

合成生物学系列报告一：面向未来的行业



行业评级	看好 中性 看淡 (维持)
国家/地区	中国
行业	基础化工行业
报告发布日期	2021年07月30日

报告起因

合成生物学是面向未来的行业，是实现可持续发展和碳中和目标的重要基石。虽然目前合成生物学在总生产规模中占比很小，但已经进入快速发展期，未来甚至可能颠覆许多现有行业，非常值得关注。具体如下：

核心观点

- **合成生物学是多学科发展的结晶：**“合成生物学”概念最早在 1910 年就被提出，但直到 2000 年美国科学家开发了遗传开关，才标志着现代合成生物学的出现，该成果是生物学、化学、物理、数学和计算机科学等学科发展的结晶。具体讲是基因测序、基因编辑和基因合成技术的发展为生物元件的合成与组装提供了基础。我们认为，在技术工具实现了突破之后，下面就是探索如何将技术与应用场景相结合，开发更多的生化反应路径，以拓展生物法生产的化学品种类。
- **合成生物学从随机走向理性设计：**过去生物发酵获得新菌种主要依靠诱变育种，这项技术的本质是制造随机突变后进行筛选，是一种“以劳力换效果”的非理性策略，效率低下。而随着以合成生物学为指导的代谢工程的出现，使得菌种设计从随机走向理性/半理性，大大提高了效率。未来若能建立起“序列-结构-功能”间的对应关系，则可实现全基因组层级定制化设计菌种，进一步提升开发新菌种的效率，提升菌种的性能。
- **市场空间广阔，产业资本助力发展：**麦肯锡认为全球 60%的产品可以用生物法生产，未来 10-20 年与材料、化学品和能源相关的合成生物学市场预计拥有 2000-3000 亿美元的空间。广阔的市场空间也吸引了大量的产业资本，自 2015 年起合成生物学方面的投资开始加速，2020 年全球合成生物学企业融资高达 78 亿美元，再创新高。产业资本有望加速合成生物学产业化的进程。一级市场上，国内的恩和生物、蓝晶微生物、弈柯莱生物、瑞德林生物、迪赢生物等企业获得了高瓴、淡马锡、巴斯夫创投等知名机构的关注。

行业表现



资料来源：WIND、东方证券研究所

证券分析师 倪吉
021-63325888*7504
niji@orientsec.com.cn
执业证书编号：S0860517120003

联系人 袁帅
yuanshuai@orientsec.com.cn

投资建议与投资标的

- 合成生物学已实现了菌种改造从非理性向理性/半理性的转变，研发效率大幅提升，研发成本大幅下降。同时，产业资本对该领域的投资进入高速增长期，未来有望进入产业化应用的爆发期。建议关注生物基尼龙领域的凯赛生物(688065, 未评级)和发酵法氨基酸生产企业华恒生物(688639, 未评级)的投资机会。

风险提示

- 技术进步不及预期；生物安全风险；生物法生产化学品对化学法生产化学品的替代不及预期；技术泄密风险。

东方证券股份有限公司经相关主管机关核准具备证券投资咨询业务资格，据此开展发布证券研究报告业务。

东方证券股份有限公司及其关联机构在法律许可的范围内正在或将要与本研究报告所分析的企业发展业务关系。因此，投资者应当考虑到本公司可能存在对报告的客观性产生影响的利益冲突，不应视本证券研究报告为作出投资决策的唯一因素。

有关分析师的申明，见本报告最后部分。其他重要信息披露见分析师申明之后部分，或请与您的投资代表联系。并请阅读本证券研究报告最后一页的免责申明。

目 录

1. 合成生物学是什么	4
1.1 合成生物学制造化学品	4
1.2 合成生物学为何出现突破.....	5
2. 合成生物学制造化学品的理论优势.....	8
3. 合成生物学从随机走向理性设计	9
4. 市场空间广阔，产业资本助力发展.....	11
5. 投资建议	13
6. 风险提示	14

图表目录

图 1：合成生物学制造化学品步骤	4
图 2：基因测序成本变化情况	6
图 3：基因测序测序速度变化情况	6
图 4：基因编辑技术发展历程	7
图 5：基因合成技术示意图	8
图 6：催化剂对反应活化能的影响	8
图 7：酶的专一性强	8
图 8：新酶的设计策略	9
图 9：细胞工厂设计和构建发展历程及未来展望	10
图 10：微生物细胞工厂设计和构建策略效率及性能对比	10
图 11：酶的定向进化改进方案	11
图 12：合成生物学相关应用的市场空间	12
图 13：历年来合成生物学企业的融资情况	12
图 14：2020 年全球合成生物学领域融资额最大的 15 家企业	12
表 1：三代基因测序技术对比	5
表 2：三代基因编辑技术对比	6
表 3：历代基因合成技术对比	7
表 4：主要合成生物学企业融资情况（不含医药企业）	13

1. 合成生物学是什么

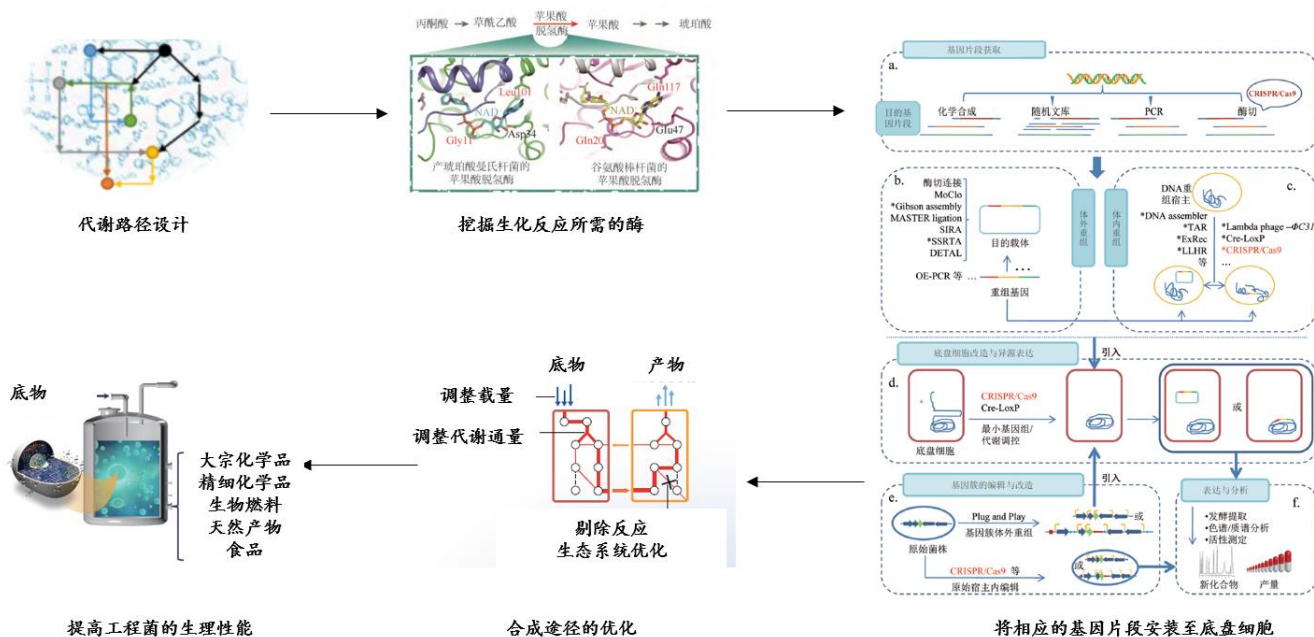
“合成生物学”的概念最早在 1910 年就被提出，但直到 2000 年美国科学家开发了遗传开关，才标志着现代合成生物学的开端。合成生物学是横跨生物学、化学、物理、数学和计算机等等多个领域的学科，只有在这些领域都达到一定高度之后，合成生物学才获得了近些年突破和发展的机会。在这个时点我们认为值得关注合成生物学主要有三个原因：

- 一、在全球维度的碳中和目标下，使用可持续原料替代不可持续原料是大势所趋，理想的结果是在保持材料性能的同时减少原料的碳排放。合成生物学能够实现将生物质这样的复杂原料转化为各种基础化工原料的过程，可以说是化工行业实现双碳目标的终极手段。
- 二、在许多结构复杂的产品上，合成生物学已经成为主流生产方式。而随着技术持续进步，合成生物学的成本优势在不断向上游渗透，在一些低碳小分子化工品上也开始展露出竞争力，未来有可能颠覆现有的石化生产路线。
- 三、受益于基因测序、编辑、合成等技术的突破，合成生物学可能已经跨过了行业发展的奇点，后续的发展速度有望远超过去的线性增长，在原料选择、产品广度、生产成本上都可能出现飞跃式的提升。

1.1 合成生物学制造化学品

合成生物学制造化学品的步骤如下：1.设计代谢路径；2.找到各步生化反应所需的酶；3.将所需酶对应的基因片段组装至底盘细胞，实现代谢路径的创建；4.对人工代谢途径进行优化，实现多个酶的协同平衡；5.提高人工细胞的生理性能，使其满足工业化生产的要求。

图 1：合成生物学制造化学品步骤



数据来源：根据中国知网整理，东方证券研究所

与传统的化学合成相比，合成生物学生产化学品有以下几点优势：1.原材料具有可再生性：传统化学合成的原料主要来自石油和煤炭等化石能源，而合成生物学所用的原材料以生物质为主，具有数量巨大、价格低廉、可实现碳循环等特点。2.环境友好：传统化工过程中的“三废”污染严重，合成生物学则是一种绿色制造方式。3.安全性高：安全性高体现在两个方面，一是生产过程通常在常温常压下进行，反应安全，条件简单。二是生物法产品具有食品安全性，化工合成过程中常有重金属和有机溶剂残留，而生物法可以克服这一问题。

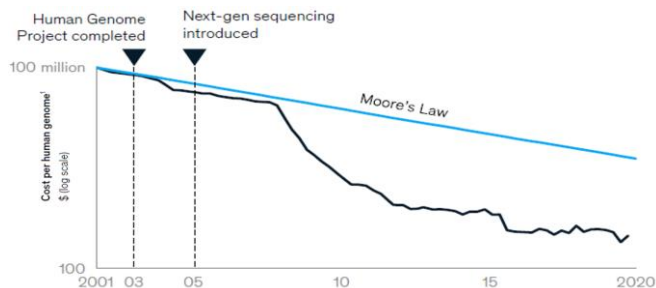
1.2 合成生物学为何出现突破

基因测序、基因编辑和基因合成技术的进步是合成生物学近年来能够取得突破的关键。目前已有三代基因测序技术，第一代技术读长较长，但通量低；第二代技术通量高但读长短；第三代技术通量更高，读长也 longer，但准确率较低。当前主流的测序技术仍是第二代技术。第二代技术自身在不断改进，使得成本大幅下降。举例说明，2003年绘制人类基因组图谱的花费约30亿美元，2019年仅需花费不到1000美元，未来十年甚至更短的时间内，成本可能会降到100美元以下。成本下降使得大规模测序得以推广，同时积累了大量的生物数据，以便科学家更好的理解生物学。

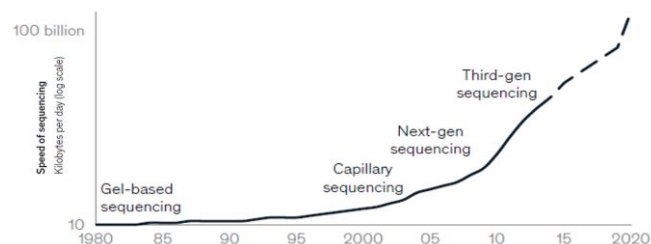
表 1：三代基因测序技术对比

代际	代表公司	测序平台	测序原理	读长 (碱基数)	通量	准确率	优点	缺点
第一代	Thermo	ABI/LIFE	Sanger 测序法	400-900bp	0.2Mb/run	>99%	读长较长，准确率高，很好处理重复序列和多聚序列	通量小，测序成本较高，难以做大量平行测序
	Fisher	3130/3500/3730						
	Beckman	GeXP 遗传分析系统	Sanger 测序法	600-1000bp	低	>99%		
第二代	Illumina	Hiseq	可逆末端终止法	50-1500bp (*2)	750-1500Gb/run	>99%	通量很高	仪器昂贵
	Thermo	SOLID	连接法测序法	50bp	30-50Gb/run	>99%	通量高，试剂成本最低	测序时间长，读长短，成本高，数据
	Fisher						低	分析困难，碱基拼接困难
	Roche	Roche 454	焦磷酸测序法	200-600bp	0.45Gb/run	>99%	第二代中最高读长	碱基多聚区域，试剂冲洗带来错误
第三代	PACBIO	PacBio RS	DNA 单分子测序/ 半导体测序	1000-10000bp	0.5-9Gb/run	<90%	超长读长	准确性一次性达标的机会低；DNA聚合酶在阵列中降解；仪器昂贵
	NANOPORE	Oxford Nanopore	纳米孔测序	平均读长 5400bp,	30-400bp/秒	<90%	高读长	准确率低
		Minlon		最长 300kb				

资料来源：36 氪，东方证券研究所

图 2：基因测序成本变化情况


资料来源：麦肯锡，东方证券研究所

图 3：基因测序测序速度变化情况


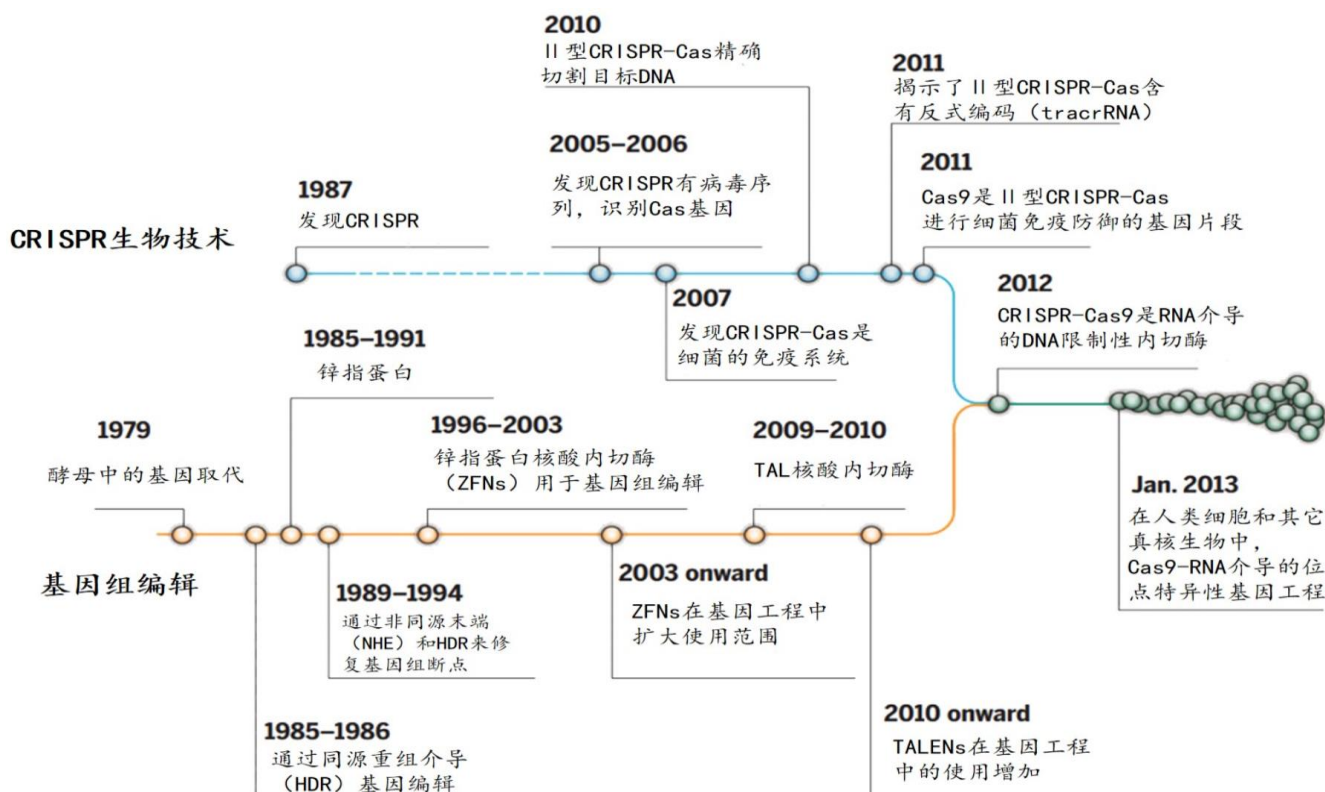
资料来源：麦肯锡，东方证券研究所

基因编辑技术也分为三代，分别为 ZFN、TALEN 和 CRISPR/Cas9。前两代技术采用的是蛋白质-DNA 的识别模式，导致切割位点有较高的特异性，无法随心所欲的选择切割位点。第三代 CRISPR/Cas9 则采用的是 RNA-DNA 的识别模式，切割位点的选择上更加广泛。此外，第一代基因编辑技术 ZFN 还存在构建难度大和易于脱靶的问题，第二代基因编辑技术 TALEN 虽很大程度上避免了脱靶，但操作过程相当繁琐。CRISPR/Cas9 技术则具有操作简便，周期短，成本低，调控方式多样化的优点。2020 年诺贝尔化学奖就颁给了两位从事 CRISPR/Cas9 技术研究的科学家，也从侧面反映出该技术的突破性。

表 2：三代基因编辑技术对比

	ZFN	TALEN	CRISPR/Cas9
识别模式	蛋白质-DNA	蛋白质-DNA	RNA-DNA
识别长度	(3-6) × 3 × 2bp	(12-20) × 2bp	20bp
识别序列特点	以 3bp 为单位	5'前一位为 T	3'序列为 NGG
特异性	较高	较高	一般
构建难易	难度大	较容易	容易
细胞毒性	大	较小	小
靶向序列	>18bp	>30bp	23bp
切割类型	双链断裂：单链缺刻	双链断裂：单列缺刻	双链断裂：单链缺刻
技术难度	困难	较容易	非常容易
脱靶效应	高	低	高

资料来源：公开资料整理，东方证券研究所

图 4：基因编辑技术发展历程


数据来源：Science，东方证券研究所

基因合成技术最开始只能合成单链寡核苷酸，直到 1970 年后才逐步开始合成双链的 DNA，而后能够合成基因组，复杂程度逐步提升。科学家开发了一系列寡核苷酸的化学合成法，包括磷酸二酯法、磷酸三酯法、亚磷酸三酯法、亚磷酸酰胺法等，其中的亚磷酸酰胺法被广泛应用于商业化的自动化设备中。寡核苷酸化学合成法自身在不断进步，发展出芯片合成技术和超高通量芯片合成技术，这两项技术提升了寡核苷酸的合成效率，一次性能够合成多达十万条寡核苷酸，成本仅是最初柱合成技术的 1/10000 到 1/100。再后来，合成生物学的发展对基因合成提出了更高的要求，寡核苷酸化学合成法存在合成长度太短，拼装过程耗时耗力，合成工艺要求高，过程中产生大量的污染性有机化学废弃物等问题，因此，出现了酶促合成技术，该技术作用条件温和，对 DNA 损伤较小，合成准确性高，副产物少，合成长度更长，是一项有潜力的技术。

表 3：历代基因合成技术对比

	柱合成技术		芯片合成技术		超高通量芯片合成技术	酶促合成技术
技术原理	亚磷酸酰胺合成法	喷墨法	光化学法	电化学法	半导体结合电化学法	微阵列法、酵母体内 DNA 合成法、连接介导 DNA 合成法
技术特点	成本高、通量小、错误率低	较高品质、引物长	品质一般、引物短	较高品质、引物长	成本低、高品质、超高通量	微阵列法：技术通量及成本优势、试剂消耗量少；酵母体内 DNA 合成法：实现体

有关分析师的申明，见本报告最后部分。其他重要信息披露见分析师申明之后部分，或请与您的投资代表联系。并请阅读本证券研究报告最后一页的免责申明。

内合成；连接介导 DNA 合成法：简单易用，DNA 突变率较低

发展限制因素 合成成本高；合成的仪器开发难 高技术门槛和专利门槛 技术成熟度低

资料来源：中国医疗网，东方证券研究所

图 5：基因合成技术示意图

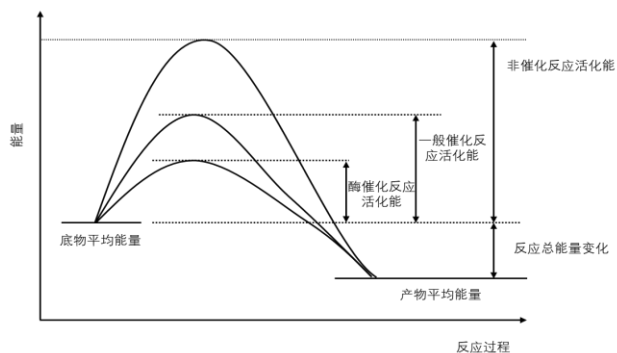


数据来源：中国医疗网，东方证券研究所

2. 合成生物学制造化学品的理论优势

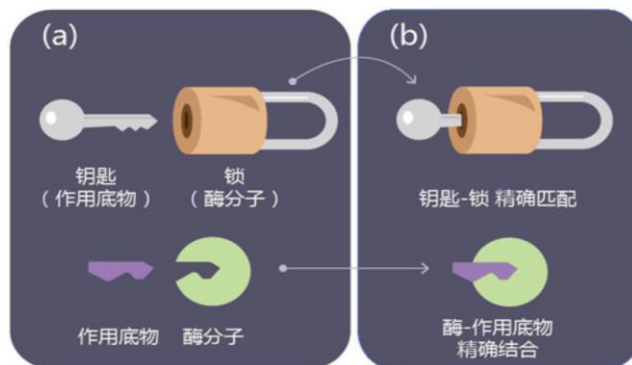
合成生物学制造化学品本质是利用一系列的生化反应合成目标化学品。生化反应采用酶做催化剂，相较于普通化学反应的催化剂，酶具有效率高、产率高、专一性强、反应条件温和等特点。催化效率方面，酶的催化效率比非催化反应高 10^{8-20} 倍，比非酶催化反应高 10^{7-13} 倍，其原因在于酶能够更大程度的降低反应活化能。专一性方面，大部分酶具有绝对专一性，只能作用于一种底物，产物也只有一种，几乎不发生副反应，这就使得酶反应非常适合用在手性物质的合成过程中。反应条件方面，酶反应通常在常温常压条件下进行，可节约能耗。

图 6：催化剂对反应活化能的影响



资料来源：CNKI，东方证券研究所

图 7：酶的专一性强

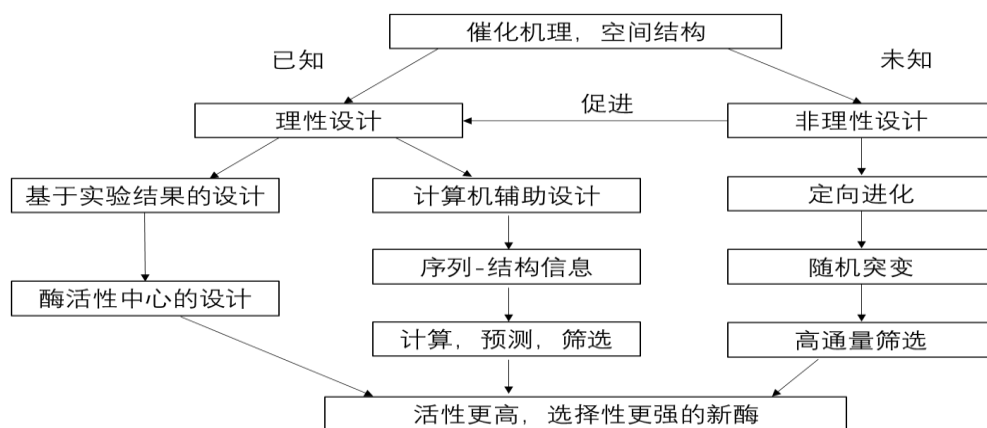


资料来源：新浪网，东方证券研究所

当前限制酶反应大规模应用的原因有两点：1.自然界中现成的高效酶太少；2.酶在恶劣环境下容易失活。合成生物学则有潜力解决这两个问题，它能够从自然界中大规模挖掘新的酶蛋白元件，为开

发新酶提供元件。而当一个新酶设计出后，意味着打通了一条自然界中原本不存在的生化反应，为代谢路径的设计提供了更多选择，也将拓展生物法制造化学品的种类。针对第二个问题，现在的技术会通过定向进化的方式，得到活性更高，耐受性更强的新酶。

图 8：新酶的设计策略



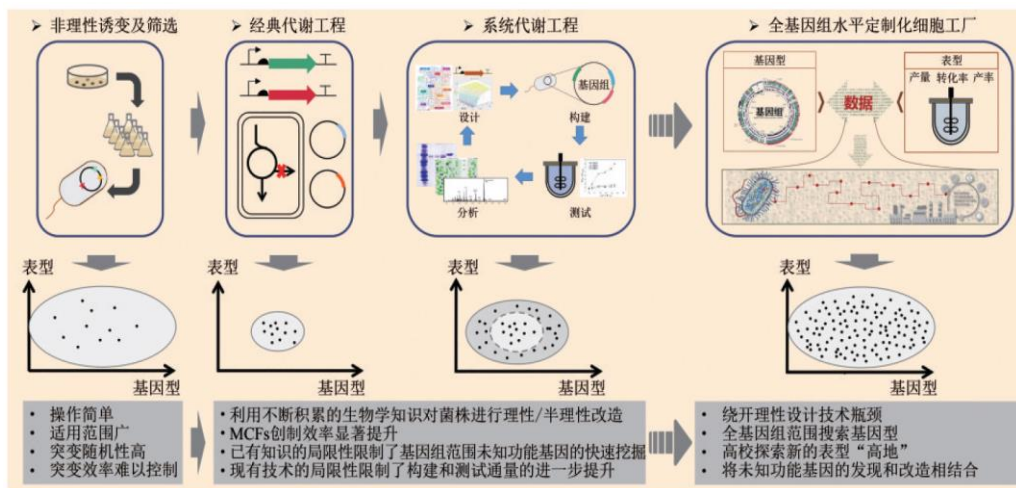
资料来源：《酶的理性设计》，东方证券研究所

我们认为，利用酶做催化剂生产化学品是困难但天花板更高的一条路线，突破后可能对化学合成法形成替代。例如人体所需的八大氨基酸中，目前除蛋氨酸外，其他 7 种氨基酸的主流生产工艺均为生物发酵法，化学合成法不再具备竞争力。再比如维生素中 VC、VB2、VB12 等产品也实现了生物发酵法对化学合成法的替代。这都表明了酶做催化剂的潜力。随着合成生物学的发展，酶作为催化剂的缺点将会逐步得到解决，而它理论上的优势则会慢慢突显出来。

3. 合成生物学从随机走向理性设计

过去获得新菌种主要依靠诱变育种，这项技术本质上是制造大量随机突变后进行筛选，是一种“以劳力换效果”的非理性策略，这也是科学家在缺少对生物学理解时的无奈之举。在积累了一定的生物学知识后，逐步发展出了经典代谢工程和系统代谢工程，这两种策略依赖现有的生物学理论，对已知功能的基因片段进行理性/半理性的改造。相比随机突变，理性/半理性设计大大提高了开发菌种的效率。

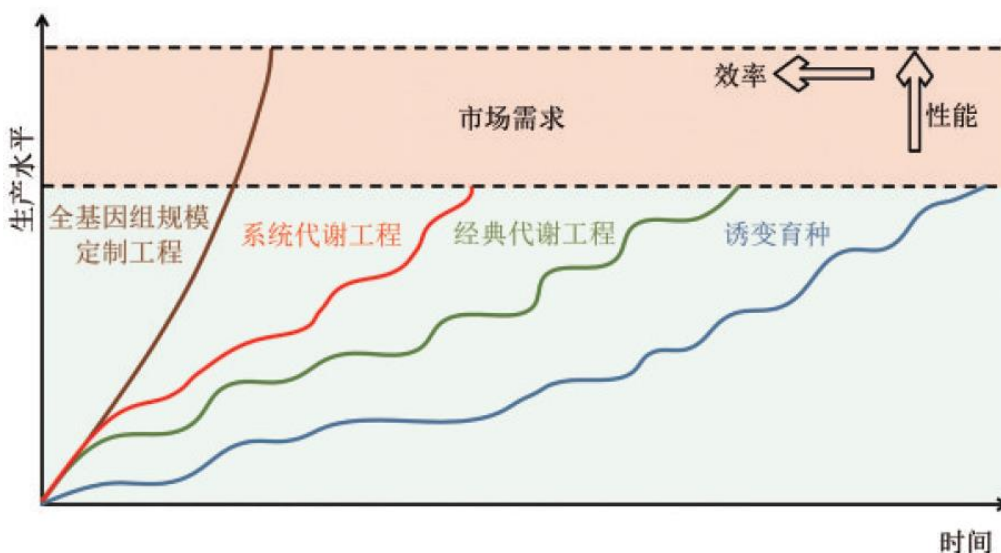
图 9：细胞工厂设计和构建发展历程及未来展望



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

当下由于对基因组中功能未知的“生命暗物质”的理解不够，还未能建立起完整的“序列-结构-功能”间的对应关系，也就阻碍了全基因组层面定制细胞工厂的实现。但随着数据科学的发展，基因测序技术提供了海量的基因组信息，利用大量的生物学数据，有望建立起“序列-功能”的黑箱模型，从而绕开现有理论的知识瓶颈，实现全基因组层面的细胞工程设计，有望将菌种的性能提升到系统代谢工程与经典代谢工程无法达到的水平。

图 10：微生物细胞工厂设计和构建策略效率及性能对比



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

同样从非理性走向理性的还有新酶的开发过程。常规的新酶开发主要是通过酶的定向进化技术，该技术在实验室模拟达尔文进化过程，通过随机突变和重组，认为制造大量突变，然后按照特定需求和目的给予选择压力，筛选出具有期望特性的新酶。2018 年的诺贝尔化学奖就授予该技术，以表

彰该技术的贡献，但该技术仍然需要大量的筛选。近几年酶改造策略的改进方向就是运用生物信息学积累的海量数据，建立“序列-功能”的关系，利用计算机辅助设计以达到减少高通量筛选的实验次数，从而提高研发效率。

图 11：酶的定向进化改进方案

	传统定向进化	基于序列和结构的定向进化	联合方法综合型定向进化
特征	<ul style="list-style-type: none"> • 通常用$\geq 4x$ 易错PCR • 通常每轮1-3个突变 • 一般1000-2000个克隆/轮 • 基本上6-12个突变 • 通常无法解释每个氨基酸取代的作用 • 大部分有益突变无法覆盖 	<ul style="list-style-type: none"> • 利用序列和结构信息以及结构与功能关系设计 • 利用计算机预测算法做初步筛选 • 聚焦小型突变库（4-50个位点） • 缩短开发时间，提高效率 	<ul style="list-style-type: none"> • 通过数轮建库和筛选，找到潜在有益突变点 • 对有益突变点进行饱和突变，发现更多有益取代 • 减少高通量筛选实验量 • 对提升性能分子作用有深入理解

资料来源：搜狐网，东方证券研究所

从随机走向理性设计大大提升了研发效率，降低了研发成本。使新菌种、新酶的开发从原先漫无目的的碰运气式的研发发展到有理论指导的有针对性的研发。因此我们认为合成生物学的产业化有望进入快速发展期。

4. 市场空间广阔，产业资本助力发展

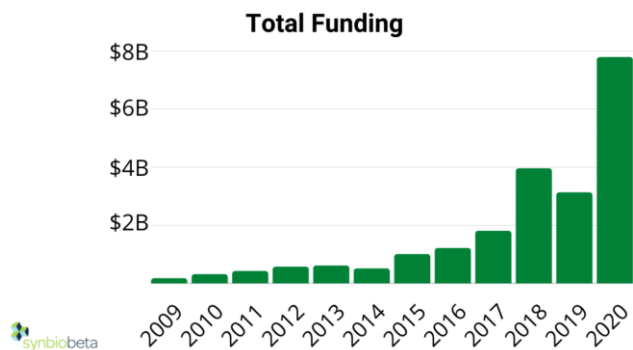
根据麦肯锡的数据，原则上全球 60%的产品可以采用生物法进行生产。其中 1/3 是原本就从自然界中提取的物质，而合成生物学改变了他们的生产方式。例如，角鲨烯是一种护肤品保湿剂，传统上来自鲨鱼肝油，合成生物学已通过改造酵母菌实现了角鲨烯的发酵生产。另外 2/3 来自对传统化学合成法的替代，例如生物基尼龙。预计未来 10-20 年与材料、化学品和能源相关的合成生物学市场将拥有 2000-3000 亿美元的空间。

图 12：合成生物学相关应用的市场空间

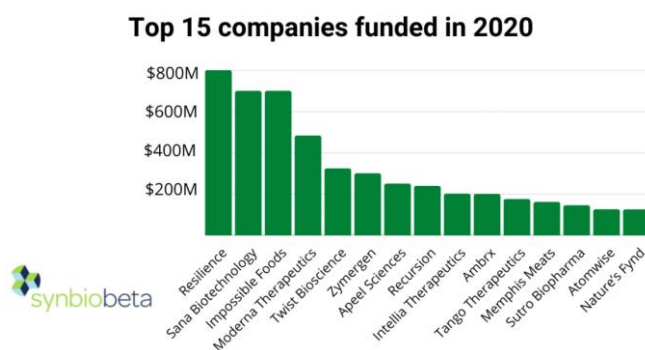
领域与案例	创新领域	转化能力	年度潜在直接经济影响 (2030-40) 万亿美元 (占总影响百分比)	溢出到上游、下游和辅助部门 (案例)	价值链转变并调整业务战略 (案例)
人类健康和性能  子孙后代的健康改善 基因驱动减少媒介传播疾病 基于细胞、基因、RNA 的疾病预防、诊断和治疗 药物开发和交付的改善	生物分子 生物系统 生物机器界面	控制和精准度提高 改造和重编程人类和非人类生物的能力增强 研发通量和产量增加 生物系统和计算机之间接口的潜力越来越大	人类健康和性能 0.5-1.3 (35%)	健康保险 (更好地风险预测和治疗效果) 辅助服务 (存储和移动的细胞疗法基础设施)	即时诊断的推广 (如囊性纤维化的基因测序) 或将分散护理 制药公司会适应治愈而不是一直在治疗的商业模式
农业、水产养殖和食品  动植物的选择性育种 植物的 CRISPR 基因工程化 植物基蛋白质和实验室培养肉肉的增加 微生物数据帮助优化农业投入	生物分子 生物系统	利用生物手段的物质投入 控制和精准度提高 改造和重编程人类和非人类生物的能力增强 研发通量和产量增加	农业、水产养殖和食品 0.8-1.2 (36%)	食品零售和饭店 (有新特性的食品, 植物基蛋白质和培养的蛋白质) 房地产 (更有效的农业和实验室培养肉减少了土地使用) 运输和物流会调整以生产具有新特性的产品 (更长保质期) 环境 (碳足迹较小的肉类生产)	肉类价值链将从饲养、喂养、屠宰、加工、分配, 转变为组织采样、培养基生产、活细胞培养产生肉 整合价值链, 单个参与者可以在其中做很多步骤 出现销售收益目标的商业模式, 进而替代种子或农药包装等产品
消费品和服务  DTC 基因测试 基于微生物的美容产品 基因工程化的宠物 基于组学数据的个性化健康、营养和健身服务	生物分子 生物系统 生物机器界面	控制和精准度提高 生物系统和计算机之间接口的潜力越来越大	消费品和服务 0.2-0.8 (19%)	健康保险 (基于消费者 DTC 基因测试更好地预测风险) 食品 (个性化饮食计划驱动需求变化) 医疗保健 (DTC 测试需要遗传顾问更多的支持)	价值链向上移动 (DTC 测试公司开发临床产品和服务) 数字货币的新途径 (出于研发目的将消费者数据出售给制药公司)
材料、化学品和能源  为织物和燃料开发新的生物线路 改进现有工业酶发酵工艺 开发新型材料, 例如生物聚合物 利用微生物提取原料	生物分子 生物系统	利用生物手段的物质投入 改造和重编程人类和非人类生物的能力增强 研发通量和产量增加	材料、化学品和能源 0.2-0.3 (8%)	时装和化妆品 (可持续更高的材料, 如有微生物而非石油化学材料制成的尼龙) 电子 (基于生物的光学显示器) 消费者 (可以改善消费者生活质量的新颖材料)	价值链压缩 (设计、制造、定制都在同一地方完成) 基于平台的公司成立, 为各行各业提供服务

数据来源: 麦肯锡, 东方证券研究所

2015 年后合成生物学领域的投资大幅增加, 根据 SynbioBeta 的统计, 2020 年全球合成生物学企业融资高达 78 亿美元, 再创新高。但需要注意的, 融资额最高的 15 家企业中除 Zymergen 是利用合成生物学生产化学品的, 其余企业则要么是生物技术公司, 要么下游专注于医药和食品领域。我们认为这是由于资本会先选择附加值高的子行业投资, 附加值高的子行业再反哺技术的发展, 降低技术的成本, 最后该技术再会被用在附加值相对较低的子行业。

图 13：历年来合成生物学企业的融资情况


资料来源: SynbioBeta, 东方证券研究所

图 14：2020 年全球合成生物学领域融资额最大的 15 家企业


资料来源: SynbioBeta, 东方证券研究所

仅看化学品与材料领域的合成生物学企业, 它们可大致分为三类: 1. 生物体设计与自动化平台型公司, 这类公司通过构建合成生物学底层的软件、硬件和解决方案, 再将业务拓展至应用层面。2. 提

供赋能技术型公司，这类公司提供基因合成、基因测序和基因编辑等服务。3.产品层应用公司，这类公司利用工程菌生产化学品。从近两年的融资来看，前两类公司更受一级市场青睐，如国内的恩和生物、蓝晶微生物、弈柯莱生物、瑞德林生物、迪赢生物等企业获得了高瓴、淡马锡、巴斯夫创投等知名机构的关注。

表 4：主要合成生物学企业融资情况（不含医药企业）

分类	代表公司	业务/产品	融资情况
生物体设计与自动化平台型公司	Ginkgo Bioworks	1.提供赋能技术：DNA 合成、测序、基因编辑，生物学等；2.设计合成生物元件和集成系统；3.产品层：医药、工业化学品、生物燃料、农业等	7 轮融资 7.97 亿美元，2021 年 5 月计划通过 SPAC 公司 Soaring Eagle Acquisition Corp.在纳斯达克上市募集 25 亿美元
	Zymergen	共有 10 种产品开发中，其中电子产品 3 种，含 PI 膜，医疗健康产品 4 种，农业产品 3 种	5 轮融资 8.74 亿美元，现已在纳斯达克上市，估值 34.7 亿美元
	Amyris	通过菌种改造生产 1.甜味剂；2.日化产品	已上市，市值 44 亿美元
	恩和生物	利用合成生物学改造微生物来生产高价值的化合物及医药产品	A 轮融资 1500 万美元，B 轮巴斯夫创投投资，金额未披露
	凯赛生物	生物法长链二元酸，生物基尼龙	已上市，市值 420 亿元
提供赋能技术型公司	蓝晶微生物	生物材料 PHA	A 轮 4000 万人民币，B 轮 2 亿人民币，高瓴领投
	DNA Script	DNA 合成	B 轮获追加 5000 万美元
	Crispr Therapeutics	基因编辑	已在纳斯达克上市，目前 90 亿美元
	泓迅科技	DNA 合成	已从新三板退市
	瑞德林生物	固定化酶催化应用服务商	2020 年完成过亿元 A 轮融资
	迪赢生物	高通量 DNA 合成	2021 年完成近亿元 A 轮融资
	弈柯莱生物	酶工程和基因工程工艺开发企业	2021 年完成 C 轮 3 亿元融资，淡马锡领投
产品层应用公司	Codexis	酶工程、生物催化、大麻素、生物塑料、生物药等	已上市，市值 13 亿美元
	Demetrix	构建细胞工厂生产化学品	完成 A 轮 5000 万美元
	华恒生物	合成生物学生产丙氨酸、缬氨酸	已上市，市值 61 亿元
	森瑞斯生物	设计细胞工厂生产生物药、营养品、新型烟草、化妆品、肥料、饲料等	深创投投资天使轮

资料来源：天眼查、公开资料整理，东方证券研究所

5. 投资建议

合成生物学已实现了菌种改造从非理性向理性/半理性的转变，研发效率大幅提升，研发成本大幅下降。同时，产业资本对该领域的投资进入高速增长期，未来有望进入产业化应用的爆发期。建议关注生物基尼龙领域的凯赛生物(688065，未评级)和发酵法氨基酸生产企业华恒生物(688639，未评级)的投资机会。

6. 风险提示

- 1) 技术进步不及预期：合成生物学技术发展若不及预期将导致其产业化落地进度放慢；
- 2) 生物安全风险：基因编辑编辑出的新基因片段存在污染人类基因组的风险；
- 3) 生物法生产化学品对化学法生产化学品的替代不及预期：在大宗化学品领域，化学合成法技术成熟，规模大，存在生物法替代不及预期的风险；
- 4) 技术泄密风险：菌种的泄密将导致技术扩散，使企业无法获得超额利润。

分析师申明

每位负责撰写本研究报告全部或部分内容的研究分析师在此作以下声明：

分析师在本报告中对所提及的证券或发行人发表的任何建议和观点均准确地反映了其个人对该证券或发行人的看法和判断；分析师薪酬的任何组成部分无论是在过去、现在及将来，均与其在本研究报告中所表述的具体建议或观点无任何直接或间接的关系。

投资评级和相关定义

报告发布日后的 12 个月内的公司的涨跌幅相对同期的上证指数/深证成指的涨跌幅为基准；

公司投资评级的量化标准

买入：相对强于市场基准指数收益率 15%以上；

增持：相对强于市场基准指数收益率 5% ~ 15%；

中性：相对于市场基准指数收益率在-5% ~ +5%之间波动；

减持：相对弱于市场基准指数收益率在-5%以下。

未评级 —— 由于在报告发出之时该股票不在本公司研究覆盖范围内，分析师基于当时对该股票的研究状况，未给予投资评级相关信息。

暂停评级 —— 根据监管制度及本公司相关规定，研究报告发布之时该投资对象可能与本公司存在潜在的利益冲突情形；亦或是研究报告发布当时该股票的价值和价格分析存在重大不确定性，缺乏足够的研究依据支持分析师给出明确投资评级；分析师在上述情况下暂停对该股票给予投资评级等信息，投资者需要注意在此报告发布之前曾给予该股票的投资评级、盈利预测及目标价格等信息不再有效。

行业投资评级的量化标准：

看好：相对强于市场基准指数收益率 5%以上；

中性：相对于市场基准指数收益率在-5% ~ +5%之间波动；

看淡：相对于市场基准指数收益率在-5%以下。

未评级：由于在报告发出之时该行业不在本公司研究覆盖范围内，分析师基于当时对该行业的研究状况，未给予投资评级等相关信息。

暂停评级：由于研究报告发布当时该行业的投资价值分析存在重大不确定性，缺乏足够的研究依据支持分析师给出明确行业投资评级；分析师在上述情况下暂停对该行业给予投资评级信息，投资者需要注意在此报告发布之前曾给予该行业的投资评级信息不再有效。

免责声明

本证券研究报告（以下简称“本报告”）由东方证券股份有限公司（以下简称“本公司”）制作及发布。

收人应当采取必要措施防止本报告被转发给他人。

本报告是基于本公司认为可靠的且目前已公开的信息撰写，本公司力求但不保证该信息的准确性和完整性，客户也不应该认为该信息是准确和完整的。同时，本公司不保证文中观点或陈述不会发生任何变更，在不同时期，本公司可发出与本报告所载资料、意见及推测不一致的证券研究报告。本公司会适时更新我们的研究，但可能会因某些规定而无法做到。除了一些定期出版的证券研究报告之外，绝大多数证券研究报告是在分析师认为适当的时候不定期地发布。

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，也没有考虑到个别客户特殊的投资目标、财务状况或需求。客户应考虑本报告中的任何意见或建议是否符合其特定状况，若有必要应寻求专家意见。本报告所载的资料、工具、意见及推测只提供给客户作参考之用，并非作为或被视为出售或购买证券或其他投资标的的邀请或向人作出邀请。

本报告中提及的投资价格和价值以及这些投资带来的收入可能会波动。过去的表现并不代表未来的表现，未来的回报也无法保证，投资者可能会损失本金。外汇汇率波动有可能对某些投资的价值或价格或来自这一投资的收入产生不良影响。那些涉及期货、期权及其它衍生工具的交易，因其包括重大的市场风险，因此并不适合所有投资者。

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，投资者自主作出投资决策并自行承担投资风险，任何形式的分享证券投资收益或者分担证券投资损失的书面或口头承诺均为无效。

本报告主要以电子版形式分发，间或也会辅以印刷品形式分发，所有报告版权均归本公司所有。未经本公司事先书面协议授权，任何机构或个人不得以任何形式复制、转发或公开传播本报告的全部或部分内容。不得将报告内容作为诉讼、仲裁、传媒所引用之证明或依据，不得用于营利或用于未经允许的其它用途。

经本公司事先书面协议授权刊载或转发的，被授权机构承担相关刊载或者转发责任。不得对本报告进行任何有悖原意的引用、删节和修改。

提示客户及公众投资者慎重使用未经授权刊载或者转发的本公司证券研究报告，慎重使用公众媒体刊载的证券研究报告。

东方证券研究所

地址：上海市中山南路 318 号东方国际金融广场 26 楼

电话：021-63325888

传真：021-63326786

网址：www.dfzq.com.cn