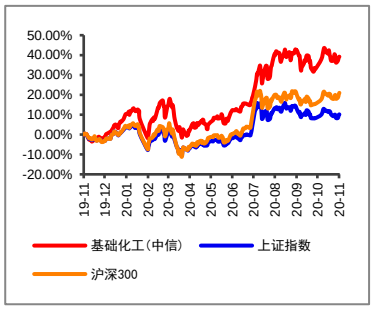
基础化工 山西省合成生物新材料产业专题报告 评级

报告原因：专题研究 **逐步走向产业化，具有广阔的应用前景** **看好**

2020 年 11 月 4 日 **行业研究/深度报告**

基础化工行业近一年市场表现



分析师：程俊杰

执业证书编号：S0760519110005

Email：chengjunjie@sxzq.com

分析师：张莲玮

执业证书编号：S0760518090001

电话：010-83496301

邮箱：zhanglianwei@sxzq.com

太原市府西街 69 号国贸中心 A 座 28 层

北京市西城区平安里西大街 28 号中海国际中心七层

山西证券股份有限公司

http://www.i618.com.cn

投资要点：

- **生物基材料逐步走向产业化阶段，市场容量大。**生物基材料逐步走向产业化阶段，产业发展以高品质、高价值、绿色资源化利用为目标。生物基材料产业已经被列为我国七大战略性新兴产业之一，近年来，中国生物基材料行业正以每年 20%以上的速度增长，总产量已超过 600 万吨/年，产品种类和市场不断扩大，产品经济性增强，逐步走向工业规模化和产业化阶段。
- **合成生物学及其在材料领域的应用。**合成生物学在过去二十年中表现出巨大的发展潜力，其理论与技术体系正在不断完善中，例如以葡萄糖为原料，可通过生物合成方法合成戊二胺、己内酰胺、己二酸、琥珀酸、戊二酸等物质。其包括但不限于以下几方面：（1）细胞工厂合成高分子生物材料；（2）生物体制备无机纳米材料；（3）噬菌体展示和蛋白定向进化战略筛选和优化分子材料；（4）活体功能材料；（5）工程菌调节的人工光合系统功能材料；（6）基因回路在材料科学中的应用。
- **凯赛生物——合成生物产业龙头企业。**公司目前实现商业化生产的产品主要聚焦聚酰胺产业链，为生物基聚酰胺以及可用于生物基聚酰胺生产的原料，是全球领先的利用生物制造规模化生产新型材料的企业之一。
- **山西省合成生物新材料产业发展概况。**山西合成生物产业已进入产业化实施阶段，走在了全国最前列。凯赛公司在全球率先开展合成生物学制造新材料技术研究，并实现了产业化重大突破。为尽快将技术优势转化为产业优势，山西将依托凯赛打造一个以国际农产品和精细煤化工产品为原料，“生物基戊二胺”“长链二元酸”“聚乳酸”单体材料为核心，形成集中游“生物基聚酰胺 5X”高分子材料、可降解塑料、超仿棉制造，下游生物基纺织材料、生物基工程塑料、可降解薄膜材料加工于一体，领先全球的千亿级生物基绿色新材料产业集群。
- **山西省合成生物新材料产业发展建议：**山西省具有丰富的玉米、秸秆等生物基原材料资源优势，可利用丰富的生物质原材料资源，既有产业优势和优惠政策，抢占产业发展的制高点。通过率先发展生物基材料产业，形成产业链和实现集群化，建立生物基材料产业中心和示范区，成为新经济增长点的特色产品，助推山西省转型发展。（1）出台相关配套法规政策，支持产业发展。（2）加强合成生物技术领域的产学研合作，推动建设一批标志性平台，部署一批标志性项目，产出一批标志性成果。（3）积极招商引资，打造合成生物产业集群。

本公司或其关联机构在法律许可情况下可能持有或交易本报告提到的上市公司所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。本公司在知晓范围内履行披露义务。客户可索取有关披露资料 sxzqyjfzb@i618.com.cn。客户应全面理解本报告结尾处的"免责声明"。

目录

1.生物基材料行业现状分析：逐步走向产业化阶段，市场容量大 6

1.1 生物基新材料定义及分类 6

1.2 生物基材料产业发展状况 7

2.合成生物学及其在材料领域的应用 10

2.1 合成生物学概述 10

2.2 合成生物学在材料领域的应用 11

2.3 合成生物技术市场现状 13

3.合成生物制造之生物塑料和生物基聚酰胺 14

3.1 生物塑料 14

3.1.1 淀粉基生物降解塑料 15

3.1.2 聚乳酸生物塑料 16

3.1.3 聚羟基烷酸酯 17

3.1.4 聚丁二酸丁二醇酯 18

3.1.5 生物塑料行业前景 18

3.2 生物基聚酰胺 18

4.凯赛生物——合成生物产业龙头企业 20

5.山西省合成生物新材料产业发展概况 24

5.1 山西生物产业发展现状 24

5.1.1 山西省生物医药产业发展现状 24

5.1.2 山西省合成生物产业发展 25

5.2 山西省合成生物新材料产业发展的优势 26

5.2.1 生物质原材料资源丰富 26

5.2.2 独特的地理和气候优势 27

5.3 产业园及相关企业梳理 28

6.山西省合成生物新材料产业存在问题及发展建议 29

6.1 存在问题 29
6.1.1 产业政策扶持力度不够 *30*
6.1.2 总体规模有待提高，创新能力较差 *30*
6.1.3 融资渠道亟待扩展 *30*
6.2 加快山西合成生物新材料产业发展建议 30
6.2.1 出台相关配套法规政策，支持产业发展 *31*
6.2.2 加强合成生物技术领域的产学研合作 *31*
6.2.3 积极招商引资，打造合成生物产业集群 *31*

图表目录

图 1：生物基材料生命周期 6
图 2：生物基材料分类 7
图 3：我国生物基新材料产业集群及产业园 9
图 4： 合成生物技术体系 11
图 5：合成生物学应用领域 11
图 6：以葡萄糖为原料的生物制造举例 12
图 7：基因模块战略构建自组装水下粘合剂 13
图 8：噬菌体展示和细胞表面展示的筛选原理 13
图 9：2016 年-2019 年全球合成生物学领域投资情况 14
图 10：生物塑料 15
图 11：生物基产品 15
图 12：淀粉基材料制品 16
图 13：聚乳酸生产与应用示意图 17
图 14：PA56 合成反应式 20
图 15：戊二胺及其下游应用 22
图 16：2016-2019 年凯赛生物营业收入及增速 22
图 17：2016-2019 凯赛生物归母净利润及增速 22
图 18：凯赛生物长链二元酸及戊二胺生产流程 23
图 19：凯赛生物生物基聚氨酯生产流程 23
图 20：山西省农作物总播种面积（千公顷） 26
图 21：山西农产品产量（万吨） 26
图 22：山西省秸秆总资源量（单位：吨） 27
图 23：山西省各地市秸秆资源量（单位：吨） 27
图 24：山西省合成生物产业园 28

表 1 生物基材料与石油基材料对比 7
表 2 生物基聚酰胺品种 19
表 3 多种纤维性能对比 19

表 4 行业内代表企业 21
表 5 凯赛生物产品及说明 21
表 6 凯赛生物产能及规划 24

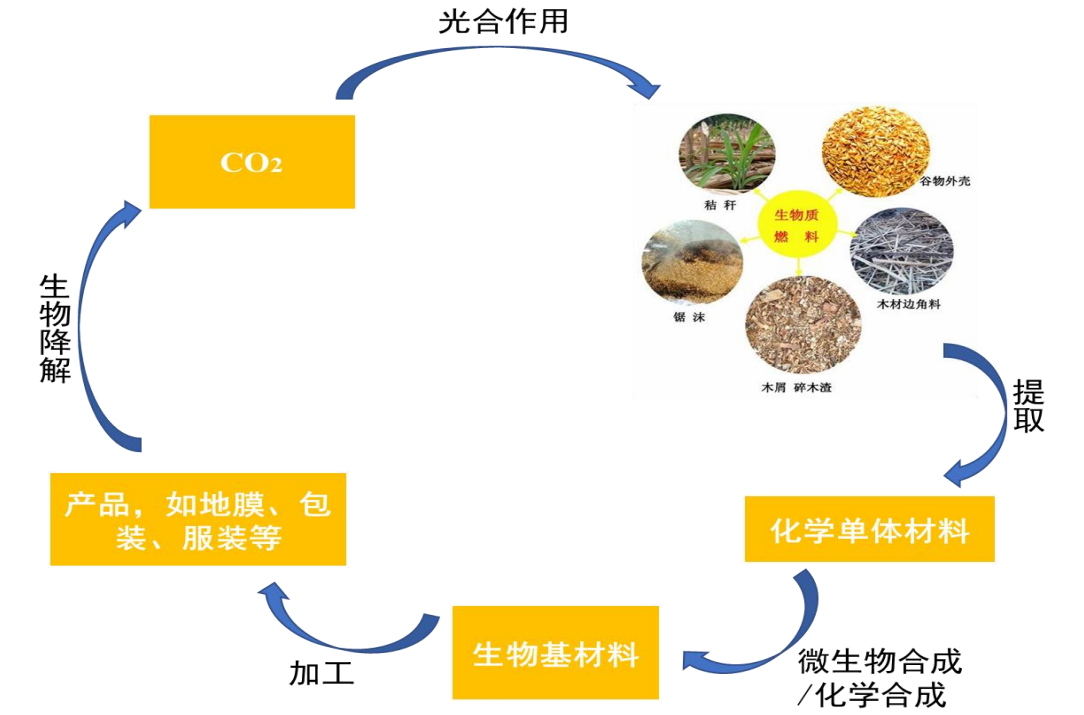
1.生物基材料行业现状分析：逐步走向产业化阶段，市场容量大

1.1 生物基新材料定义及分类

生物基材料是利用谷物、豆科、秸秆、竹木粉等可再生生物质为原料制造的新型材料和化学品，包括生物合成、生物加工、生物炼制过程获得的生物醇、有机酸、烷烃、烯烃等基础生物基化学品，也包括生物基塑料、生物基纤维、糖工程产品、生物基橡胶以及生物质热塑性加工得到塑料材料等。生物基材料终端产品有包装材料、布匹、工程塑料、农用地膜、医用材料、装饰材料、生物基橡胶、1,4-丁二醇、尼龙、托盘、购物袋、垃圾袋、餐具、汽车内饰材料、电子产品内包装材料、酒店易碎物、服装、育秧盘、生活器皿等。

生物基材料应用领域广泛。主要有包装用生物降解材料、农用生物降解材料、其他生物降解材料。同时，生物基材料也可应用于生物医用材料以及技术含量高、附加值高的药物控制释放材料和骨固定材料。

图 1：生物基材料生命周期

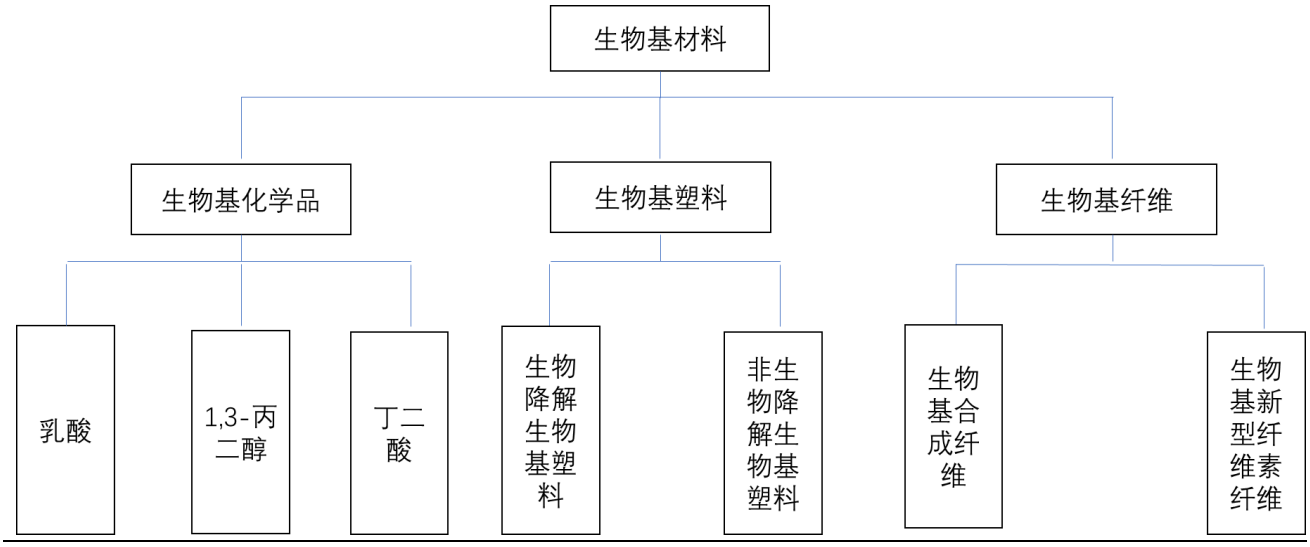


资料来源：山西证券研究所整理

生物基材料品类众多。生物基材料主要有生物基化学品、生物基塑料、生物基纤维等。生物基化学品包括乳酸、1,3-丙二醇、丁二酸；生物基塑料按照其降解性能可以分为两类，生物降解生物基塑料和非生物降解生物基塑料。生物降解生物基塑料包括聚乳酸、聚羟基烷酸酯、二氧化碳共聚物、二元酸二

元醇共聚酯、聚乙烯醇等，非生物降解生物基塑料包括聚乙烯、尼龙、聚氨酯等；生物基纤维包括生物基合成纤维、生物基新型纤维素纤维。

图 2：生物基材料分类



资料来源：山西证券研究所整理

与石油基材料相比，生物基材料具有以下特征：（1）利用效率高，其原材料实现了资源的综合利用和有效利用；（2）适用范围广，可根据使用要求生产出不同性能和形状的制品；（3）节能环保，发电、建筑用材及产成品均安全环保；（4）经济效益好，实现了低价值材料向高附加值产品的转变；（5）可再生，其报废产品和回收废料均可 100%再利用。

表 1 生物基材料与石油基材料对比

	生物基材料	石油基材料
原料	玉米芯、木薯、秸秆、稻草、森林废弃木材等生物质	石油原料通过炼化工艺生产的用于制造塑料制品的树脂
产品特点	可生物降解、可再生、绿色低碳、阻燃、可循环利用、无毒	不可生物降解性、原料不可再生、易燃、严重污染生存环境
CO_2 排放	制造每吨塑料排放 0.6 吨	制造每吨塑料约排放 3.1 吨
国内产值	3000 亿元	30000 亿元
国内产量	550 万吨	6000 万吨
降解时间	3-6 个月	200 年

资料来源：《2017-2022 年中国生物材料行业发展深度调研与投资趋势预测研究报告》，山西证券研究所

1.2 生物基材料产业发展状况

生物基材料逐步走向产业化阶段，产业发展以高品质、高价值、绿色资源化利用为目标。生物基

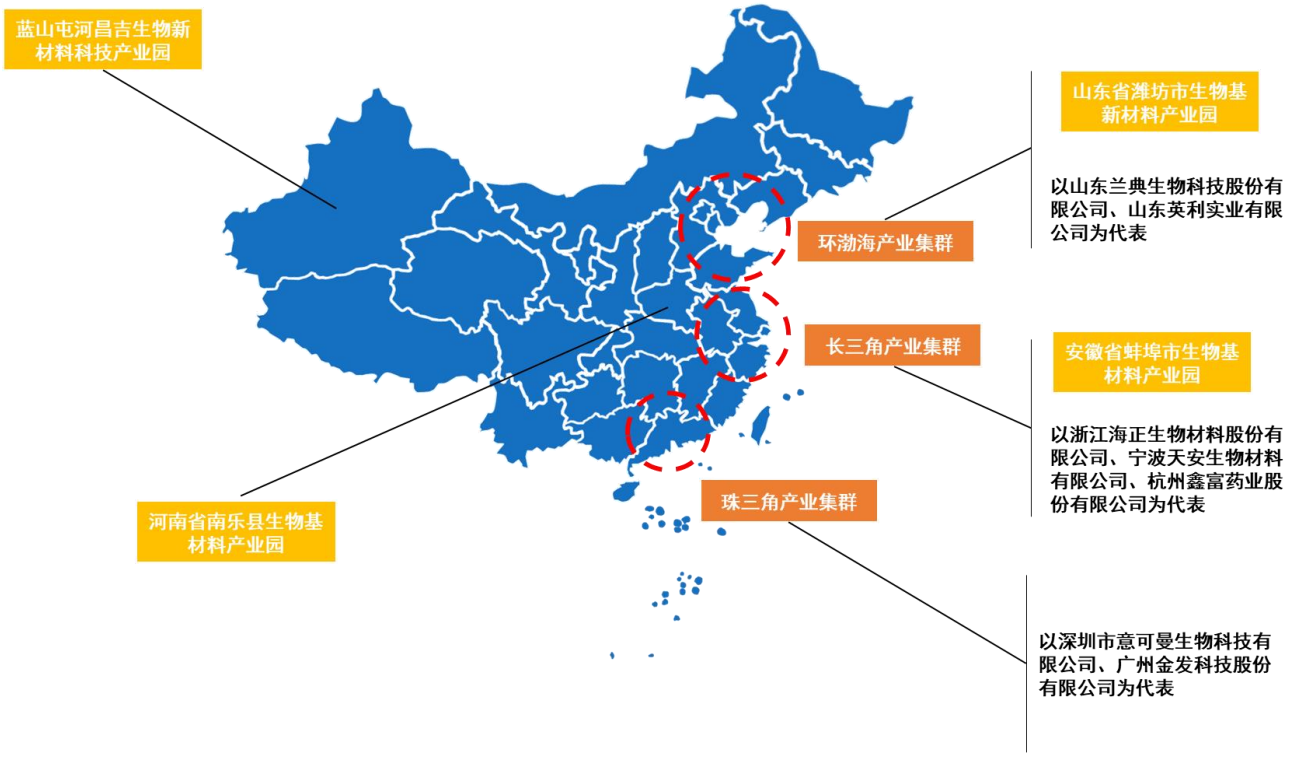
材料产业已经被列为我国七大战略性新兴产业之一，近年来，中国生物基材料行业正以每年 20%以上的速度增长，总产量已超过 600 万吨/年，产品种类和市场不断扩大，产品经济性增强，逐步走向工业规模化和产业化阶段。我国在生物基材料方面的发展目标是依据国内外生物基材料产业发展的重大技术需求，以制造高品质、高价值材料并进行化石资源的高效替代为目的，以综合利用生物质资源制造高性能生物基化学品和生物基材料为重点，加强生物基材料和化学品制造过程中的生物转化、化学转化、复合成型等核心关键技术攻关，超前部署生物基材料前沿先进制造技术，稳定支持生物基材料高值化的基础研究，构建科技产业创新研发平台，延长农业产业链条，支撑和引领生物基材料战略性新兴产业又好又快发展。

以科研院校为依托，大力发展生物基材料产业。我国生物基材料产业科技取得了显著的成效，形成了如全降解生物基塑料、木基塑料、聚合超大分子聚乳酸、农用地膜等一大批具有自主知识产权的技术。中科院天津工业生物研究所的高光纯 D-乳酸发酵技术，中科院宁波材料所的提高聚乳酸（PLA）熔体强度和结晶速度，解决 PLA 制备耐热发泡片材技术，中科院天津工业生物技术研究所微生物发酵法生产丁二酸的核心技术，四川大学高分子材料无卤阻燃高性能化的新原理和新技术、新型可生物降解和可循环利用塑料的高分子材料新技术、制备无卤阻燃塑料和泡沫塑料新技术，解决了可同时实现环境友好阻燃与高性能化这一阻燃界公认的技术难题，发明了可反复循环利用并且可完全生物降解的高分子材料新技术，使材料技术日臻成熟。

目前，**我国生物基材料产业集群集中在东部环渤海、长三角、珠三角地带**。其中，东部地区约占全国生物基材料产业产能的 70%，中部产业集群规划在湖北武汉市和河南濮阳市，而西部地区该产业薄弱，规模小、产品单一，尚无产业集群发展规划。**山东省潍坊市生物基新材料产业园**是山东省新旧动能转换项目库优选项目，产业园一期计划于 2019 年 6 月底投入运营。除了潍坊欣龙、中科恒联两家新材料企业入驻之外，将与中科院、东华大学等高校院所深度合作，引进镀银纤维、仿镜面纤维等高性能纤维新材料项目，加快形成完整的生物基新材料配套产业链，力争用两到三年时间将生物基新材料产业园打造成为百亿级的新材料研发生产基地，为加快产业强市建设注入新动能、再做新贡献。**河南省濮阳市南乐县生物基材料产业园**，南乐县生物基材料产业园已形成从玉米秸秆或淀粉为原料，经过液化制糖、L-乳酸、聚乳酸或聚乳酸共聚物，到以聚乳酸改性材料及制品、纤维、被服、可降解薄膜、水稻育秧盘等终端产品为主的完整聚乳酸材料产业链，可降解薄膜、水稻育秧盘在全国多地推广，可降解垃圾袋、购物袋远销欧美等国外市场。2018 年产能达到 50 万吨。南乐县国家生物基材料产业园力争 5 年内，吸引超过 30 家生物基材料企业入驻，培育 5 家龙头企业和 2 家上市公司，总产值力争超过 100 亿元。**安徽省蚌埠市生物基材料产业园**，蚌埠市现已拥有规模以上生物基材料企业 24 家，中粮生

化燃料乙醇、雪郎科技苹果酸等产品产能规模全球最大，丰原集团建设了全球最大的乳酸、聚乳酸生产线，利夫生物开工建设了全球首条呋喃聚酯千吨级示范线，L-乳酸、柠檬酸、D-乳酸、聚乳酸纤维、聚丁二酸丁二醇酯、塑木复合材料等众多产品占据国内重要市场。2017 年丰原集团联合雪郎生物申报的安徽省生物基材料重大新兴产业工程成功获批。2018 年，蚌埠市生物基材料产业实现产值 295 亿元，同比增长 23%。预计到 2025 年，蚌埠市生物基材料产业主营业务收入将超过 2500 亿元，其中，聚乳酸（PLA）产业链规模将超过 1700 亿元，聚丁二酸丁二醇酯产业链规模将超过 170 亿元，呋喃聚酯（PEF）产业链规模将超过 100 亿元，塑木复合材料产业链将达到 50 亿元，PA56 产业链将达到 150 亿元。

图 3：我国生物基新材料产业集群及产业园



资料来源：《绵阳市培育发展西部生物基材料产业集群》，熊猫办公（地图背景），山西证券研究所整理

生物基材料行业市场容量大。预计到 2020 年，世界高分子材料的产量超过 3 亿吨/年，生物基材料将替代 20%左右的化学材料，大约 6000 万吨的市场规模。2016 年国内高分子材料总产量超过 1 亿吨。而我国目前生物基材料年产能约为 550 万吨，年产值 3000 亿元，生物基替代石油基产品不足 10%。按照“十三五”规划，预计 2020 年我国生物基材料产能将达 1300 万吨，建设聚乳酸（PLA）、丁二酸丁二醇共聚物（PBS）、聚羟基脂肪酸酯（PHA）等产业化示范工程。未来三至五年，我国生物基材料对石

油基材料的替代率将超过 30%。2017 年环保部等十部门联合发布的《关于协同推进快递业绿色包装工作的指导意见》提出，到 2020 年，中国可降解的绿色包装材料应用比例将提高到 50%，平均每件快递包装耗材减少 10%以上。全国共形成该产业产值 7000 多亿元，再加上出口市场，市场容量巨大。

当前我国生物基材料产业与国际先进水平相比，在产品性能、制造成本、关键技术、技术集成与产业化规模等方面还存在差距。必须加快突破生物基材料制造过程的生物合成、化学合成改性及树脂化、复合成型等关键技术，促进重要生物基材料低成本规模化生产与示范，构建生物基材料研发平台，提升生物基材料企业科技创新能力，实现化石资源的有效替代，为生物基材料产业培育提供科技支撑。

2.合成生物学及其在材料领域的应用

2.1 合成生物学概述

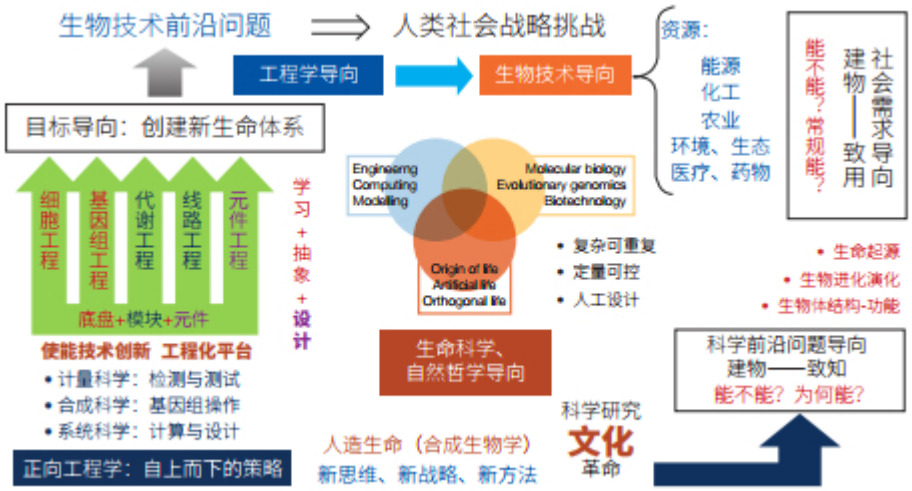
在传统工业中，各类材料主要依赖化学方法进行生产，但化学方法始终存在高能耗、高污染等问题，以绿色清洁方式实现化学品的生产，对于实现国民经济的可持续发展至关重要；与此同时，传统材料科学早已开始经历由宏观研究到微观探索的过程，纳米材料出现。在这样的大背景下，随着基因组学与系统生物学在 20 世纪 90 年代的兴起，合成生物学于 21 世纪初应运而生。

合成生物学技术是综合了科学与工程的一项崭新的生物技术，借助生命体高效的代谢系统，通过基因编辑技术改造生命体以设计合成，使得在生物体内定向、高效组装物质和材料逐步成为可能。合成生物学技术一方面具有相对绿色环保的生产过程，另一方面能够满足人们了解和改造生命体、充分借鉴自然界多级自组装材料展现出的优异性能的需要。目前，该项技术应用于生物材料、生物燃料、生物医药等多个领域。

2014 年，美国国防部将合成生物技术列为 21 世纪优先发展的六大颠覆性技术之一；英国商业创新技能部将合成生物技术列为未来的八大技术之一；我国在 2014 年完成的第三次技术预测中，将合成生物技术列为十大重大突破类技术之一。我国在“十三五”科技创新战略规划中，已将合成生物技术列为战略性前瞻性重点发展方向。麦肯锡全球研究院（Mc-Kinsey Global Institute）发布的研究报告将合成生物学列入未来十二大颠覆性技术之一的“下一代基因组学”之中，预计到 2025 年，合成生物学与生物制造的经济影响将达到 1,000 亿美元。根据 BCC Research 市场研究报告预测显示，该领域 2017-2022 年的复合年增长率（CAGR）为 26.0%。

合成生物学的主要研究内容分为三个层次：**一是利用现有的天然生物模块构建新的调控网络并表现出新功能；二是采用从头合成方法人工合成基因组 DNA；三是人工创建全新的生物系统乃至生命体。**

图 4： 合成生物技术体系



资料来源：中国科学院，山西证券研究所

2.2 合成生物学在材料领域的应用

合成生物技术应用领域广阔，下游应用包括生物医药开发、生物新能源开发、微生物机器人、新材料、新型量子计算机、珍惜资源量产化、生物量子计算机等领域，如下图所示。

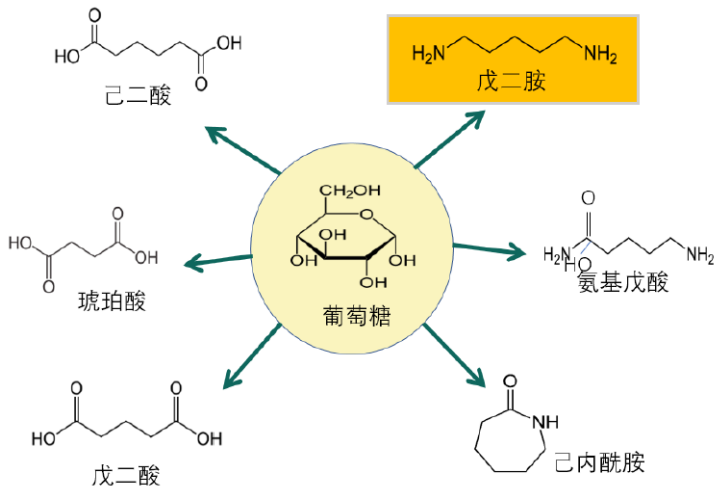
图 5：合成生物学应用领域



资料来源：中国科学院，山西证券研究所

合成生物学在过去二十年中表现出巨大的发展潜力，其理论与技术体系正在不断完善中，理论上大多数现有的物质、材料都可以被生物合成，例如以葡萄糖为原料，可通过生物合成方法合成戊二胺、己内酰胺、己二酸、琥珀酸、戊二酸等物质。

图 6：以葡萄糖为原料的生物制造举例

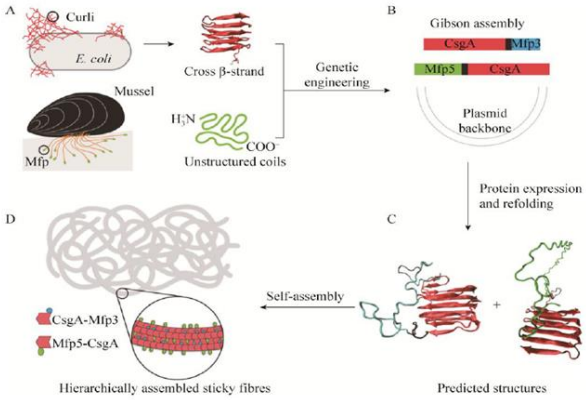


资料来源：凯赛生物招股说明书，山西证券研究所

据《生物工程学报》中的资料显示，科学家不仅利用合成生物学方法在制造和设计生物材料方面做了很多探索，而且从概念上也大大推进了新材料的定义范畴，其中的贡献包括但不限于以下几方面：（1）细胞工厂合成高分子生物材料；（2）生物体制备无机纳米材料；（3）噬菌体展示和蛋白定向进化战略筛选和优化分子材料；（4）活体功能材料；（5）工程菌调节的人工光合系统功能材料；（6）基因回路在材料科学中的应用。

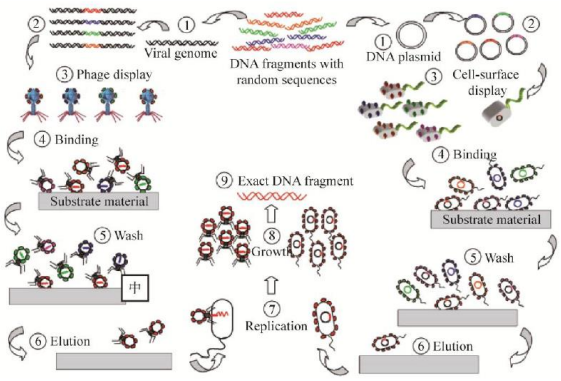
（1）细胞工厂合成高分子生物材料。合成生物学具有模块化、标准化操作、智能化、精细化调控等优良特点，这些特点与材料科学的结合，必将从材料生产方式和材料性能两个方面极大地推动材料科学的发展。生物工厂具有绿色可持续和低耗高产出的特点，自然也成为一种重要的材料制备手段。广为熟知的生物共产战略其一是利用微生物、细胞等来生产医用药物制剂，如酶制剂、胰岛素等，以及通过微生物来生产各种塑料单体；其二是通过基因模块化操作理性设计材料，如下图所示，麻省理工大学 Lu 课题组借助生物学技术将 CsgA（大肠杆菌生物膜的主要结构蛋白，可自组装形成纤维状结构）和 Mgfp3/5（贻贝的两种主要粘合蛋白）进行融合表达，该融合蛋白充分结合了 CsgA 的内在粘合特性和 Mfp 的界面粘合特性，发挥了强大的水下粘合特性。

图 7：基因模块战略构建自组装水下粘合剂



资料来源：《生物工程学报》，山西证券研究所

图 8：噬菌体展示和细胞表面展示的筛选原理



资料来源：《生物工程学报》，山西证券研究所

（2）生物体制备无机纳米材料。天然的或经过工程改造的微生物细胞器结构可以作为模板用于制备不同维度的纳微米材料，在制备过程中可以直接对纳米材料进行功能化修饰，满足人们多方面的需求。，此外，生物体自身也可以作为合成无羁纳米材料的工厂。

（3）噬菌体展示和蛋白定向化战略筛选和优化分子材料。蛋白定向进化技术模拟自然选择，在给定的实验筛选条件下，从变种基因文库中快速筛选得到能满足特定性能要求的蛋白分子，原理如下图所示。该技术广泛应用于提高蛋白酶活性、蛋白稳定性以及增强特定的蛋白相互作用等方面，而噬菌体展示技术则是一种初级版本的蛋白定向进化技术，广泛应用在抗体筛选、蛋白质相互作用研究领域，同时在材料科学中也广泛发挥作用。

（4）活体功能材料。借用合成生物学手段，科学家利用非标准氨基酸注入的方法，在目标蛋白合成的过程中引入了功能修饰。而最近几年，也有科学家在尝试将生物体（包括细胞外基质等）作为材料加以使用。

（5）工程菌调节的人工光合系统功能材料。科学家一直在探索利用人造光合系统来制备能源分子或合成具有高附加值的材料，已有研究者通过合成生物学技术成功实现了太阳能到化学能的转化，以及太阳能的储存。

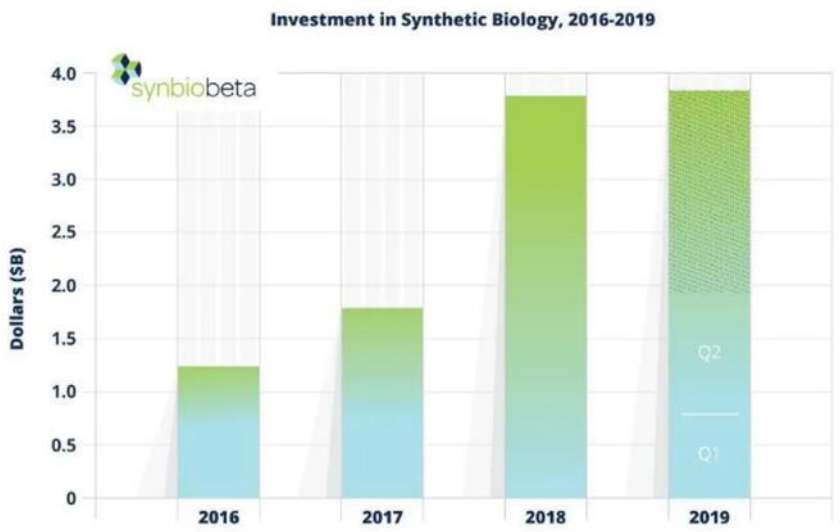
（6）基因回路在材料科学中的应用。基因回路设计作为整个合成生物学的基石，在编辑和调控细胞行为和功能方面大有所为。

2.3 合成生物技术市场现状

合成生物技术作为“第三次生物科技革命”的重要载体，具备极高的科学界研究热情。据公开资料显示，截至 2016 年 2 月，全球合成生物学实体机构(包括公司、高校、研究所、实验室等)约 565 个，主要集中在美国(388 个)、英国(69 个)、德国(41 个)、中国(27 个)和日本(21 个)。近年来，欧美等发达国家政府陆续出台政策指引扶持生物制造产业发展。在发达国家的引导下，全球资本市场对生物制造

产业的青睐度越来越高。据 Synbiobeta 统计，2019 年上半年，全球 65 家合成生物学相关公司共筹集了 19 亿美元的资金，2019 年前两个季度的筹资额甚至已超过 2016 年、2017 年的全年筹资额，该领域发展速度迅猛。

图 9：2016 年-2019 年全球合成生物学领域投资情况



资料来源：Synbiobeta，山西证券研究所

生物制造产业同样是我国的重点发展产业之一。2010 年，国务院《关于加快培育和发展战略性新兴产业的决定》把生物制造列为生物产业的重要内容，突出了生物制造的战略性新兴产业属性；《“十三五”战略性新兴产业发展规划》则进一步明确生物制造是国家重点发展的产业之一，是我国战略性新兴产业的主攻方向，对于我国抢占新一轮科技革命和产业革命制高点，加快壮大新产业、发展新经济、培育新动能具有重要意义，是促进传统产业动能升级的主要推动力。根据中科院天津工业生物技术研究院统计，与石化路线相比，目前生物制造产品平均节能减排 30%~50%，未来潜力将达到 50%~70%，这将对传统产业升级起到重要的推动作用。

3.合成生物制造之生物塑料和生物基聚酰胺

3.1 生物塑料

根据欧洲生物塑料协会和日本生物塑料协会的定义，生物塑料是生物基塑料和生物降解塑料的统称。**生物基塑料**即来源于可再生资源的塑料。**生物降解塑料和可堆肥塑料**即满足所有关于塑料和塑料产品的生物降解性能和可堆肥性能的科学公认规范标准的生物降解聚合物。

以来源以及可降解性能作为参数，生物塑料大致可以分为以下 3 种类型：

（1）全生物来源及部分生物来源的不可降解塑料，如生物基聚乙烯（PE），聚丙烯（PP），聚对苯二甲酸乙二醇酯（PET），以及杜邦公司以玉米为原料开发的聚对苯二甲酸 1.3 丙二醇酯（PTT），以及 TPC-ET 弹性体。

（2）生物来源并且可生物降解的塑料，如纤维素纤维，聚乳酸（PLA），聚羟基脂肪酸酯（PHA），聚丁二酸丁二酯（PBS）等。

（3）石油基可生物降解塑料，如聚己二酸/对苯二甲酸丁二酯 PBAT。

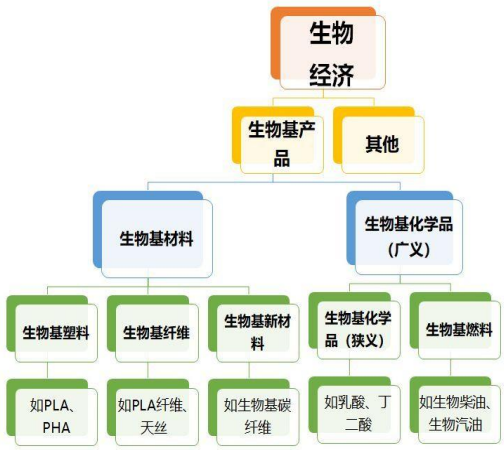
与石化塑料相比，生物塑料具有如下优点：一是**低碳排放**。因生物质在生长过程中可吸收大量二氧化碳气体，具有碳中和作用；只具有相当于石油塑料 20%的二氧化碳排放，因此也称为低碳塑料。二是**循环再生**。生物质材料，是目前地球上唯一未被很好利用的丰富资源。三是**降解性能**。大部分生物塑料都具有良好的生物降解性能。

图 10：生物塑料



资料来源：慧聪塑料网，山西证券研究所

图 11：生物基产品



资料来源：《全球生物塑料市场情况》，山西证券研究所

目前，全球已开发了多种基于不同原料的生物降解塑料，主要品种包括淀粉基生物降解塑料、聚乳酸（PLA）、聚丁二酸丁二醇酯（PBS）、聚羟基烷酸酯（PHA）、聚己内酯（PCL）、二氧化碳共聚物脂肪族聚碳酸酯（APC）、脂肪-芳香共聚酯等等。其中，淀粉基生物降解塑料、聚乳酸（PLA）、聚羟基烷酸酯（PHA）、聚丁二酸丁二醇酯（PBS）是当前技术相对成熟、产业化规模最大的生物降解塑料。

3.1.1 淀粉基生物降解塑料

淀粉作为一种来源广泛的天然高分子，具有可生物降解、价格便宜、可再生等特性，被认为是最具潜力替代传统石油分子的天然原料之一。由于淀粉原材料成本低且可使用传统塑料加工设备加工，对开发新型可生物降解材料非常有吸引力，具有普适性和良好的产业化应用前景。

淀粉基生物降解塑料是淀粉经过改性、接枝反应后与其他聚合物共混加工而成的一种塑料产品，

具有生产成本低、投资少、使用方便、可生物降解的特点。它属于可热塑加工型塑料产品，能用普通的塑料热塑加工机器加工，在工业上可以代替聚乙烯、聚丙烯、聚苯乙烯等塑料，可以用作包装材料、防震材料、地膜、食品容器、玩具等。在各类生物降解塑料中，淀粉基生物降解塑料已有 30 年的研发历史，是研发历史最久、技术最成熟、产业化规模最大、市场占有率最高、价格较低的一种生物降解塑料。

图 12：淀粉基材料制品



资料来源：《淀粉基生物可降解材料的研究新进展》，山西证券研究所

国内淀粉基生物降解塑料主要生产单位有天津丹海、武汉华丽、南京比澳格、广东上九、河北昭和、浙江华发、福建百事达、成都新柯力等公司，淀粉与 PP、PS、 PE、PVA、PCL 和 PLA 等聚合物共混粒料已批量生产。

3.1.2 聚乳酸生物塑料

聚乳酸(PLA) 是以乳酸为原料聚合生成的高分子材料，具有无毒、无刺激性、强度高、易加工成型和优良的生物相容性等特点，制品在使用后可完全降解，因此，聚乳酸是一种能真正达到生态和经济双重效应的生物环保材料，是近年来开发研究最活跃、发展最快的生物降解塑料。

PLA 既具备优良的物理机械功能、透明感、光感、韧性、控油性、密封度、抑制细菌滋生与保质性、热学性和持久性，并且具备和传统保鲜膜相似的印刷性，由此可以将 PLA 材料制作成保鲜膜、罐、管等工具，应用在水果保鲜包装、奶制产品包装、食品的保质抑菌包装与药品类包装范围内。

国内浙江海正生物材料股份有限公司采用中科院长春应用化学研究所技术建成的 5000t/a 聚乳酸生产线，于 2007 年 7 月投产，是目前国内唯一实现了规模化和商业化的 PLA 项目；另外，在建的还有上海同杰良生物材料有限公司和江苏九鼎集团的千吨级等其他生产线。

图 13：聚乳酸生产与应用示意图



资料来源：公开资料，山西证券研究所

3.1.3 聚羟基烷酸酯

PHAs 类生物可降解塑料是通过细菌发酵生产而成，可以作为分子内碳源和能源储备，并成为颗粒体聚集在细胞质内。发酵物主要是葡萄糖一类的碳水化合物。不同的发酵条件可以生产不同类型的 PHAs。作为第四代 PHAs 生物降解塑料，因其环境友好性已成为替代传统的、不可降解的石油基通用塑料的重要替代品。PHAs 是通过微生物发酵生产出来的一种可完全生物降解的新型材料，其不仅具有传统塑料的物理性能，还具有良好的可再生性和生物可降解性。因此，被认为是取代食品包装行业中普通塑料和医疗应用有前景的材料。

PHA 常见的产品包括聚 3-羟基丁酸酯 (PHB)、聚 (3-羟基丁酸酯-3-羟基戊酸酯) (PHBV)、聚 (3-羟基丁酸酯-3-羟基丙酸甲酯) (PHBHP)、聚 (3-羟基丁酸酯-4-羟基丁酸酯) (P3/4HB)、聚 (3-羟基丁酸酯-3-羟基己酸酯) (PHBH)等。由于 PHA 具有一些特殊的性质，如可持续性、环境友好性 (生物可降解性)、生物相容性、疏水性等，并且其热性能、力学性能与某些以石油为原料合成的塑料如聚乙烯、聚丙烯类似，因而它被认为是一种可替代传统石油化工类塑料的可持续发展的材料。

目前已工业化生产的 PHA 产品种类有 PHB、PHBV、P3/4HB 等，国内宁波天安生物材料公司 PHBV 目前产能 2000t/年，拟建设规模 10000t/年；天津国韵生物科技公司和深圳意可曼生物科技有限公司 2 个企业均生产 P3/4HB，目前产能分别为 10000t/年、5000t/年。

3.1.4 聚丁二酸丁二醇酯

聚丁二酸丁二醇酯(PBS)是由丁二酸和丁二醇经缩聚而得，与其他生物降解塑料相比，PBS 力学性能十分优异，接近 PP 和 ABS 塑料；耐热性能好，热变形温度接近 100℃，改性后使用温度可超过 100℃，可用于制备冷热饮包装和餐盒，克服其他生物降解塑料耐热温度低的缺点；加工性能非常好，可在现有塑料加工通用设备上进行各类成型加工，是目前降解塑料中加工性能最好的，同时可以共混大量碳酸钙、淀粉等填充物，得到价格低廉的制品。另外，PBS 只有在堆肥、水体等接触特定微生物条件下才发生降解，在正常储存和使用过程中性能非常稳定，其综合性能优异、性价比合理，具有良好的应用推广前景。

我国 PBS 产业化进程也在积极推进中，2007 年，杭州鑫富药业公司采用中科院理化技术研究所工程塑料国家工程研究中心自主研发的 PBS 生产技术，建成 3000t/a 的 PBS 生产线；安徽安庆和兴化工公司采用清华大学技术，已建成万吨级的 PBS 生产线，终结了我国长期以来没有规模化 PBS 装置的历史，这也是目前世界上最大的生产装置。

3.1.5 生物塑料行业前景

生物降解塑料既有传统塑料的功能和特性，又能在自然界微生物的作用下被降解，最终全部转化成二氧化碳、甲烷、水及其所含元素的矿化无机盐以及新的生物质等，被认为是石油基塑料的理想替代品。在包装、电子、运输、纺织和医疗等方面的应用都具有巨大的潜力。根据欧洲生物塑料协会 2019 年 9 月发布的数据显示，截至 2019 年 9 月，全球生物塑料年产能为 211.4 万吨，其中生物降解塑料(包括 PBAT、PBS、PLA、PHA、淀粉基降解塑料和其他生物降解塑料)占比为 55.5%，为 117.4 万吨。根据欧洲生物塑料协会预测数据，到 2024 年，全球生物降解塑料年产能将达到 133.4 万吨，年复合增长率为 2.7%。考虑到 2019 年下半年至 2020 年初，全球新增多个国家颁布了限塑政策，其中包括了中国，中国塑料产量约占全球的 20%，消费量约占全球的 15%，体量庞大，其生物降解塑料需求市场将会带动全球市场加速增长。

3.2 生物基聚酰胺

生物基聚酰胺纤维作为新型功能性纤维，是实现国内生物氨基酸产业与合成材料跨界创造的新材料。生物基聚酰胺分为完全生物基聚酰胺和部分生物基聚酰胺，最早期的生物基聚酰胺产品 PA11 可追溯至上世纪 50 年代，是通过蓖麻油与甲醇反应，再经裂解等一系列化学反应生成ω-十一氨基酸，最后

经过聚合反应制备而成。

表 2 生物基聚酰胺品种

生物基聚酰胺	原料	类别	用途
PA11	蓖麻油	完全生物基	汽车、飞机的部件等
PA1010	蓖麻油	完全生物基	纤维增强复合材料
PA46	葡萄糖、淀粉	完全生物基	工程塑料
PA66	葡萄糖	完全生物基	纤维、工程塑料
PA510	蓖麻油、葡萄糖	完全生物基	纤维、工程塑料
PA56	葡萄糖、植物油	完全生物基	纤维、工程塑料
PA4	葡萄糖	完全生物基	纤维、包装材料
PA6	葡萄糖	完全生物基	纤维、工程塑料
PA610	蓖麻油、丁二烯	部分生物基	汽车和其他设备制造领域
PA410	蓖麻油、丙烯腈	部分生物基	汽车部件、食品包装等
PA69	以动物或植物油脂制得油酸，丁二烯	部分生物基	纤维、包装材料
PA1012	蓖麻油、无环烷烃	部分生物基	工程塑料
PA636	二聚酸、丁二烯	部分生物基	工程塑料
PA10T	蓖麻油、对苯二甲酸	部分生物基	工程塑料
PA56	六碳糖、丁二烯	部分生物基	纤维、工程塑料、食品包装膜
	蓖麻油、丁二烯	部分生物基	工程塑料（汽车部件、电子部件）
PA66	葡萄糖、丁二烯	部分生物基	纤维、工程塑料

资料来源：马雪松《生物基化学纤维 PA56 的性能与应用》、山西证券研究所

生物基聚酰胺的制备技术以油脂路线和糖路线应用最为广泛。油脂通常包括蓖麻油、棕榈油、葵花籽油、大豆油等，其中蓖麻油是制备生物基聚酰胺最常用的原料，通过水解、高温裂解、酸化等工艺制备生物基聚酰胺的单体，可部分替代石油基产品。糖路线是制备生物基聚酰胺单体的重要方法之一，可分为单糖和多糖，葡萄糖是最常用的单糖，其工艺路线较成熟。此外，衣康酸、香兰素、粘康酸等生物基原料也可以替代石油基原料用于制备聚酰胺。

表 3 多种纤维性能对比

纤维类别	PA56	PA6	PA66	涤纶	棉
纤度（d）	140/72f	70/48f	455/144f	345/144f	-
玻璃化温度（℃）	46.6	50	42	73	-
熔点（℃）	255.6	220	258	268	-
比重（g/cm3）	1.14	1.13	1.14	1.42	1.58
标准回潮率（%）	5.1	3.6	3.1	0.4	7.0
断裂强度（cN/dtex）	4.18	3.33	4.35	3.42	2.4-4.0
断裂伸长（%）	26.0	30.5	25.6	27.5	22.3

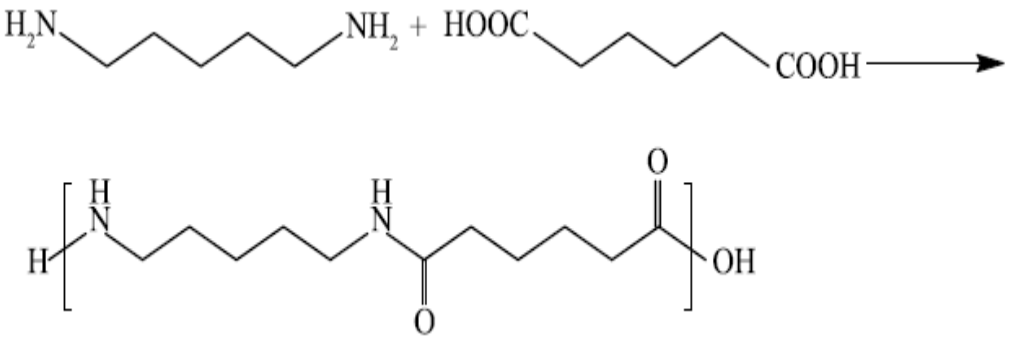
极限氧指数（%）	31	20.1	20.1	20.6	19.8
染色性	容易	较难	较难	难	容易
低碳环保性	好	差	差	差	一般
可持续发展性	好	较差	差	差	一般

资料来源：《生物基聚酰胺纤维引领产业绿色发展》、山西证券研究所

生物基聚酰胺 PA56 由戊二胺和己二酸聚合而得，两种单体均可以由生物质原料制备。PA56 作为新一代尼龙产品，其源于自然、回归自然，具有较高的生物基含量，综合成本低。PA56 的强度和比重可以媲美 PA66，染色性、吸湿快干性和阻燃性更优于 PA66，可以作为 PA66 的完美替代品。

上海凯赛生物科技有限公司经过长达 10 年的研究，以天然的生物质原料高粱、玉米和小麦等为原料，利用微生物将糖类发酵制取的 L-赖氨酸再转化为戊二胺，与石油基己二酸聚合研发出了生物基 PA56 纤维。

图 14：PA56 合成反应式



资料来源：山西证券研究所

在纺织服装行业，PA56 纤维可广泛用于民用长丝、短丝、地毯丝等领域，还可应用于产业用纺织品，如缝纫线、帘子布、气囊、绳网、帆布等领域。在特殊装备领域，可应用于高强防护服装、帐篷等产品，能够满足军警行业穿用和防护需求，提升个体肌体活动力和战斗力。此外，PA56 纤维在工程塑料行业也有很大的发展空间，可应用于汽车工业、电子产品、高铁、机械自润滑轴承和齿轮等产品，制作汽车发动机罩盖、前照灯灯框，电阻器、连接盒、高铁轨距挡板座、道岔用轨撑座、轨距块、道岔套管。在高铁建设中，PA 塑料紧固件约 5000 套/公里，用量大于 7 吨/公里，目前多以 PA66 为主。

生物基聚酰胺 56 纤维是一种理想的纺织材料，是我国纺织产业升级换代的关键材料之一。其成熟产业化将引领聚酰胺 5X 系列产品的发展，形成跨领域的新产业链和增长点。

4.凯赛生物——合成生物产业龙头企业

表 4 行业内代表企业

企业	相关业务
Ginkgo Bioworks	基于其先进技术平台开发营养品、健康食品、香料、益生菌、化妆品成分和药物活性分子等，将生物技术引入消费品市场。
Nature Works	可降解塑料聚乳酸
Metabolix	可降解高分子 PHA
凯赛生物	利用生物制造技术，从事新型生物基材料的研发、生产及销售，目前商业化生产的产品主要聚焦聚酰胺产业链，为生物基聚酰胺以及可用于生物基聚酰胺生产的原料。
华大基因	收购青兰生物，在青兰生物现有技术的基础上，共同开发高通量基因合成技术和下一代 DNA 合成技术，更好地服务于合成生物学发展
弘讯科技	依托独特的 Syno®技术平台，服务于人源化抗体库构建、基因工程疫苗开发、工业酶优化、染色体/基因组的合成、分子辅助育种以及 DNA 信息存储的技术开发等客户需求
蓝晶微生物	将合成生物学技术应用于工业生物制造领域，创造包括生物材料 PHA 在内的全新的生物制造产品

资料来源：山西证券研究所

合成生物技术属于 21 世纪发展起来的新型技术，行业内公司多为创立不久的初创型企业。代表企业中较有知名度的有如上几家，其中华大基因为 A 股上市企业，凯赛生物为科创板上市企业，我们以凯赛生物为例说明合成生物技术在新材料领域的应用。

凯赛生物是一家以合成生物学等学科为基础，利用生物制造技术，从事新型生物基材料的研发、生产及销售的高新技术企业。公司目前实现商业化生产的产品主要聚焦聚酰胺产业链，为生物基聚酰胺以及可用于生物基聚酰胺生产的原料，包括 DC12（月桂二酸）、DC13（巴西酸）等生物法长链二元酸系列产品和生物基戊二胺，是全球领先的利用生物制造规模化生产新型材料的企业之一。

表 5 凯赛生物产品及说明

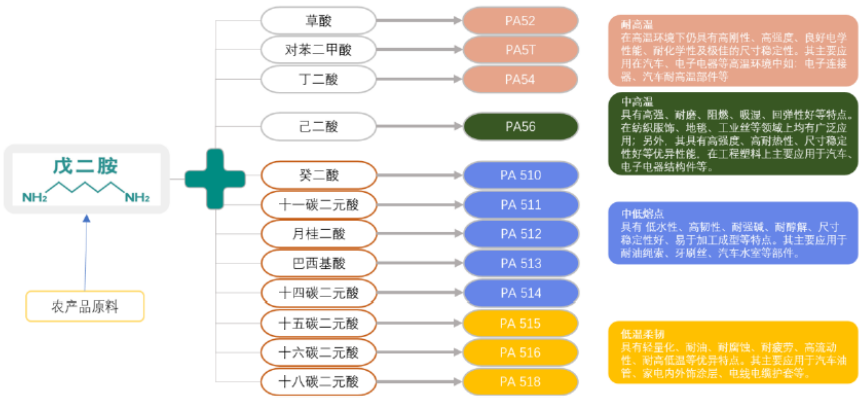
序号	产品名称	概念	意义	用途
1	生物法长链二元酸系列产品	通常是指碳链上含有十个及以上碳原子的脂肪族二元羧酸，重要精细化工中间体	传统上主要通过化学法生产，公司采用生物法，具有产品种类更丰富、成本更低及更环保等优势	主要用于高性能长链聚酰胺、香料、热熔胶、润滑油、耐寒增塑剂、粉末涂料
2	生物基戊二胺	赖氨酸在脱羧酶的作用下发生脱羧反应产生的化合物，可作为聚酰胺及其他化工生产过程中的原材料	国内聚酰胺行业（特别是聚酰胺 66）长期受到欧美企业对原材料供应的限制，公司实现该产品规模化生产，有望打破进口垄断	可作为聚酰胺 56、聚酰胺 5X 及其他化工生产合成过程的原料，目前阶段以内部使用为主，作为公司生物基聚酰胺生产单体；部分提供给下游客户进行应用开发
3	生物基聚酰胺	聚酰胺俗称尼龙（Nylon），是大分子主链重复单元中含有酰胺集团的高聚物的总称。聚酰胺可由二元酸和二元胺缩聚得到，也可由内酰胺开环聚合制得。最初用作制造纤维的原料，	公司用生物基戊二胺和各种二元酸聚合，开发生物基聚酰胺系列产品	以聚酰胺 56 为代表的生物基聚酰胺系列产品经国内外用户试用和认可，预计可广泛应用于纺织、工程材料等领域

后由于其具有强韧、耐磨、自润滑、使用温度范围广等优点，也成为目前工业中应用广泛的一种工程塑料

资料来源：凯赛生物招股说明书，山西证券研究所

公司是目前利用生物技术大规模生产长链二元酸系列产品的龙头企业，产品占据全球市场主导地位，产品种类丰富，且具有经济型及环保优势；此外，公司在生物基戊二胺及生物基聚酰胺的产业化上实现了行业突破，有望解决国内二元胺供应紧张的局面，但目前阶段仍以内部使用为主。目前，公司正在规划建设高性能长链聚酰胺产能，未来将依托自有的长链二元酸和戊二胺优势，进一步开拓长链聚酰胺市场。

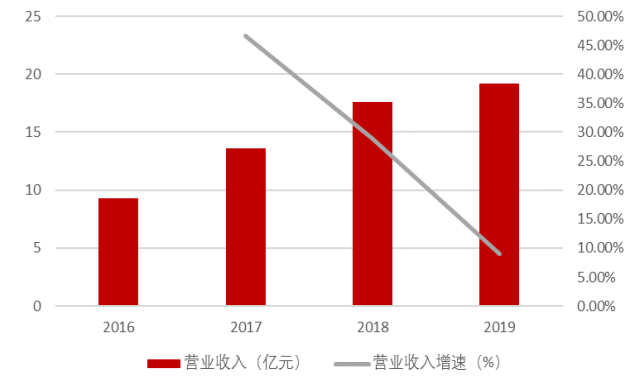
图 15：戊二胺及其下游应用



资料来源：凯赛生物招股说明书，山西证券研究所

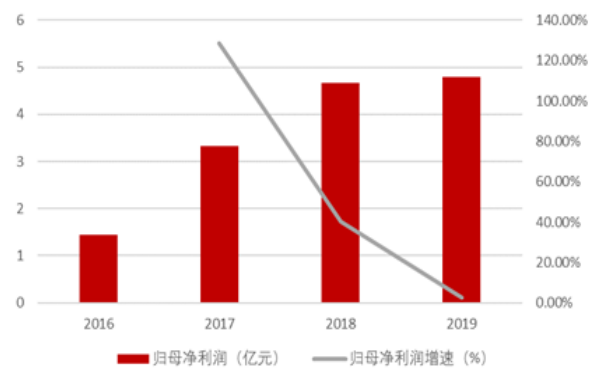
公司自 2016 年以来，营业收入及归母净利润逐年上升。公司目前销售产品仍然以长链二元酸为主，2016 年以来生物法长链二元酸销售占比均达到 98%左右。

图 16：2016-2019 年凯赛生物营业收入及增速



资料来源：wind，山西证券研究所

图 17：2016-2019 凯赛生物归母净利润及增速



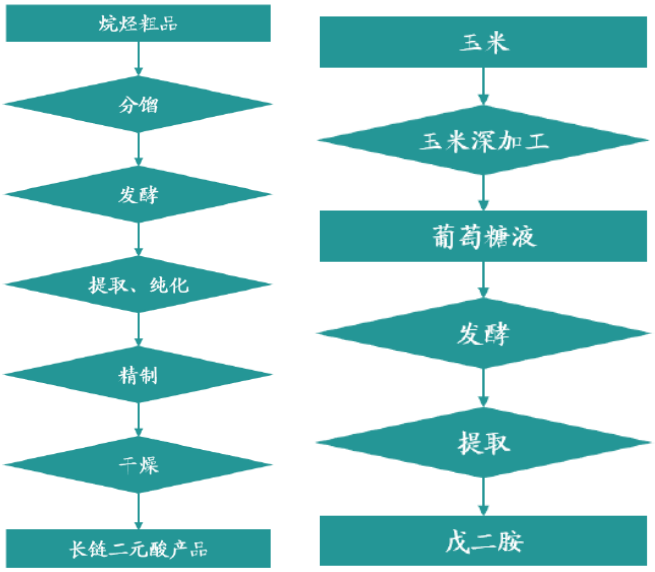
资料来源：wind，山西证券研究所

公司长链二元酸的生产原材料主要为外购的烷烃粗品，经过初馏塔和精馏塔提纯后得到合格烷烃，

再通过培养基制备、灭菌和菌种制备后进行发酵，最后提取精制得到成品。

生物基戊二胺则是利用玉米作为原料，经过淀粉酶和糖化酶的水解作用，将淀粉水解为葡萄糖液，再通过培养基制备、灭菌和菌种制备后进行发酵，最后提取精制得到成品。

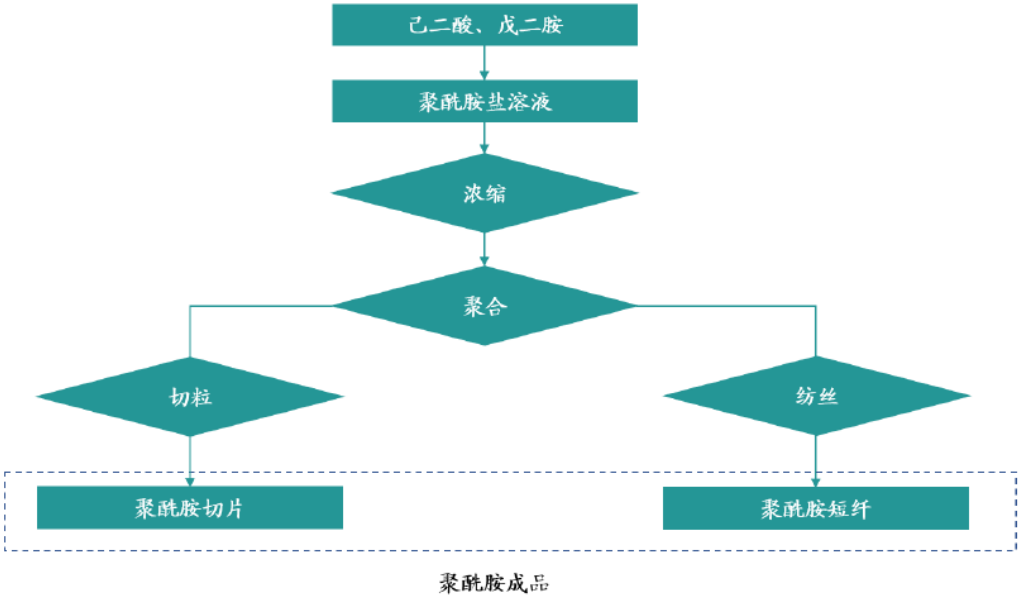
图 18：凯赛生物长链二元酸及戊二胺生产流程



资料来源：凯赛生物招股说明书，山西证券研究所

公司生物基聚酰胺的生产流程中，先将戊二胺和二酸按照一定比例，通过成盐、浓缩、聚合，得到生物基聚酰胺熔体，再经过切粒得到聚酰胺切片，或者经过熔体直纺得到聚酰胺短纤。

图 19：凯赛生物生物基聚氨酯生产流程



资料来源：凯赛生物招股说明书，山西证券研究所

目前，公司的生产产能主要集中在山东、新疆，产能所在地具有原材料及能源等方面的优势；此外，公司总部及主要研发实验室设立在上海张江高科，还在美国和香港设立了子公司从事境外销售。

截至 2019 年第三季度，公司共拥有生物法长链二元酸产能 56250 吨/年，生物基聚酰胺中试产能 3000 吨/年。此外，由于公司目前处于高速发展期，仍有多个在建或拟投资项目，其中包括乌苏技术 30000 吨/年生物法长链二元酸项目及 20000 吨/年生物基聚酰胺项目、乌苏材料 100000 吨/年生物基聚酰胺项目及金乡凯赛 40000 吨/年生物法癸二酸项目，总规划产能近 25 万吨/年。

表 6 凯赛生物产能及规划

产品	已有产能（吨/年）	在建产能（吨/年）	备注
生物法长链二元酸	22500（乌苏）	30000（乌苏技术）	/
	33750（金乡）	/	/
生物基聚酰胺	/	100000（乌苏材料） 20000（乌苏技术）	相关生产线尚在进行建设和设备调试，产线尚未投产
	3000（金乡）	/	金乡聚酰胺生产线为中试线，用于进行相关实验，产能利用率暂不稳定
生物法癸二酸	/	40000（金乡）	

资料来源：凯赛生物招股说明书，山西证券研究所

5.山西省合成生物新材料产业发展概况

5.1 山西生物产业发展现状

5.1.1 山西省生物医药产业发展现状

“十三五”期间，山西省以企业、技术、产品、园区、项目为载体，进一步推进各个集群的分工，加快推进自主创新，促进新技术、新产品的成果应用，发展了一批有地区特色的医药产业集群，促进了一批骨干企业向规模化、集团化方向发展。以传统国药为代表的中成药产销大幅增长，中成药子行业增速超过 20%，医药工业增速由负转正。

目前，山西省已形成化学药、中成药、生物制剂为主要支撑的生物医药产业体系。从集聚形态来看，已形成六大生物医药产业集群，其中晋北原料药及制剂集聚区以国药威奇达、忻源为代表，晋中中成药集聚区以广誉远、中远戚、德元堂为代表，运城中药提取物及注射剂集聚区以亚宝、石药银湖为代表，晋东南生物医药及中药注射剂集聚区以振东、康宝、海斯为代表，临汾中药材及现代中药集聚区以旺龙、云鹏为代表，太原仿制药及创新业集聚区以太原制药、华元、锦波为代表，产业集聚效应和优势逐步显现。

2020 年 6 月 22 日，山西省工业和信息化厅发布《山西省生物医药和大健康产业 2020 年行动计划》，提出到 2020 年底生物医药和大健康产业规模突破 300 亿元的目标，其中医药工业突破 250 亿元。

5.1.2 山西省合成生物产业发展

近年来，越来越多的投资正投向生物基新材料开发利用。山西工信厅发布的《山西省千亿级新材料产业集群培育行动计划（2020 年）》指出，山西将围绕制造业千亿产业培育工程总体要求，聚焦“半导体材料、碳基新材料、生物基新材料、特种金属材料”四个重点领域，并加快推进重点项目建设，包括山西转型综改示范区“山西合成生物产业生态园区”等 61 个新材料产业牵引性、引领性重大项目建设。

就山西而言，在农作物秸秆综合利用加工转化方面，正在加快推进秸秆肥料化、饲料化、燃料化、基料化和原料化“五化”利用。2013 年 7 月 10 日，长治市首座生物质新能源电厂并入国家电网运行。该电厂可实现年发电量 1 亿千瓦时，减少二氧化碳排放 20 余万吨。2019 年 4 月 16 日，由山西能投公司所属生物质能公司，承载实施的山西省首个国家规模化生物天然气及有机肥试点项目，在原平市成功点火投产。每年可消纳 10 万-20 万亩农作物秸秆或处理畜禽养殖废弃物 10 万-15 万吨，生产沼气 1400 万方、优质天然气 700 余万方、高效有机肥 4 万余吨、气肥 600 万方。2019 年 8 月 8 日，山西生物质新材料产业研究院及其研发产业化公共服务平台正式启用。该院已在从秸秆生物炼制到先进制造和环保新材料研发方面取得了重大突破，在原平经济技术开发区投资建设的生物炼制工厂已开工建设。

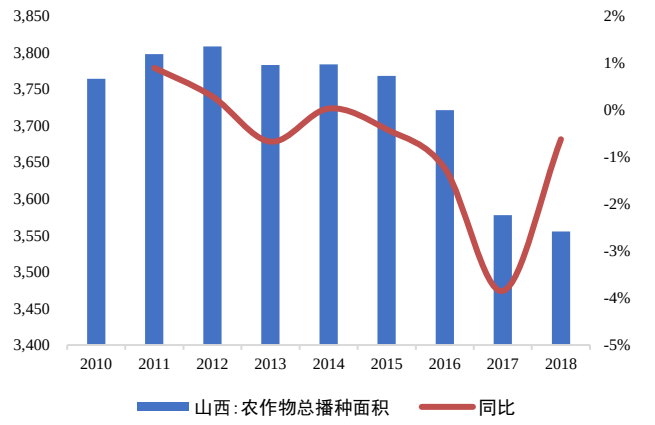
山西合成生物产业已进入产业化实施阶段，走在了全国最前列。凯赛公司在全球率先开展合成生物学制造新材料技术研究，并实现了产业化重大突破。为尽快将技术优势转化为产业优势，山西将依托凯赛打造一个以国际农产品和精细煤化工产品为原料，“生物基戊二胺”“长链二元酸”“聚乳酸”单体材料为核心，形成集中游“生物基聚酰胺 5X”高分子材料、可降解塑料、超仿棉制造，下游生物基纺织材料、生物基工程塑料、可降解薄膜材料加工于一体，领先全球的千亿级生物基绿色新材料产业集群。2020 年 10 月 13 日，上海凯赛生物技术股份有限公司与示范区正式签署项目合作协议：计划总投资 250 亿元，分期建设山西合成生物产业生态园区。这一项目的实施将极大推动我省合成生物新材料的产业化布局，引领带动山西省合成生物全产业链建设。山西方面将以凯赛生物为龙头，着力打造一个“生物基戊二胺”“长链二元酸”“聚乳酸”单体材料为核心，形成集中游“生物基聚酰胺 5X”高分子材料、可降解塑料和超仿棉制造，下游生物基纺织材料、生物基工程塑料和可降解薄膜材料加工于一体的千亿级生物基绿色新材料产业集群。

5.2 山西省合成生物新材料产业发展的优势

5.2.1 生物质原材料资源丰富

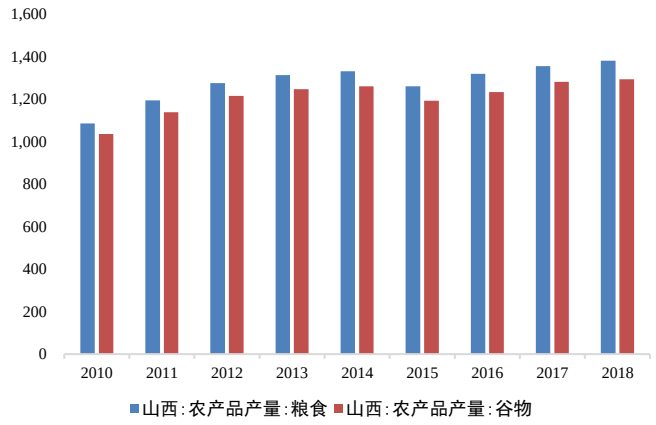
生物质能是太阳能以化学能形式贮存在生物质中的能量形式， 即以生物质为载体的能量。它直接或间接地来源于绿色植物的光合作用， 取之不尽、 用之不竭，其具有蕴藏量大、普遍性、易取性、挥发性高、炭活性高、易燃性的特点。生物质能源是目前世界上应用最广泛的可再生能源，消费总量仅次于煤炭、石油、天然气，位居第四位，它也是唯一可循环、可再生的炭源。现代生物质能源具备显著环保特性，实现碳零循环，排放少量的氮氧化物和硫化物。生物质能源主要包括农业生物质资源、森林生物质能源、能源作物以及人畜粪便、生活生产垃圾等。现有的生物质能源利用方式主要集中在农村沼气、秸秆利用、生物质发电等领域。在农作物秸秆综合利用加工转化方面，正在加快推进秸秆肥料化、饲料化、燃料化、基料化和原料化“五化”利用。

图 20：山西省农作物总播种面积（千公顷）



资料来源：wind，山西证券研究所

图 21：山西农产品产量（万吨）



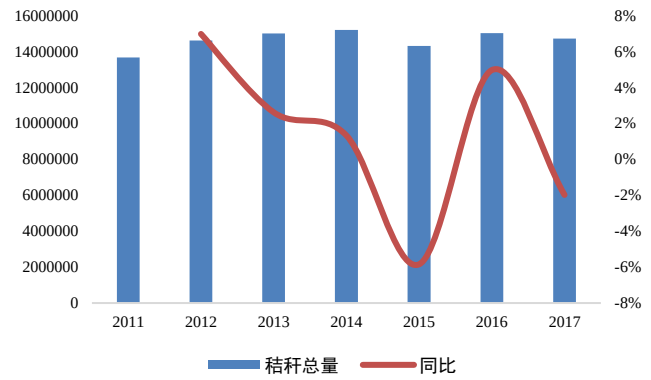
资料来源：wind，山西证券研究所

山西省农作物秸秆资源丰富，存在巨大的利用空间。秸秆是成熟农作物茎叶（穗）部分的总称，通常指小麦、水稻、玉米、薯类、油菜、棉花、甘蔗和其它农作物（通常为粗粮）在收获籽实后的剩余部分。秸秆富含氮、磷、钾、钙、镁和有机质等，是一种具有多用途的可再生的生物资源，在肥料生产、沼气制造、生物发电和食用菌基质培养等发面发挥着日益重要的作用。山西秸秆资源十分丰富，主要以小麦、玉米为主，其次还有豆类、油菜秸秆、谷类杂粮秸秆、棉花秸秆、薯类瓜蔓、果树枝叶等 10 多种秸秆资源。目前，山西小麦种植面积 900 多万亩，秸秆还田率达 88.3%，玉米种植 2500 多万亩，秸秆还田率 72.9%，这两种农作物秸秆综合还田率达到 78%左右。这表明，山西省平川地区，基本能实现农作物秸秆机械化综合利用。小麦、玉米等主要农作物秸秆机械化综合利用率也达到了全国中等水

平。**山西省农业主要以种植业为主，农业废弃物中秸秆占比相对较大，在农业废弃物资源化利用进程中如何有效利用秸秆资源，实现资源循环利用已成为一个关键。**

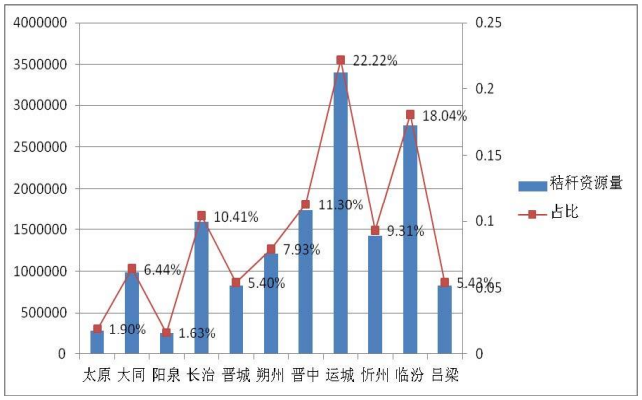
山西省农作物秸秆资源总量总体呈现稳步上升趋势。2015 年以来，国家种植业结构调整的要求和力度不断加大，2016 年农业部提出推动土豆主粮化发展思路，山西省在经历了玉米种植规模的突然锐减后，提出大力发展特色杂粮，制定出台了杂粮产业振兴规划，2016-2017 年谷子、高粱、豆类和薯类这四种主要农作物的规模和产量逐年大幅增加，综合作用使得全省农作物秸秆资源总量基本稳定在一个区间内，趋于平稳。山西省 11 个地级市秸秆资源量排序依次为运城市、临汾市、晋中市、长治市、忻州市、朔州市、大同市、吕梁市、晋城市、阳泉市和太原市，其中占比在 10%以上的地级市有 4 个，运城市秸秆资源量超过全省秸秆资源量的五分之一。

图 22：山西省秸秆总资源量（单位：吨）



资料来源：《山西省主要农作物秸秆资源总量变化趋势及分布特征》，山西证券研究所

图 23：山西省各地市秸秆资源量（单位：吨）



资料来源：《山西省主要农作物秸秆资源总量变化趋势及分布特征》，山西证券研究所

根据山西省农业农村厅出台的《山西省 2020 年农作物秸秆综合利用实施方案》，2020 年，山西省将建设 9 个秸秆综合利用重点县，重点县秸秆综合利用率达 90%以上或比上年提升 5 个百分点，切实提升农作物秸秆综合利用水平。推进秸秆基料化和原料化利用方面，支持引导企业、专业合作社、种植大户积极发展以玉米、小麦秸秆为主要原料的食用菌规模化生产，发展以秸秆为主要基料的育苗基质生产，扩大秸秆基料化利用规模。鼓励发展以秸秆为主要原料的造纸、新型建材、复合材料、降解膜、餐具等加工产业，延伸秸秆原料化利用产业链条，提高秸秆高值化、产业化利用水平。

5.2.2 独特的地理和气候优势

山西地理位置独特，资源丰富，是中医药的重要发祥地之一，素有“北药”之称。山西位于黄土高原，属中纬度大陆性季风气候区，地形地貌复杂，山区面积较大，昼夜温差大，药材资源随水平分布与垂直分布相互交错分布。北部地区适合种植台党参、黄芪、款冬花等品种，中南部地区适合种植黄芩、

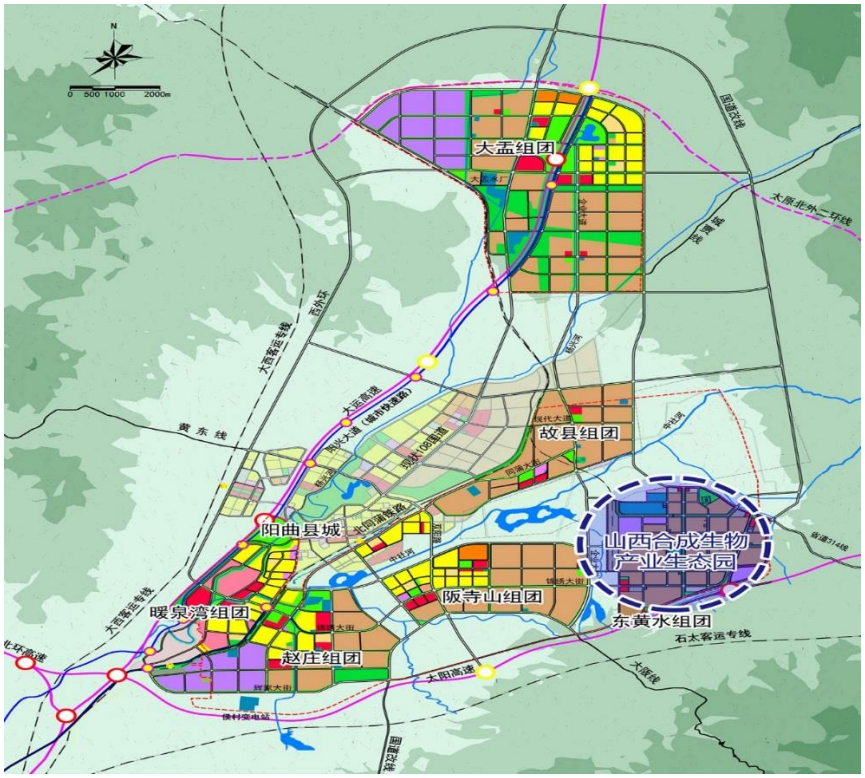
潞党参、连翘等。此外，由于降水量较少，降雨季节较为集中，雨势同期，所以尤其适宜以根茎人药的道地药材品种。山西现有中药材 1600 多种，种类、储量、种植面积国内领先，连翘、黄瓦、黄芩等优势品种市场占有率位居前列。具有太行山、恒山、太岳山、晋南边山丘陵四大中药材生产基地，建有国家 GAP 认证的中药材基地 4 个，原材料质量安全有效保障，是国内中成药生产企业的重要原料基地。山西能源供给充足，是发展发酵产业的优势区域，具备发展生物产业的先决条件。

5.3 产业园及相关企业梳理

➢ 山西合成生物产业生态园

山西合成生物产业生态园区位于山西综改示范区阳曲产业园区，总规划用地约 11.43 平方公里。园区核心项目包括 240 万吨玉米深加工项目、年产 50 万吨生物基戊二胺项目、年产 90 万吨生物基聚酰胺项目和年产 8 万吨生物法长链二元酸项目。功能定位为国家资源型经济转型示范先导区，以合成生物新材料产业为主的现代产业集聚区。山西转型综改示范区已明确将合成生物作为着力打造的两大标志性、引领性产业集群之一。

图 24：山西省合成生物产业园



资料来源：山西转型综改示范区官网，山西证券研究所

➢ 山西锦波生物医药股份有限公司

公司是一家专业从事“功能蛋白”基础研究及产业化的生物材料新三板企业。按照终端产品类型，

公司主要产品包括医疗器械、化妆品和卫生用品。公司牵头联合复旦大学，历经十余年时间的研究开发，国际首次成功实现了人源 III 型胶原蛋白的大规模产业化。2018 年 6 月，锦波生物联合中国科学院生物物理研究所，在国际范围首次解析了人 III 型胶原蛋白中央功能区域的高分辨率原子结构，相关数据已被国际蛋白结构数据库 Worldwide Protein Data Bank 收录，并于 2018 年 12 月 26 日面向全球公开，该研究成果填补了所在领域国际空白。

目前，锦波生物与山西综合改革示范区签署了共建人源胶原蛋白产业园项目，该产业园占地 300 亩，拟被打造全球规模最大的人源胶原蛋白产业基地。项目第一期投资总额 8.2 亿，预计 2020 年实现规模化生产，全部投产后产值预计将在百亿以上。全部投产后，有望成为全球规模最大的人源胶原蛋白产业基地。

- **山西生物质新材料产业研究院**

山西生物质新材料产业研究院是在山西转型综改示范区的大力支持下成立的生物新材料领域国内首家新型研究院，是政府引导、企业参与、市场化运作的新型研发机构。该院由国家“千人计划”专家桑涛担任院长，主要开展生物塑料聚乳酸材料和生物基碳纤维复合材料的创新研究工作。经过一年的试运行，研究院凭借整体原创和首创的产业化技术、工艺、专用设备等，形成完整的知识产权体系和多项核心创新技术，通过将秸秆等可再生农林废弃物进行生物炼制，生产优质、安全并可降解的生物新材料，逐步取代面临枯竭又引发环境污染的石化原料，解决农作物秸秆焚烧问题，实现了从生物质原料、加工工艺到终端产品全产业链的环保零排放，引领生物新材料和环保制造业的跨越式发展。

山西生物质新材料产业研究院依托生物炼制提取到的具有生物活性的木质素，打破传统工艺壁垒，以自主研发的专利技术和独创工艺生产的生物树脂，具有优异的热力学性能，将其作为基体与碳纤维材料结合，形成具有独特性能的生物基复合材料。特别是在碳纤维复合材料生产方面的优势尤为突出，在氢动力工业无人机和新能源汽车轻量化方面已经形成了终端产品，与相关领域的龙头企业签订了产品试制和销售协议。**通过开发出利用秸秆原料生产聚乳酸的技术和工艺，大大降低了生物塑料制品的生产成本**。聚乳酸生物塑料将打入中低端塑料市场，特别是在产生白色污染最为严重的一次性塑料制品领域，如农业地膜、垃圾袋、塑料袋、一次性餐具和包装材料等，将从根本上推动生物塑料产业的发展。

6.山西省合成生物新材料产业存在问题及发展建议

6.1 存在问题

经过近几十年发展，我国生物产业区域集聚形态已经显现，国家批准成立的 168 个国家级高新技

术产业开发区中，生物医药类产业园区占 67 个，形成了长三角地区、环渤海地区、粤港澳大湾区、东北地区及川渝地区产业集群，产业集聚趋势日趋明显，政策、投资力度不断增加。山西合成省生物产业整体发展水平落后于国内发达省市，主要问题有以下几方面。

6.1.1 产业政策扶持力度不够

生物产业是高新技术产业，快速发展与相关政策的扶持是分不开的，很多政策出现漏洞对生物企业的良性发展非常不利。山西生物产业的规模比较小、没有核心技术作为支撑，很难与其他地区的生物企业进行强有力的竞争。同时山西省生物技术产品的知识产权保护方面的政策有很大的漏洞，没有切实有效的监督机制，市场中的产品出现很多恶性竞争，对生物技术的健康发展非常不利。

6.1.2 总体规模有待提高，创新能力较差

目前，山西省合成生物产业虽然已经具备一定的产业基础，在部分领域取得了局部优势，但从生物产业的总体实力，尤其从高端现代生物产业的综合实力来见，产业规模、产品类别、企业实力、创新资源和产业集聚优势尚有待进一步的发展、提高。从山西省生物产业发展的总体趋势上看，一些生物企业的创新能力比较差，特别是医药类产生的研发工作基本都是依靠仿制已经上市的产品，没有本省自主研发的产品。此外，山西大部分省市的生物企业属于中小型企业，抵抗投资风险能力比较弱，很多生物企业的厂址比较偏僻，很难吸引高科技人才，同时没有建成完善的生物科技创新的有关体系，对产品的研发和创新有明显的影响，对生物企业的创新和发展非常不利。

6.1.3 融资渠道亟待扩展

作为新兴产业，山西省合成生物产业整体实力不强，产业发展配套支撑体系尚不完善，融资渠道主要仍是依靠单一的银行信贷。由于缺乏政府资金引导，风险投资机制不健全，信用担保体系不完善，许多生物企业难以得到金融机构支持，发展资金较为匮乏，这使得合成生物产业发展相对缓慢，基础设施建设相对滞后，生物产业发展融资渠道亟待拓展。

6.2 加快山西合成生物新材料产业发展建议

山西省具有丰富的玉米、秸秆等生物基原材料资源优势，可利用丰富的生物质原材料资源，既有产业优势和优惠政策，抢占产业发展的制高点。通过率先发展生物基材料产业，形成产业链和实现集群

化，建立生物基材料产业中心和示范区，成为新经济增长点的特色产品，助推山西省转型发展。

6.2.1 出台相关配套法规政策，支持产业发展

国家出台相关政策，鼓励生物基材料替代石油基材料，鼓励绿色生物制造，探索试行绿色生物基材料补贴政策。同时政府主导出台《关于促进生物基材料产业发展的若干意见》政策，从组织领导、基金金融、基础设施建设、技术创新、专业复合人才的引进和培养、外部协调服务等方面予以扶持。围绕搭建产业集聚、企业集群发展的思路，解决目前山西省生物基材料产业薄弱、规模小、产品单一的问题，按照集群布局发展、重点产业突破的原则，培育结构合理的企业梯队，创建市场为导向、龙头骨干企业为引领、中小微企业为主体、专业化协作生产、各具特色的产业集聚区，产业集聚区以合成生物产业生态园集中发展区为核心，其他县市为多点的生物基材料产业发展布局。依托区县市现有材料和产业基础，培育发展相关企业，最终在全市范围内形成以点带面、点面结合、整体协调推进的产业集群化发展格局。

6.2.2 加强合成生物技术领域的产学研合作

加强合成生物技术领域的产学研合作，推动建设一批标志性平台，部署一批标志性项目，产出一批标志性成果，把包括淀粉基材料以及聚乳酸、聚羟基烷酸酯、二氧化碳共聚物、聚丁二酸丁二酯、聚丁二酸-己二酸丁二酯、聚对苯二甲酸-己二酸丁二酯等聚合物，把生产可降解塑料购物袋、外包装材料、塑料餐具、医用材料、农用地膜等作为产业发展的方向。随着快递的快速发展，需要大量的可以降解的快递外包装材料。2011-2018 年，中国生物降解塑料需求市场增速为 12%左右。2018 年，中国生物降解塑料需求市场规模约为 4.2 万吨。2019 年 2 月，海南省政府发布《海南省全面禁止生产、销售和使用一次性不可降解塑料制品实施方案》，中国强制禁塑政策逐渐推广，市场需求具有较大上升空间。因此，可以选择生物降解塑料，作为产业发展的方向，部署一批标志性项目，大力引进更多的纵向上下游企业和横向关联性企业，着力推动全产业链布局发展。

6.2.3 积极招商引资，打造合成生物产业集群

积极协调，解决项目发展资金和技术问题。搞好银企对接，利用现有国家、山西省各种基金，解决项目发展融资问题，争取获得国家制造业产业升级基金支持，为生物基材料产业发展提供持续资金动力。同时立足山西省现有的市场和产业基础，依托山西合成生物产业生态园，从大企业和中小企业两

个层面展开，有针对性地实施培育扶持骨干龙头企业。按照上游原材料到中游关键单体、生物基材料到下游终端制成品的技术生产路线，打造从上游原材料到下游制成品的全产业链，构筑产业生产到销售网络，培育最优生态产业，打造山西省合成生物产业集群。

分析师承诺：

本人具有中国证券业协会授予的证券投资咨询执业资格并注册为证券分析师，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而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、地位和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：

——报告发布后的 6 个月内上市公司股票涨跌幅相对同期上证指数/深证成指的涨跌幅为基准

——股票投资评级标准：

买入： 相对强于市场表现 20%以上
增持： 相对强于市场表现 5～20%
中性： 相对市场表现在-5%～+5%之间波动
减持： 相对弱于市场表现 5%以下

——行业投资评级标准：

看好： 行业超越市场整体表现
中性： 行业与整体市场表现基本持平
看淡： 行业弱于整体市场表现

免责声明：

山西证券股份有限公司(以下简称“本公司”)具备证券投资咨询业务资格。本报告是基于本公司认为可靠的已公开信息，但本公司不保证该等信息的准确性或完整性。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，本公司不对任何人因使用本报告中的任何内容所引致的任何损失负任何责任。本报告所载的资料、意见及推测仅反映本所于发布本报告当日的判断。在不同时期，本所可发出与本报告所载资料、意见及推测不一致的报告。本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所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。客户应当考虑到本公司可能存在可能影响本报告客观性的利益冲突。本公司在知晓范围内履行披露义务。本报告的版权归本公司所有。本公司对本报告保留一切权利。未经本公司事先书面授权，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，或以任何侵犯本公司版权的其他方式使用。否则，本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，禁止我司员工将我司证券研究报告私自提供给未经我司授权的任何公众媒体或者其他机构；禁止任何公众媒体或者其他机构未经授权私自刊载或者转发我司的证券研究报告。刊载或者转发我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》规定特此提示我司证券研究业务客户不要将我司证券研究报告转发给他人，提示我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》规定特此告知我司证券研究业务客户遵守廉洁从业规定。

山西证券研究所：

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

北京
北京市西城区平安里西大街 28 号中海国际中心七层
电话：010-83496336