

2024 年氨基酸行业专题报告：助益粮食安全 _借力合成生物

氨基酸：构建蛋白质的基础物质，品类丰富、规模持续增长

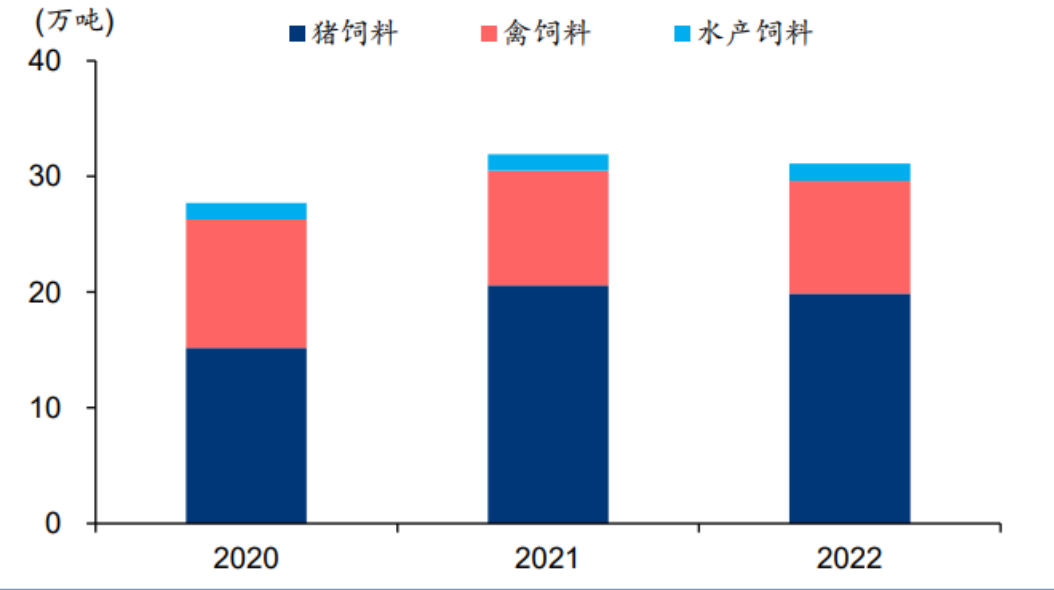
氨基酸是分子内含有氨基和羧基的一类有机化合物，是构建生物体蛋白质的基础物质，氨基酸/蛋白质几乎参与生物体内的每个化学反应，被机体用于制造抗体蛋白、血红蛋白、酶和激素等，以维持和调节新陈代谢。按照人体是否可自主合成，氨基酸分为必需氨基酸和非必需氨基酸两类，其中必需氨基酸主要包括赖氨酸、苏氨酸、蛋氨酸、缬氨酸、色氨酸、苯丙氨酸、异亮氨酸和亮氨酸，由于机体无法自主合成或者合成效率无法满足正常代谢需要，必须通过外界摄取的方式补充，非必需氨基酸主要包括谷氨酸、甘氨酸、脯氨酸、丙氨酸等。按照市场规模和是否为蛋白类氨基酸分类，则可分为大品种氨基酸、中小品种氨基酸和非蛋白类氨基酸及衍生物，其中大品种氨基酸主要系赖氨酸、谷氨酸、蛋氨酸、苏氨酸和甘氨酸，目前全球需求规模在百万吨及以上，小品种氨基酸包括缬氨酸、色氨酸、丙氨酸、精氨酸和异亮氨酸等，由于生产成本和价格相对偏高等因素，目前全球需求规模

相对较小，非蛋白类氨基酸及衍生物则主要包括鸟氨酸、瓜氨酸等。

据 Imarc Group 和 Polaris Market Research，2023 年全球氨基酸需求量预计超过 1100 万吨，市场规模近 300 亿美元，受益于下游养殖、医药等需求增长，近年全球氨基酸需求保持增长态势，且预计 2025 年全球氨基酸需求量和市场规模将分别增长至约 1260 万吨和 344 亿美元，24-25 年 CAGR 分别约 4.7%和 7.5%。

由于氨基酸的主要终端为构建生物体的蛋白质，目前已规模化应用的品种，如赖氨酸、苏氨酸、蛋氨酸和缬氨酸等，其直接下游主要是用作养殖领域，少量用于医药和食品添加剂等领域，氨基酸主要通过养殖、医药和食品添加剂等用途，最终取向主要被人体所吸收。

图表4：国内 98%赖氨酸消费结构



资料来源：博亚和讯，华泰研究

由于氨基酸对维持和调节生长代谢的必要性，近年在养殖领域用于替代豆粕等需求持续增长，全球诸多企业均积极布局。国内方面，代表企业包括梅花生物、星湖科技、阜丰集团 和华恒生物等，欧美企业如德国赢创等，日韩企业主要包括日本味之素和韩国希杰等。

粮食安全背景下，氨基酸用于豆粕减量替代需求持续增长

低蛋白日粮饲料持续推广，助力解决大豆结构性短缺问题

氨基酸在饲料中添加能更好地发挥饲料功效，可提升养殖效率，同时具备节约蛋白资源、

提升氮利用效率和环保等功能，目前全球用量较大的品类主要包括赖氨酸、苏氨酸、蛋氨酸和缬氨酸等品种。更为关键的是，部分氨基酸是动物生长过程中的必需氨基酸，但不能由动物体自身合成（也称为限制性氨基酸），必须依靠饲料添加的方式提供动物生长所需的营养，例如仔猪生长过程的第 1-5 类限制性氨基酸分别为赖氨酸、蛋氨酸、苏氨酸、色氨酸、缬氨酸，蛋鸡生长过程的第 1-4 类限制性氨基酸为蛋氨酸、赖氨酸、色氨酸、苏氨酸。

据博亚和讯，22 年国内养殖业饲料消费量约 4.54 亿吨，19-22 年 CAGR 约 4%，受益于人均肉禽蛋消费量提升等因素，预计至 25 年将提升至 4.96 亿吨左右，23-25 年 CAGR 约 3%。从饲料消费结构来看，18-22 年能量/蛋白饲料消费平均占比约 69%/25%，且较为稳定，其中 22 年分别为 3.2/1.2 亿吨，占比 70%/26%。我国能量饲料以玉米、小麦为主，21 年国内玉米类能量饲料消费量 1.7 亿吨，约占能量饲料消费量的 55%，而蛋白饲料则以豆粕为主，21 年豆粕类蛋白饲料消费量约 6900 万吨，占蛋白饲料的比重达 60%。

由于气候条件和土壤状况等原因，我国用作能量饲料的玉米自给率高，而用作蛋白饲料的豆粕的原料大豆进口依赖度居高不下。据汇易网，13-23 年国内大豆进口依赖度维持

80% 以上。由于大豆进口依赖度高，我国饲料原料的结构性短缺成为亟待解决的重要课题。

据联合国粮农组织，2019 年全球玉米和大豆进口区域分布中，中国占全球玉米进口贸易量比重约 5%，而大豆进口贸易量则占全球比重达 62%。另据海关总署，2023 年国内大豆进口来源中，转基因大豆主要来自巴西和美国进口，占比分别约 70%和 27%，非转基因大豆主要来自俄罗斯，占比约 76%。

为应对外部供应的不确定性和保障粮食安全，同时促进养殖行业降本增效等需求，近年来我国农业农村部不断推进豆粕减量替代工作，推广低蛋白质日粮饲料技术。据中国畜牧兽医报，2022 年我国饲用豆粕在饲料消耗中的占比已下降至 14.5%（较 2017 年减少 3.3pct），相当于节省豆粕 1400 万吨（折合大豆约 1800 万吨）。2023 年 4 月，农业农村部发布《饲用豆粕减量替代三年行动方案》，进一步明确豆粕减量替代的目标和路径，23-25 年饲料中豆粕用量占比每年需下降 0.5pct 以上，至 25 年需下降至 13%以下，由于豆粕中氨基酸含量占比较高，豆粕使用量的下降将促进饲料氨基酸需求的增长。

参考研究 23 年 11 月 6 日的研报《氨基酸景气向上，平台化驱动成长》测算，假设 23/24/25 年豆粕占饲料用量比重逐年降 0.5pct，分别为 14.0%/13.5%/13.0%，将有望驱动

赖氨酸/苏氨酸/缬氨酸/异亮氨酸/色氨酸/蛋氨酸等氨基酸产品的需求持续增长，6 种氨基酸产品 23-25 年的理论需求量合计每年将新增近 10 万吨，且若未来豆粕实际用量占比每年下降超过 0.5pct，或者考虑杂粕用量亦可由氨基酸部分替代等因素，豆粕减量替代对氨基酸实际需求增量带动将更显著。但阶段性而言，由于小品种氨基酸成本高企等因素，一定程度上制约氨基酸对豆粕替代的进程。

转基因玉米单产有望提升，或驱动氨基酸成本下降、提升替代豆粕性价比

氨基酸替代豆粕的关键要素之一：全球主要粮食产区玉米种植土地利用效率显著高于大豆

据美国农业部，全球主要玉米和大豆产区 15/16 年度-23/24 年度的玉米亩产普遍高于大豆，其中阿根廷、中国和美国玉米亩产多数是大豆的 2-4 倍，玉米具备更高的种植效率，而目前全球工业化生产的氨基酸，均主要通过玉米为原材料发酵获得，因此玉米和大豆种植效率的差异，是支撑氨基酸替代豆粕可行性的关键要素之一。

全球转基因作物持续推广，国内渗透率仍较低

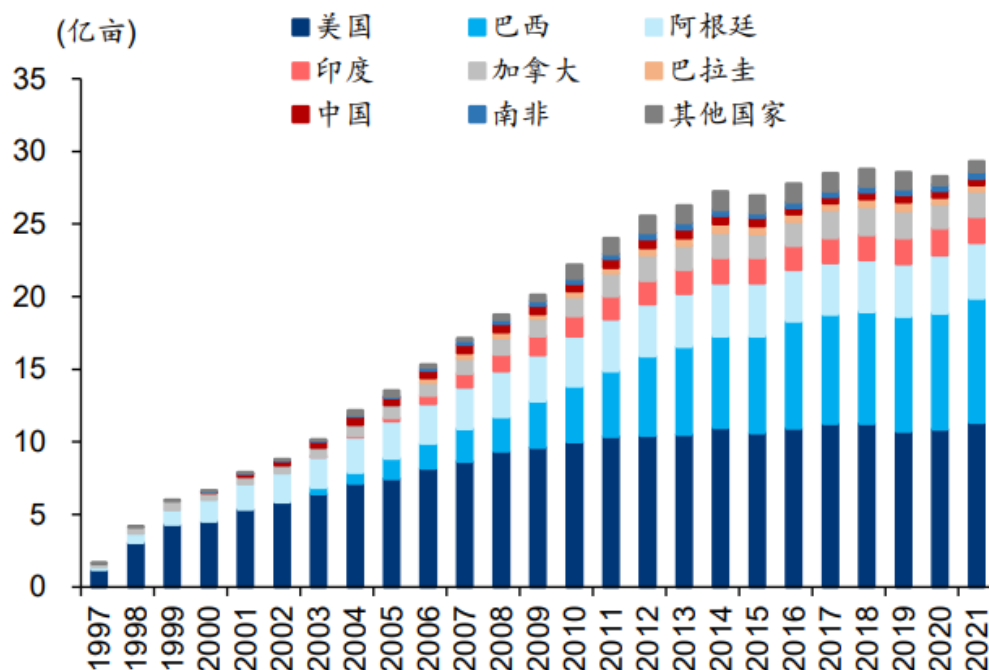
上世纪 90 年代以来，随着转基因作物在美国的大面积推广，全球转基因作物的商业化进程逐步开启。1996 年至 2013

年，全球转基因作物推广国家数量的增加及单个国家的渗透率提升带动转基因作物种植面积持续保持高速扩张；据

ISAAA，截至 2013 年，全球转基因作物的种植面积约 26.3 亿亩；2013 年以来，欧盟、俄罗斯等国家/地区对待转基因作物的种植限制较多，导致转基因作物拓展新市场的难度提高，而固有市场的渗透率已至高位，转基因作物的种植面积增长放缓，2013 年至 2021 年间的复合增速约 1.38%。截至 2021 年，全球转基因作物总种植面积达到约 29.3 亿亩。

据 ISAAA，2019 年种植转基因作物的 29 个国家/地区中，12 个为美洲国家/地区、占比约 41%。从种植面积看，2019 年美洲国家/地区的转基因作物种植面积约占全球的 88.12%，其次为亚洲国家/地区（面积占比约 10.2%）。2019 年，全球有 7 个国家的转基因作物种植面积超过 4500 万亩，其中排名前三的美国、巴西和阿根廷均为美洲国家。

图表27： 1997 以来不同国家的转基因作物推广面积变化



资料来源：ISAAA，华泰研究

据联合国粮农组织，2019 年全球玉米种植面积约 29.5 亿亩，其中中国、美国、巴西、印度和欧盟是前五大种植国家/地区。由于中国尚未开始转基因玉米的大规模商业化种植，而欧盟内部对转基因作物分歧众多、实际种植面积偏低，因此转基因玉米在全球的推广主力仍是美洲国家。美国、巴西和阿根廷三大转基因推广国家的玉米种植面积约占全球的 29%，而转基因玉米在三个国家的种植渗透率在 2019 年已超过 80%左右，加上加拿大、菲律宾、南非、欧盟和越南均有一定比例的转基因玉米种植，全球的转基因玉米种植面积约 9.14 亿亩、种植渗透率约 31%。

大豆方面，据联合国粮农组织，2019 年全球大豆种植面积约 18.5 亿亩。其中，前十大种植国中，巴西、美国、阿根廷、巴拉圭、加拿大和玻利维亚均为美洲国家、有着高比例的转基因大豆种植（美国和阿根廷的转基因大豆渗透率约 100%，巴西约 96%），而五个国家大豆的合计种植面积约占全球的 74%，加上乌拉圭、墨西哥和南非也有一定数量的转基因大豆种植，带动转基因大豆在全球的渗透率高达 74%左右。

转基因作物推广可带动粮食单产显著提升

据联合国粮农组织，截至 2020 年，美巴阿三国玉米的十年移动平均单产约 499 公斤/亩，其中阿根廷玉米的十年移动平均单产约 462 公斤/亩，均高于欧盟（443 公斤/亩）和中国（401 公斤/亩）。1996 年以来，南美三国和美国分别保持了 12%左右和 21%左右的玉米收获面积占比。单产提升和成本优势的带动下，巴西和阿根廷的玉米产量占比和出口占比均有提升。

转基因作物的优势在于：1）增产，据 Graham Brooks，1996 年~2020 年，转基因抗虫性状为玉米、棉花等作物带来了明显的增产效果，不同国家增产幅度不一、多在 7%~30%的范围内。从美国部分农场的调查数据来看，转基因大豆的单产在 1998 年~2016 年期间平均较非转基因大豆提升约 29%，转基因玉米的单产在 2000 年~2014 年期间平均较非转基因

玉米提升约 19%；2）增加二季作物种植。例如转基因耐除草剂（HT）大豆的种植使阿根廷、巴拉圭等南美国家可更多地采用免耕和减耕技术、缩短生产周期，可种植二季大豆。

国内转基因种子有望推广，玉米种植效率提升或进一步推升氨基酸性价比

1999 年，国家科技部、财政部联合启动“国家转基因植物研究与产业化专项”。2008 年，国家正式启动转基因重大专项、并投入了 200 多亿资金，目标是获得一批具有自主知识产权和重要应用价值的功能基因，培育一批抗病虫、抗逆、优质、高产、高效的重大转基因动植物新品种，提高农业转基因生物研究和产业化整体水平。此外，我国在十三五规划（2016 年~2020 年）和十四五规划（2021 年~2025 年）中提出“加速推动基因组学等生物技术大规模应用，推进生物育种等新一代生物技术产品和服务的规模化发展”的纲要。经过多年的研究和储备，我国的转基因作物研究已跻身世界领先水平。根据国家知识产权局在 2022 年的统计，我国的转基因玉米专利申请数量自 2017 年起明显增加、与世界范围内专利申请数量的差距显著缩小；1990 年至 2021 年，中国申请人在世界范围内提交了 2006 件专利，申请数量占比约达 24%、仅次于美国。

粮食安全的战略重要性、及草地贪夜蛾虫害在国内的传播也使得转基因种子的商业化放开

更为必要和紧迫。参考农业 2023 年 3 月 31 日发布的研报《技术红利再现,农业重塑可期》，2019 年以来，国内转基因玉米和大豆种植用安全证书获批数目不断增加，“预计 2024 年将是玉米和大豆在中国的生物育种产业化元年”，同时转基因玉米的安全证书获批数目显著多于大豆，我们认为未来在转基因种子有望推广的背景下，尤其未来转基因玉米种子推广有望带动国内玉米亩产的提升，进而助力氨基酸生产成本的下降，推升氨基酸替代豆粕的性价比。

合成生物蓝海渐至，引领氨基酸行业降本及需求扩张

合成生物：开启化合物生物合成新篇章，产业和政策引领下蓝海将至

合成生物技术以细胞代谢/酶催化替代传统化工过程，提供了化合物合成的新路径，集中解决了物质合成的三个重要问题：（1）生产过程利于碳中和，通过微生物/酶催化以 CO₂、生物质、工业副产物等为底物，减少化石燃料使用，具备显著的环保和循环经济等优势；（2）降低生产成本，生物发酵/酶催化的反应环境，通常温度、压力等条件更加温和，有助于节能降耗；（3）实现特殊结构和功能化合物的从头合成，依托微生物代谢途径，有望获得传

统化工过程难以合成的产物，且可通过遗传、代谢等途径的分析、计算和重新设计，预测、编码以及重头合成指导新物质生产的全新 DNA，实现新物质、新基因的创造。

随着产业技术进步，合成生物制造近年来被世界主要经济体持续高度关注并加快部署。世界经合组织（OECD）预测至 2030 年，将有 35% 的化学品和其它工业产品来自生物制造，生物制造在生物经济中的贡献率将达到 39%，超过生物农业（36%）和生物医药（25%），且将有 25% 的有机化学品和 20% 的化石燃料由生物基化学品取代。

据 Synthetic biology，2009 年以来，合成生物行业进入快速发展期，诸多传统化工和新兴企业均展开了合成生物领域的布局，合成生物技术企业全球融资规模不断扩张，2021 年创下约 180 亿美元的融资金额纪录。近年来合成生物产业各细分市场维持高增速水平，据 CB Insights 预计，2020-2024 年合成生物学市场规模年复合增长率将达到 28.8%，2024 年全球合成生物学市场规模有望达到约 189 亿美元。

合成生物两大核心要素：基因编辑+工程化能力

合成生物学技术体系中，DNA 合成、生物元件的开发是基础，其中低成本高效 DNA 合成以及基因编辑技术是最核心的使能技术。过去数年，DNA 合成技术在合成长度、合成通

量等方面不断进步，目前寡核苷酸链合成通量可达到百万条级，合成成本降低约 3 个数量级。基因编辑技术方面，2012

年开始科学家利用 CRISPR/Cas 可编程和精准切割等特点陆续发展了一系列基因组编辑工具，由于其方便、快捷、高效、成本低、难度小等特点，为动植物和微生物基因组编辑提供了强有力的工具，2020 年诺贝尔化学奖专门授予了从事 CRISPR/Cas9 基因编辑技术研究的两位科学家，CRISPR/Cas9 基因编辑技术被认为是 21 世纪以来生物技术方面最重要的突破，有效地促进了合成生物学的发展。

从未来趋势看，高效低成本 DNA 合成技术依然是驱动合成生物技术进步的重要因素。柱式寡核苷酸化学合成仍是目前多种商用自动化 DNA 合成仪采用的主要方法，但存在反应效率较低、高纯度的引物合成困难等问题；芯片合成技术可一定程度上实现更高通量、低成本的 DNA 合成，但由于合成过程在非常小的芯片位点上完成，合成通量进一步提升较为困难。近年来，生物酶催化的 DNA 合成技术成为新的热门研究领域，其中基于 TdT 末端转移酶的理论模型认为，利用 TdT 末端转移酶碱基聚合反应，能够实现不依赖于模板的长片段人工 DNA 的合成。目前包括美国、法国、英国等在内的多个国家的企业已专注于酶法 DNA 技术开发，酶法合成技术进步有望在未来继续引领 DNA 合成及合成生物学的发展。

基于基因编辑和 DNA 合成的能力，对于大肠杆菌等特定菌种体内、特定化合物代谢路径（基

因片段)的改造和调控,则是合成生物技术实现高转化率、高选择性和低成本生产特定化合物的关键要素。以华恒生物的丙氨酸为例,通过将L-丙氨酸脱氢酶基因引入大肠杆菌,L-丙氨酸脱氢酶能够将丙酮酸转化为L-丙氨酸,同时消耗一个NADH(还原型辅酶I);为阻止葡萄糖代谢过程中转化为其他产物,需设计敲除丙酮酸竞争途径基因,包括乳酸脱氢酶基因、丙酮酸甲酸裂解酶基因、乙醇脱氢酶基因、乙醛缩酶基因、富马酸还原酶基因等,同时需敲除L-丙氨酸降解途径基因(丙氨酸消旋酶),后续经过对初代菌种代谢路径等的设计和优化,公司发酵法L-丙氨酸技术持续进步,据公司招股说明书,其厌氧发酵法丙氨酸成本较同行业酶法等技术低50%。L-丙氨酸系华恒生物上市前最主要的盈利来源,而上市后L-缬氨酸的成功放量,成为支撑公司业绩持续增长的重要因素。



远期而言，合成生物的本质是对于生物体内基因“转录-翻译-加工（DNA-RNA-蛋白质）”

远期而言，合成生物的本质是对于生物体内基因“转录-翻译-加工（DNA-RNA-蛋白质）”

过程的学习、计算和重构，理论上借助对 DNA 结构中 A、G、C、T 四种碱基的重新组合、设计和重构，同时借助计算机辅助学习和计算，能够构建“设计-构建-测试-学习”闭环，大幅提升物质合成的准确性和效率以及降低成本。

随着理论研究和底层技术进步，全球合成生物领域企业发展迅速。从产业链看，上游包括 DNA 设计与合成等底层技术与应用支持企业，如 Agilent、Twist、Illumina、华大基因和蓝晶微生物等；中下游涉及不同应用领域的设计、产品研发和生产企业，如医药领域 Sangamo、Antheia、博雅辑因等，化工领域 Zymogen、凯赛生物、华恒生物、梅花生物、阜丰集团、星湖科技等；部分企业则初步具备系统性平台和产品研发等综合能力，如 Twist、蓝晶微生物等。目前来看，合成生物属于全球性新兴领域，国内企业依托自主研发及政策支持，有望在早期即具备一定优势，据 CB Insights 发布的 2020 年全球值得关注的 50 家合成生物学企业，国内企业占据 9 席。

合成生物有望助力氨基酸行业降本，小品种氨基酸规模化应用或逐步开启

虽然合成生物下游应用涉及医药、化工、农业、食品和能源环境等诸多领域，但目前多数

领域技术壁垒仍较高，或相关领域产品市场空间较小，企业布局相关产品的成长性容易受到产品市场空间上限的限制。我们认为在目前全球合成生物产业仍处于发展初期的阶段，企业针对性地布局一些大单品（现有市场规模较大或潜在规模较大），或更有利于打开成长天花板，其中代表性产品即包括（小品种）氨基酸，受益于豆粕减量替代，其中较多品种的（潜在）市场空间有望在百万吨级以上规模。

据 IEA Bioenergy，利用生物基化学品来替代传统石油化工品，二氧化碳减排效果良好，在监测的乙酸、丙烯酸、己内酰胺等 13 种物质中，每吨生物基化学品可减少 1.2-5.2t 的 CO₂ 排放，其中生物基己内酰胺单吨二氧化碳减排量可达到 5.2t。据经合组织（OECD）预计，全球有超过 4 亿美元的化工过程相关产品，在碳中和背景下，预计至 2030 年将至少有 20% 的石化产品可由生物基产品替代，而 2019 年替代率不到 5%，未来发展空间较大。

通过合成生物技术生产基础化工品，若能够实现合成生物法的成本低于甚至显著低于传统化学法，有望带来相应化工品市场规模的指数级增长。以 PX/PTA 及聚酯生产环节的发展为例，过去数十年产业链整体成本的下滑促使聚酯产品的价格中枢下移，而依靠优良的物理化学特性及可塑性，聚酯产品的应用空间亦持续扩大。

整体而言，我们认为合成生物对于氨基酸行业而言：一方面，目前合成生物技术在基因编辑和代谢路径调控、工业化放大、产物分离等方面技术发展仍处于相对早期，而多数产品应用于下游领域时，通常要求产品纯度较高，但氨基酸和农药等产品相对特殊，由于下游系养殖和农业等领域，下游对发酵副产物的要求往往不如工业化工品苛刻，例如氨基酸中含有的菌体蛋白和淀粉等杂质亦可被动物吸收，因此阶段性而言，在合成生物技术发展早期，氨基酸、农药等对分离等技术要求相对更低的板块或成为合成生物领域更早孕育出工业化产品的领域。

另一方面，对于大品种氨基酸，如赖氨酸、苏氨酸、蛋氨酸等，有望依托合成生物技术进一步降低生产成本，助力产品盈利空间进一步扩张；更重要的是，对于缬氨酸、色氨酸、精氨酸和异亮氨酸等一些小品种的氨基酸，由于传统化工法或者酶法等生产工艺成本高企，导致产品价格较高，限制了其作为饲料氨基酸配方的使用，导致目前产品市场规模显著低于赖氨酸、苏氨酸和蛋氨酸等成本和价格较低的品种。我们认为合成生物技术为降低氨基酸的生产成本和价格提供了新思路，若行业企业通过合成生物技术实现产品更低成本的生产，未来有望驱动缬氨酸、色氨酸、精氨酸和异亮氨酸等小品种氨基酸需求的快速扩张，进而打开市场增长的天花板。

大品种氨基酸：供需有望共振，盈利中枢或上行

氨基酸出口占比较高，海外需求较好支撑产品景气

根据我们的测算，18-22 年国内赖氨酸、苏氨酸、蛋氨酸直接出口占比均值分别约为 32%、62%和 22%，相较于多种化工品而言（参考研究于 2023 年 7 月 16 日发布的研报《出口需求或成为本轮化工复苏的基础》），大品种氨基酸属于直接出口占比相对较高的品种，主要系海外养殖体系相对国内而言更为成熟，对于低蛋白日粮饲料技术的使用亦更为广泛，因此阶段性而言，出口端景气也成为支撑氨基酸需求的重要因素之一。

据海关总署，23 年国内赖氨酸、苏氨酸出口量 96 万吨和 57 万吨，同比均增长 4%左右，而 24Q1 分别出口约 28 万吨和 18.5 万吨，同比分别增长约 32%和 45%，海外需求整体保持强劲。从出口去向来看，23 年中国赖氨酸、苏氨酸出口相对分散，包括欧美、日韩和东南亚等多个国家和地区均从中国进口赖氨酸和苏氨酸。蛋氨酸方面，由于国内企业布局相对较晚等因素，早期国内蛋氨酸以进口为主，而近年伴随新和成、安迪苏等企业逐步实现规模化生产，进口依存度逐渐下滑，出口则整体保持增长，24Q1 国内出口已超过进口。

猪周期有望反转，未来猪价有望回升驱动存栏复苏并带动氨基酸需求

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。
如要下载或阅读全文，请访问：

<https://d.book118.com/147026131006006116>