-丙二醇	软银中国和景荣化学共同投资
苏州苏震生物工程有限公司	1.0	2015	清华大学甘油生物发酵生产 1,3-丙二醇第一代技术	隶属江苏东方盛虹股份有限公司
广东清大智兴生物技术有限公司	1.2	2018	清华大学甘油生物发酵生产 1,3-丙二醇第二代技术	

资料来源：李烁等著《国内 1,3-丙二醇市场现状和发展建议》，民生证券研究院

国内企业生物法大多采用甘油为原料生产 1,3-PDO 的路径，该路径存在甘油价格波动较大的问题。针对这类问题，目前，国内清华团队陈振课题组经过多年研究，已实现利用多种原料如葡萄糖、木糖、蔗糖和纤维水解液直接生产 1,3-PDO。然而，**目前国内生物发酵技术瓶颈尚未完全突破，精制工段仍需优化，原料转化率较低，附加值较低的 2,3-丁二醇产率较高等仍是我国 PDO 产业亟需解决的问题。**

5.1.4 公司积极布局生物法年产 5 万吨 PDO 项目，丰富产品矩阵

公司拟通过智合生物加速发展 PDO 生物工艺。公司于 2022 年 12 月发布公告称，华恒生物拟以投资不超过 4 亿元，拟采用自主研发的生物法生产 1,3-丙二醇技术工艺。由赤峰智和建设生物法年产 5 万吨 1,3-丙二醇项目，预计总建设期为两年。其中，赤峰智和为天津智和的全资子公司，公司持有天津智和 25% 的股权，同时通过天津智合其他股东向公司委托代表权等方式拥有天津智和 100% 的表决权，实际控制天津智和。本项目投产后，将有效解决 PTT 生产过程中“卡脖子材料”的问题，顺应国家和公司发展战略，同时绿色生产工艺迎合双碳发展，公

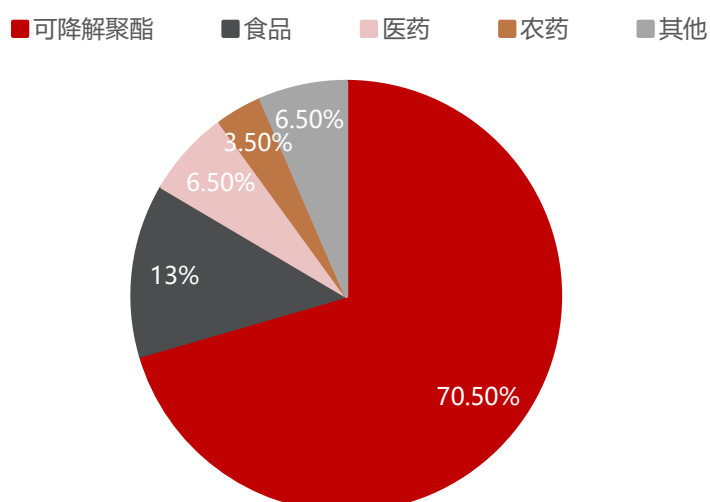
司业绩有望进一步增厚。

5.2 丁二酸下游应用广泛，生物法有望成为主流技术

5.2.1 丁二酸是一种重要的“C4 平台化合物”

丁二酸又称为琥珀酸，是一种重要的“C4 平台化合物”。丁二酸的化学式为 $C_4H_6O_4$ ，常温下无色（有时呈现白色），无毒、无臭味，具有卤化、脱水、酯化、磺化、酰化、氧化、还原等重要反应特性，可与碱、氨、氢气等反应合成多种有机物的中间体和医药原料，也可与醇发生酯化反应制备可生物降解材料如聚丁二酸丁二醇酯（PBS）、聚丁二酸对苯二甲酸丁二醇共聚酯（PBST）等，其中用于生物降解材料 PBS 占比超过 70%。

图29：2021 年国内丁二酸下游消费结构

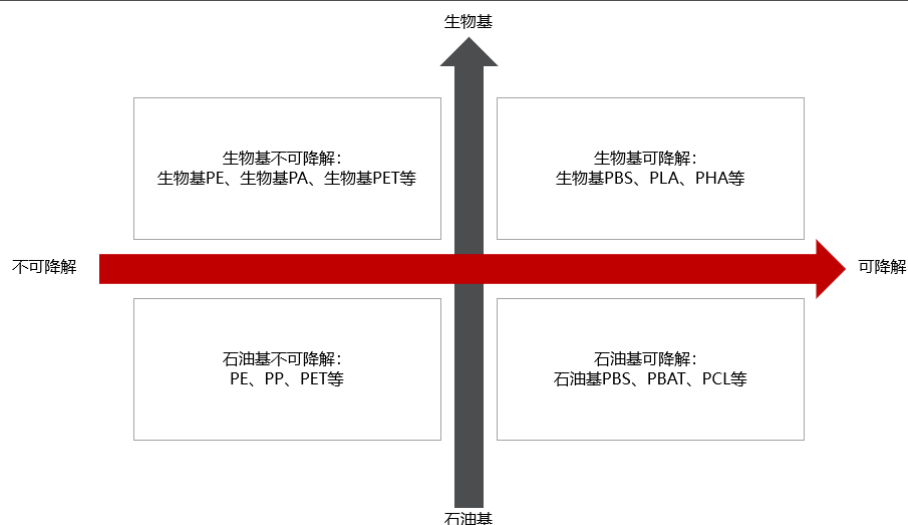


资料来源：李少山等著《1, 4-丁二酸市场与生产技术分析》，民生证券研究院

5.2.2 生物可降解材料迎来重大发展机遇

PBS 是一种重要的生物可降解材料。常见的生物降解材料主要有生物基 PBS、PLA、PHA 等，其中 PBS 在耐热性、储存稳定性等方面具备优势，应用范围广泛。同时，PBS 常通过与 PLA、PBAT 等共混改性，进而提升 PBS 的综合性能，进一步开放和扩展下游细分市场，未来具有良好的发展前景。

图30：PBS 是一种理想的生物降解材料

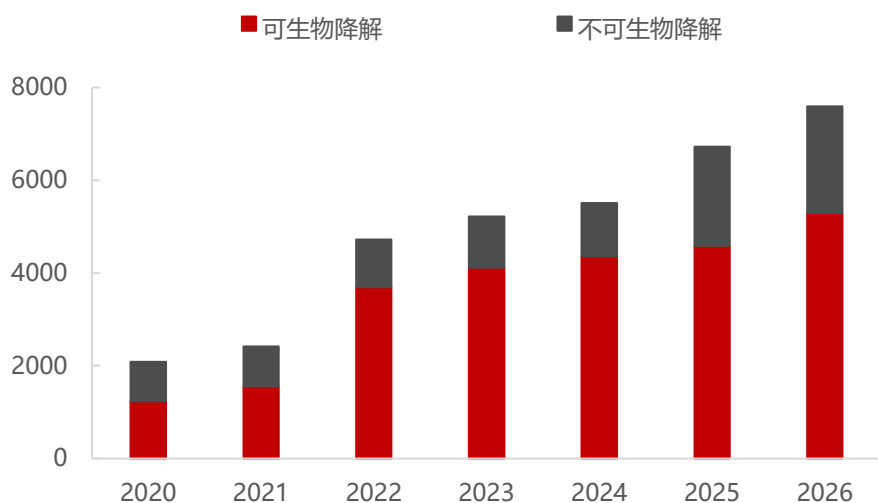


资料来源：公司募集说明书，民生证券研究院

“快餐经济”的发展使得 PBS 迎来重大发展机遇。PBS 具有热变形温度高、高温下不变形、加工性能优异、降解速度快等特点，是理想的生物降解材料，在塑料餐盒以及吸管等领域潜力强大。伴随着“快餐经济”的不断发展，加之环保政策趋严的背景，PBS 即将迎来重大发展机遇。

据公司募集说明书援引自欧洲生物塑料协会数据显示，2021 年全球生物塑料产能达到 241.7 万吨，预计至 2026 年将快速增长至 759.3 万吨，CAGR 达 25.73%。其中，PBS 占生物塑料的比重将由 2021 年的 3.5% 增长至 2026 年的 16%，全球产能将从 8.5 万吨增长至约 121.5 万吨，CAGR 达 70.93%。

图31：2020-2026 年全球塑料产能（单位：万吨）



资料来源：公司募集说明书，民生证券研究院

在 PBS 可降解塑料等新型产品逐步产业化的过程中，以每吨 PBS 需要耗用

0.6 吨丁二酸计算，可以预见丁二酸市场未来消费将呈现出跨越式突破，市场潜力非常巨大。

5.2.3 丁二酸生物法工艺有望成为未来主流趋势

目前工业化应用的丁二酸生产技术主要有催化加氢法、电解法和生物发酵法。

(1) 催化加氢法：以顺丁酸(或顺丁酸酐)为原料，在催化剂作用下加氢制得丁二酸酐，经水解、冷却结晶、过滤、干燥等工艺处理，得到高纯度的丁二酸产品。该技术的优点是转化率高，收率高，无明显副作用，产品质量好；缺点是操作条件苛刻，催化剂价格高。目前，该方法正在取代传统的电化学方法用于丁二酸的工业生产。

(2) 电化学法：以顺丁烯二酸(或顺丁烯二酸酐)为原料，将稀硫酸作为电解液，通过直流电在阴极上进行还原反应生成丁二酸；阳极将氢离子电解到阴极，同时析出氧气。该工艺在 20 世纪 30 年代已实现工业化，生产技术成熟，是国内主要采用的生产工艺；但该技术存在功耗高、电极腐蚀严重、离子膜易损坏、电解槽维护困难、污水排放量大、占地面积广、不利于大规模生产等缺点。

(3) 生物发酵法：以纤维素、淀粉、葡萄糖等生物质为原料，利用细菌或微生物进行发酵生产丁二酸及其衍生物。其优势在于该技术利用可再生农业资源，生产每吨丁二酸可消耗 0.37 吨二氧化碳，符合低碳环保、绿色生产的要求，可实现生物质资源替代石化资源的突破；缺点是生产效率低、分离纯化过程复杂、废水量大等。

表19：丁二酸不同生产技术比较

工艺名称	国内技术现状	优势	缺点
电化学法	目前国内丁二酸生产主要采用该技术	技术成熟	生产规模受限，缺乏市场竞争力
催化加氢法	已经工业化生产，新（拟）建的大规模生产装置采用此方法生产	技术成熟	操作条件严格，催化剂价格昂贵
生物发酵法	国内该技术尚不成熟，仅有千吨级中试装置	绿色环保	低成本技术有待突破

资料来源：陈丽著《丁二酸生产技术的比较》，民生证券研究院

国内丁二酸起步缓慢，生产工艺以化学法为主。截至 2021 年，国外丁二酸的总生产能力超过 51 万吨，主要集中在 BioAmber、BSF 等企业，生产路线则以生物发酵法为主；国内市场从 20 世纪 50 年代开始生产丁二酸，生产起步较晚，早期对于国外进口依赖程度严重，虽然近年来随着丁二酸工艺的进步开始有所改善，但是**目前国内生产丁二酸的企业生产规模与生产能力仍然相对较低，单线产能最高仅在千余吨左右。**截至 2021 年，国内丁二酸总产能约为 12 万吨/年，且多数企业采用电化学法生产丁二酸，属于高消耗、高污染的低端产业。

表20：国内现有及在建/规划丁二酸产能情况（截至 2021 年）

国外				国内		
生产商	地区	产能（千吨/年）	工艺路线	企业	产能（千吨/年）	工艺路线
BioAmber/Mitsui 合资公司	加拿大	34	生物发酵法	山东兰典生物科技股份有限公司	60	生物发酵法
BioAmber 公司	泰国	65	生物发酵法	安徽三信化工有限公司	5	电化学法
	美国	238	生物发酵法	河北省保定味群食品科技股份有限公司	4	电化学法
	法国	3	生物发酵法	陕西宝鸡宝玉公司	3	催化加氢法
BASF 公司	荷兰	50	生物发酵法	上海申人有限公司	2	电化学法
	西班牙	25	生物发酵法	常州曙光化工厂	2	电化学法
Myriant 公司	美国	90	生物发酵法	安徽大宇化工厂	1	电化学法
Reverdia (DSM-Roquette) 公司	意大利	10	生物发酵法	建德市大洋化工公司	2	电化学法
合计		515		安庆和兴化工有限责任公司	10	电化学法
			-	江苏昆山味群食品工业有限公司	1	电化学法
				江苏仙桥涂料有限公司	1	电化学法
				山东振兴化工有限公司	1	电化学法
				山东潍坊三希公司	0.9	电化学法
				浙江黄岩先灵化工厂	0.5	电化学法
				陕西惠丰化工公司	0.5	催化加氢法
				江苏阜阳化工公司	0.5	电化学法
				山东飞扬化工有限公司	10	电化学法
				金晖兆隆高新科技有限公司	10	电化学法
				中河化工有限公司	5	催化加氢法
				合计	119.4	

资料来源：李少山等著《1,4-丁二酸市场与生产技术分析》，民生证券研究院

5.2.4 公司积极布局丁二酸，发酵法工艺与现有产品协调共通

公司积极布局生物法丁二酸生产。据公司 2023 年 7 月最新发布的募集说明书（申报稿），华恒生物拟向特定对象发行股票募集资金总额（含发行费用）不超过人民币 16.89 亿元（含本数），扣除发行费用后的募集资金净额用于投资建设“年产 5 万吨生物基丁二酸及生物基产品原料生产基地建设项目”、“年产 5 万吨生物基苹果酸生产建设项目”及“补充流动资金”，其中丁二酸项目建设周期为 30 个月，项目建设完成达产后，将新增生物基丁二酸产能 5 万吨/年、玉米淀粉产能 42 万吨/年、葡萄糖产能 16 万吨/年。

此前，公司于 2022 年 9 月发布公告，称华恒生物拟于欧合生物签署《技术许可合同》，欧合生物将其拥有的“发酵法生产丁二酸”的相关技术授权给公司使用，该技术许可的性质为独占实施许可，期限为 20 年。截至 2022 年 7 月 31 日（评

估基准日), 欧合生物拥有的发酵法生产丁二酸相关技术已完成小试试验 (在 5L 发酵罐中重复三次发酵, 定额跟弱酸发酵产量不低于 80g/L, 糖转化率不低于 95%, 发酵时间不超过 70 小时)。

表21: 公司 2022 年度向特定对象发行 A 股股票募集资金投资项目

序号	项目名称	投资总额 (万元)	拟投入募集资金数额 (万元)
1	年产 5 万吨生物基丁二酸及生物基产品原料生产基地建设项目	84,950.55	75,754.00
2	年产 5 万吨生物基苹果酸生产建设项目	68,435.06	66,953.09
3	补充流动资金	30,000.00	30,000.00
合计		183,385.61	168,857.09

资料来源: 公司募集说明书, 民生证券研究院

丁二酸与现有产品工艺具有技术协同效应, 公司生物基产品品类不断丰富。在 IPO 项目“年产 2.5 万吨丙氨酸、缬氨酸项目”中, 公司基于已有的发酵法生产 L-丙氨酸的生产经验, 成功实现了 L-缬氨酸厌氧发酵工艺的规模化生产。类似的, 此次募集资金项目涉及到的丁二酸产品, 与公司现有产品 L-丙氨酸、L-缬氨酸地生产技术, 在工业菌种创制、发酵过程智能控制、高效后提取、产品应用开发环节等方面存在诸多共通之处, 其产业化过程可以充分借鉴利用已有生产工艺沉淀及设备选型经验; 且丁二酸产品的生物基转化是 PBS 向生物基转化的源头, 在未来生物基产品将迎来巨大的发展潜力。**我们认为, 公司丁二酸产业化应用将充分发挥与现有主营业务及核心技术之间的协同效应, 该项目建成投产后将为公司带来新的业绩增长点, 未来成长可期。**

表22: 丁二酸募投项目新增产能释放节奏 (单吨: 吨)

产品	第 1 年	第 2 年	第 3 年	第 4 年	第 5 年	第 6-10 年
生物基丁二酸	7500	30000	40000	50000	50000	50000
玉米淀粉	63000	252000	336000	420000	420000	420000
葡萄糖	24000	96000	128000	160000	160000	160000
产能实现比例	15.00%	60.00%	80.00%	100.00%	100.00%	100.00%

资料来源: 公司募集说明书, 民生证券研究院

5.3 苹果酸市场规模不断提升, 公司积极推动项目建设

5.3.1 苹果酸是三大有机酸产品之一, 生物法发展前景较大

苹果酸又称 2-羟基丁二酸, 分子中含有一个不对称碳羟基丁二酸, 有两种立体异构体, 以三种形式——L-苹果酸、DL-苹果酸和 D-苹果酸三种结构, 目前市场上销售的苹果酸多为 L-苹果酸、DL-苹果酸。

苹果酸有望受益下游市场拉动，市场需求快速提升。苹果酸具有酸味柔和、爽快，与柠檬酸相比刺激性缓慢、保留时间长，具有特殊的香味，并且不损伤口腔和牙齿的特点，已成为继柠檬酸、乳酸之后用量排第三的食品酸味剂，目前广泛应用于食品、医药、日化、香精等领域。从下游市场来看，食品饮料领域的需求占比 80% 以上，有望于受益下游市场发展。据公司募集书援引自 The Business Research Company 的数据，全球食品和饮料市场估算将从 2021 年的 58174 亿美元增长至 2022 年的 63834.9 亿美元，2026 年将达到 89055 亿美元，CAGR 达 8.7%。

苹果酸具有独特的风味，可替代市场规模较大。酸味剂市场中主流应用的是柠檬酸，而苹果酸的味觉与柠檬酸有所不同：(1) 柠檬酸的酸味呈现于迅速上涨和快速降低，而苹果酸则刺激较为缓慢，停留时间较长；(2) 苹果酸的阈值（即最初感觉到酸味的浓度）为 0.0019%，比柠檬酸要强 20% 左右，对于一些食品添加苹果酸可以节省白糖约 10%~20%，顺应了减糖的趋势；(3) 苹果酸产生的热量较低，口味更佳，并且具有不损害口腔和牙齿、代谢上利于氨基酸吸收、不积累脂肪等诸多优势。随着国内消费者对于酸味剂的日益了解，使用柠檬酸和苹果酸复配调节剂以模拟天然果实的酸味口感已逐渐受到消费者的青睐。据公司募集说明书援引自 IMARC Services Private Limited 数据统计，**2021 年全球柠檬酸市场规模约为 270 万吨**，考虑到柠檬酸市场较大的市场份额，以及苹果酸和柠檬酸复配甚至于苹果酸替代柠檬酸的潜力，预计未来苹果酸市场会有较大需求。

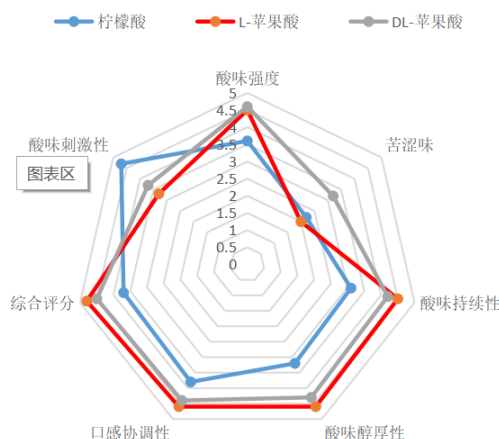
表23：几种主要食用有机酸的酸味度

有机酸名称	酸味度	相当于 100 克柠檬酸酸味度的添加量（克）
柠檬酸（一水）	100	
苹果酸	125	80
柠檬酸（无水）	110	90
酒石酸	130	77
乳酸（50%）	60	160
富马酸	165	55

注：酸味度是指将 100 克一水柠檬酸所得到的酸味强度定为 100，而其他有机酸 100 克所得到的酸味强度与之比较所得到的数值

资料来源：刘建军等著《L-苹果酸的应用及研究进展》，民生证券研究院

图32：柠檬酸和苹果酸感官评测图谱（华恒生物研究院实验数据）



资料来源：华恒动态微信公众平台，民生证券研究院

从生产来看，L-苹果酸的生产工艺主要有提纯法、化学合成法、一步发酵法、**二步发酵法、固定化酶或细胞转化法**。全球苹果酸产量大部分来自于化学合成法，但由于国家环保政策趋严及全球环保意识的逐步增强，发酵法制备苹果酸更健康、安全，是未来苹果酸行业的主要发展趋势，具备良好的发展前景。

5.3.2 公司已掌握苹果酸关键工艺技术，积极推动项目建设

公司拟投资建设“年产5万吨生物基苹果酸生产建设项目”。据公司2023年7月最新发布的募集说明书（申报稿），公司募集资金项目中包含“年产5万吨生物基苹果酸生产建设项目”，该项目建设期为30个月，项目建设完成达产后，将新增生物基苹果酸产能5万吨，其中生物基L-苹果酸3万吨/年，生物基DL-苹果酸2万吨/年。

对于生物基苹果酸产品，公司在工业菌种创建、发酵过程控制、高效后提取等方面掌握了相关生产技术。目前，公司研发团队利用合成生物技术构建了性能优异的苹果酸发酵菌株，苹果酸发酵生产技术已完成小试，生产工艺已打通。同时，公司将依托以往在合成生物升级迭代和工艺设备选型方面的经验，持续推进苹果酸生物发酵工艺的改进优化，实现降本增效，进一步巩固公司的竞争优势。

表24：苹果酸募投项目新增产能释放节奏（单位：吨）

产品	第1年	第2年	第3年	第4年	第5年	第6-10年
生物基 L-苹果酸	4500	18000	24000	30000	30000	30000
生物基 DL-苹果酸	3000	12000	16000	20000	20000	20000
富马酸	450	1800	2400	3000	3000	3000
产能实现比例	15%	60%	80%	100%	100%	100%

资料来源：公司募集说明书，民生证券研究院

6 盈利预测与投资建议

6.1 盈利预测假设与业务拆分

公司为合成生物学龙头企业，构建了以可再生葡萄糖为原料厌氧发酵生产 L-丙氨酸、L-缬氨酸的微生物细胞工厂，经过多年的创新发展，公司也在氨基酸产品领域形成了突出的规模和客户资源优势，长期将稳步贡献公司利润。考虑到公司主业及新产品项目的投产进度及行业发展情况，我们给出公司氨基酸系列产品板块 22-24 年营收 29%、24%、24%的增速，毛利率水平受到竞争对手的影响可能出现小幅下滑，23-25 年毛利率分别为 42%、41%、40%。

在主业稳步发展的前提下，公司逐步开始对合成生物学领域内的其他产品（PDO、丁二酸、苹果酸）开展布局，我们认为公司三大选品的市场空间较大，且公司具备相关研发和技术人才等的基础，未来该业务有望快速发展。考虑到公司其他业务中的生物基产品的业绩贡献，我们给出公司其他业务板块 23-25 年营收增速 50%、94%、113%的增速，毛利率水平则可能会伴随公司生物基新产品的投产进而上涨，23-25 年分别为 25%、26%、27%。

表25：公司盈利预测假设

		2022	2023E	2024E	2025E
氨基酸系列产品	主营业务收入（百万元）	1166	1502	1856	2294
	同比增长率%	45%	29%	24%	24%
	毛利率%	42%	42%	41%	40%
其他	主营业务收入（百万元）	252	378	736	1570
	同比增长率%	600%	50%	94%	113%
	毛利率%	22%	25%	26%	27%
营收总计	主营业务收入（百万元）	1419	1880	2592	3865
	同比增长率%	69%	33%	38%	49%
	毛利率%	39%	39%	37%	35%

资料来源：wind，民生证券研究院预测

6.2 估值分析与投资建议

可比公司：可比公司方面，结合公司以生物制造的方式生产氨基酸及生物基新产品的业务方式及产品结构，我们选取同样布局生物基产品的凯赛生物、同样主业为氨基酸产品的梅花生物及星湖科技作为华恒生物的可比公司，可比公司现价（2023/8/8）对应 2023 年 PE 均值为 25X，相对华恒生物的 30X 有一定差距，我们认为主要是因为（1）可比公司中的梅花生物、星湖科技主营产品偏大宗，生产工艺成熟，因而市场增长空间较为有限；（2）公司未来 3 年归母净利润复合增

速高于梅花生物、星湖科技，略低于凯赛生物，华恒生物 2023-2025 年的年均复合增长率为 35.23%，而可比公司凯赛生物、梅花生物、星湖科技 2023-2025 年的年均复合增长率分别为 28.58%、8.55%和 15.53%。

表26：可比公司 PE 数据对比

股票代码	公司简称	收盘价 (元)	EPS (元)			PE (倍)			CAGR (%)
			2022A	2023E	2024E	2022A	2023E	2024E	
688065.SH	凯赛生物	62.05	0.95	1.05	1.48	65	59	42	28.58
600873.SH	梅花生物	9.05	1.45	1.53	1.74	7	6	5	8.55
600866.SH	星湖科技	5.53	0.37	0.51	0.54	16	11	10	15.53
可比公司均值						29	25	19	
688639.SH	华恒生物	86.9	2.04	2.86	3.63	43	30	24	35.23

资料来源：wind，民生证券研究院

注：可比公司数据采用 Wind 一致预期，股价时间为 2023 年 8 月 10 日；年均复合增长率区间为 2023-2025 年

6.3 投资建议

我们预计公司 2023-2025 年归母净利润分别为 4.49、5.71、7.91 亿元，EPS 分别为 2.86、3.63、5.04 元，现价（2023/8/10）对应 PE 分别为 30X、24X、17X。公司丙氨酸厌氧发酵工艺行业领先，缬氨酸发酵工艺突破发展仍具潜力，新产品生物基产品的布局有望进一步增厚公司盈利水平。受益于合成生物学行业及细分产品未来的发展空间，我们持续看好公司未来成长空间，维持“推荐”评级。

7 风险提示

1) 原材料价格波动的风险。公司主要原料为淀粉、葡萄糖、L-天冬氨酸和氨水等,是公司主营业务成本中最为重要的部分。未来如果主要原材料价格出现持续上升,且公司未能采取有效措施应对,则将对公司经营业绩产生不利影响。

2) 核心技术泄露或核心技术人员流失的风险。公司产品依赖于公司长期以来研发和积累的各项核心技术与研发成果,并且近年来伴随着生物产业的崛起,高端技术人才短缺并成为同行竞争对手竞相网罗的对象。未来如果公司保密制度未能得到有效执行,或者出现重大疏忽、恶意串通、舞弊等行为导致公司商业秘密或核心技术泄露,或公司技术人员流失严重,可能会对公司核心竞争力造成不利影响,对已有产品的生产经营及未来产品的研发均造成不利影响。

3) 市场竞争加剧的风险。如公司丙氨酸系列产品和缬氨酸系列产品竞争对手持续扩张产能,将使得行业竞争进一步加剧,会对公司有关产品业务带来不利影响。

公司财务报表数据预测汇总

利润表 (百万元)	2022A	2023E	2024E	2025E
营业总收入	1419	1880	2592	3865
营业成本	870	1150	1634	2518
营业税金及附加	8	11	15	22
销售费用	29	26	36	54
管理费用	113	122	166	240
研发费用	79	108	149	222
EBIT	328	505	649	895
财务费用	-7	8	19	23
资产减值损失	0	-1	-1	-1
投资收益	8	7	10	15
营业利润	342	503	639	886
营业外收支	1	0	0	0
利润总额	343	503	639	886
所得税	24	54	69	95
净利润	319	449	571	791
归属于母公司净利润	320	449	571	791
EBITDA	387	575	742	1043

资产负债表 (百万元)	2022A	2023E	2024E	2025E
货币资金	147	151	165	118
应收账款及票据	321	425	586	874
预付款项	16	41	58	89
存货	136	184	261	402
其他流动资产	244	56	65	83
流动资产合计	863	855	1135	1565
长期股权投资	0	0	0	0
固定资产	763	893	1017	1762
无形资产	73	85	94	104
非流动资产合计	1164	2011	2526	3007
资产合计	2027	2866	3661	4572
短期借款	79	479	679	679
应付账款及票据	222	273	388	598
其他流动负债	88	114	161	245
流动负债合计	389	867	1228	1522
长期借款	0	0	0	0
其他长期负债	157	166	166	166
非流动负债合计	157	166	166	166
负债合计	545	1033	1394	1689
股本	108	157	157	157
少数股东权益	1	1	0	0
股东权益合计	1482	1833	2267	2884
负债和股东权益合计	2027	2866	3661	4572

资料来源：公司公告、民生证券研究院预测

主要财务指标	2022A	2023E	2024E	2025E
成长能力 (%)				
营业收入增长率	48.69	32.53	37.85	49.11
EBIT 增长率	76.94	53.90	28.73	37.82
净利润增长率	90.23	40.35	27.16	38.58
盈利能力 (%)				
毛利率	38.66	38.83	36.95	34.85
净利率	22.56	23.89	22.04	20.48
总资产收益率 ROA	15.79	15.67	15.60	17.31
净资产收益率 ROE	21.62	24.52	25.20	27.45
偿债能力				
流动比率	2.22	0.99	0.92	1.03
速动比率	1.77	0.69	0.64	0.69
现金比率	0.38	0.17	0.13	0.08
资产负债率 (%)	26.91	36.05	38.09	36.93
经营效率				
应收账款周转天数	66.99	67.12	67.12	67.12
存货周转天数	56.84	58.44	58.44	58.44
总资产周转率	0.81	0.77	0.79	0.94
每股指标 (元)				
每股收益	2.04	2.86	3.63	5.04
每股净资产	9.42	11.66	14.42	18.35
每股经营现金流	2.27	2.64	3.63	4.87
每股股利	0.90	0.87	1.11	1.54
估值分析				
PE	43	30	24	17
PB	9.2	7.5	6.0	4.7
EV/EBITDA	35.06	23.57	18.29	13.01
股息收益率 (%)	1.04	1.00	1.27	1.77

现金流量表 (百万元)	2022A	2023E	2024E	2025E
净利润	319	449	571	791
折旧和摊销	59	71	92	148
营运资金变动	-26	-113	-105	-185
经营活动现金流	357	416	571	766
资本开支	-456	-869	-608	-629
投资	102	200	0	0
投资活动现金流	-342	-703	-598	-614
股权募资	6	0	0	0
债务募资	61	400	200	0
筹资活动现金流	6	291	42	-199
现金净流量	27	3	15	-47

插图目录

图 1: 生物发酵工艺路线.....	3
图 2: 酶的人工智能设计.....	3
图 3: 公司各产品收入占比.....	4
图 4: 丙氨酸系列产品的具体分类.....	4
图 5: 2018-2022 年营收及增速.....	7
图 6: 2018-2022 年归母净利率及增速.....	7
图 7: 2018-2022 年毛利率及增速 (%).....	7
图 8: 2018-2022 年期间及研发费用率 (%).....	7
图 9: 2018-2022 年公司研发费用及增速.....	8
图 10: 2018-2022 年公司研发费用率.....	8
图 11: 公司股权穿透图 (截至 2023 年 7 月底).....	11
图 12: 合成生物学的内涵.....	12
图 13: 合成生物制造环节.....	12
图 14: 合成生物学相关应用领域及产品.....	13
图 15: 合成生物学的发展阶段.....	14
图 16: “自下而上”的合成生物学.....	16
图 17: 基于细胞生长的方法高通量筛选甲羟戊酸突变菌株.....	18
图 18: 2017-2026 年全球合成生物学市场规模及预测 (亿元).....	20
图 19: 2000-2022 年全球合成生物学领域发展和战略布局演进路径.....	24
图 20: 2005-2021 年人工智能应用于合成生物学的代表性进展.....	28
图 21: 合成生物学企业图谱.....	29
图 22: 化学品绿色制造过程.....	30
图 23: MGDA 产品简介及性质对比.....	33
图 24: 2014-2022 年洗碗机市场规模及增速.....	33
图 25: 2015-2021 年我国饲料总产量及增速.....	35
图 26: 2020 年 PDO 下游各消费领域占比.....	36
图 27: 国内 PDO 需求量变化 (单位: 万吨).....	37
图 28: 生物法 PTT 纤维制备技术路线图.....	38
图 29: 2021 年国内丁二酸下游消费结构.....	40
图 30: PBS 是一种理想的生物降解材料.....	41
图 31: 2020-2026 年全球塑料产能 (单位: 万吨).....	41
图 32: 柠檬酸和苹果酸感官评测图谱 (华恒生物研究院实验数据).....	46

表格目录

盈利预测与财务指标.....	1
表 1: 不同丙氨酸生产工艺的比较.....	5
表 2: 公司核心技术及来源.....	8
表 3: 典型模式宿主系统及使用范围.....	15
表 4: 合成生物学基本元件介绍.....	16
表 5: DNA 构建的代表技术手段.....	17
表 6: 2017-2024 年全球合成生物学细分领域市场规模 (亿元).....	20
表 7: 2022 年-至今中国合成生物学投融资情况 (非不完全统计).....	21
表 8: 中国合成生物行业相关政策梳理.....	24
表 9: 中国三大合成生物学阵地梳理.....	25
表 10: 近 20 年人类基因组测序成本统计表.....	26
表 11: 三大基因测序技术特点对比.....	27
表 12: 四种基因编辑工具比较.....	27
表 13: 化学品合成生物制造示例.....	30
表 14: 公司 L-丙氨酸关键技术与行业技术水平对比.....	33

表 15:	L-丙氨酸行业内公司产品与其他公司产品指标对比	34
表 16:	PTT 纤维与 PET、PA6、PA66 纤维的性能比较	37
表 17:	PDO 不同生产方法比较	38
表 18:	国内 1,3-PDO 生产企业概况 (截至 2021 年年底)	39
表 19:	丁二酸不同生产技术比较	42
表 20:	国内现有及在建/规划丁二酸产能情况 (截至 2021 年)	43
表 21:	公司 2022 年度向特定对象发行 A 股股票募集资金投资项目	44
表 22:	丁二酸募投项目新增产能释放节奏 (单吨: 吨)	44
表 23:	几种主要食用有机酸的酸味度	45
表 24:	苹果酸募投项目新增产能释放节奏 (单吨: 吨)	46
表 25:	公司盈利预测假设	47
表 26:	可比公司 PE 数据对比	48
	公司财务报表数据预测汇总	50

分析师承诺

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并登记为注册分析师，基于认真审慎的工作态度、专业严谨的研究方法与分析逻辑得出研究结论，独立、客观地出具本报告，并对本报告的内容和观点负责。本报告清晰准确地反映了研究人员的研究观点，结论不受任何第三方的授意、影响，研究人员不曾因、不因、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收到任何形式的补偿。

评级说明

投资建议评级标准		评级	说明
以报告发布日后的 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。	公司评级	推荐	相对基准指数涨幅 15%以上
		谨慎推荐	相对基准指数涨幅 5% ~ 15%之间
		中性	相对基准指数涨幅-5% ~ 5%之间
		回避	相对基准指数跌幅 5%以上
	行业评级	推荐	相对基准指数涨幅 5%以上
		中性	相对基准指数涨幅-5% ~ 5%之间
		回避	相对基准指数跌幅 5%以上

免责声明

民生证券股份有限公司（以下简称“本公司”）具有中国证监会许可的证券投资咨询业务资格。

本报告仅供本公司境内客户使用。本公司不会因接收人收到本报告而视其为客户。本报告仅为参考之用，并不构成对客户的投资建议，不应被视为买卖任何证券、金融工具的要约或要约邀请。本报告所包含的观点及建议并未考虑个别客户的特殊状况、目标或需要，客户应当充分考虑自身特定状况，不应单纯依靠本报告所载的内容而取代个人的独立判断。在任何情况下，本公司不对任何人因使用本报告中的任何内容而导致的任何可能的损失负任何责任。

本报告是基于已公开信息撰写，但本公司不保证该等信息的准确性或完整性。本报告所载的资料、意见及预测仅反映本公司于发布本报告当日的判断，且预测方法及结果存在一定程度局限性。在不同时期，本公司可发出与本报告所刊载的意见、预测不一致的报告，但本公司没有义务和责任及时更新本报告所涉及的内容并通知客户。

在法律允许的情况下，本公司及其附属机构可能持有报告中提及的公司所发行证券的头寸并进行交易，也可能为这些公司提供或正在争取提供投资银行、财务顾问、咨询服务等相关服务，本公司的员工可能担任本报告所提及的公司的董事。客户应充分考虑可能存在的利益冲突，勿将本报告作为投资决策的唯一参考依据。

若本公司以外的金融机构发送本报告，则由该金融机构独自为此发送行为负责。该机构的客户应联系该机构以交易本报告提及的证券或要求获悉更详细的信息。本报告不构成本公司向发送本报告金融机构之客户提供的投资建议。本公司不会因任何机构或个人从其他机构获得本报告而将其视为本公司客户。

本报告的版权仅归本公司所有，未经书面许可，任何机构或个人不得以任何形式、任何目的进行翻版、转载、发表、篡改或引用。所有在本报告中使用的商标、服务标识及标记，除非另有说明，均为本公司的商标、服务标识及标记。本公司版权所有并保留一切权利。

民生证券研究院：

上海：上海市浦东新区浦明路 8 号财富金融广场 1 幢 5F； 200120

北京：北京市东城区建国门内大街 28 号民生金融中心 A 座 18 层； 100005

深圳：广东省深圳市福田区益田路 6001 号太平金融大厦 32 层 05 单元； 518026