

编者的话

BIANZHEDEHUA

生物制造是未来物质生产重要形式，将会带来重构传统制造业的生产模式、替代传统天然产物的获取方式、颠覆传统农业的种植养殖模式等一系列重大变革。5月22日，省委理论学习中心组召开专题学

习会，围绕“合成生物引领生物制造发展”开展专题学习。中国工程院院士、南京师范大学校长黄和围绕生物制造的发展现状、技术前沿和未来趋势作专题辅导报告，并对辽宁发展生物制造提出意见建议。

合成生物学究竟是什么？它破解了哪些过去难以逾越的难题？辽宁在这一新赛道上拥有哪些独特优势，又该如何抢抓历史机遇？围绕这些话题，本报记者对话黄和。

辽宁打造东北亚合成生物学创新高地正当时

本报记者 张晓丽

对话嘉宾 黄和

中国工程院院士，南京师范大学校长。长期从事发酵与轻工生物技术研究工作，带领团队实现了系列营养化学品的生物制造。

本报记者 查金辉 摄



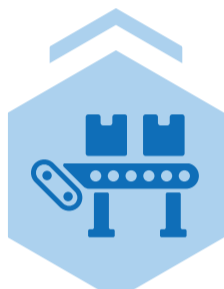
生物质与微生物资源极为丰富



区位与开放通道优势突出



辽宁发展生物制造核心优势



老工业基地产业底蕴扎实



转型升级需求迫切 政府主动布局

合成生物学让“贵族原料”成本大幅下降

记者：黄院士，很多人对“合成生物学”这个词还比较陌生。您能不能通俗地给我们讲讲，它到底是什么？跟咱们以前听说的生物工程、发酵技术有啥不一样？

黄和：我尽量说得简单点。你就想象一下，我们把微生物当成一个个小小的“细胞工厂”，我们可以像电脑编程一样，去设计、改造这些微生物，让它们按照我们的需求，高效、稳定、绿色地生产出我们想要的东西，比如化学品、食品原料、药品中间体，还有营养保健品。

当然，它跟传统的生物工程、发酵有本质的区别。过去那些，更像是“小修小补”——把现有的菌种改一改、优化一下，靠经验、靠一遍遍试。周期长、效率低，还不太可控。合成生物学呢，是从基因层面就重新设计，目标很清晰，路径很明确，效率高、成本低。它是整个生物制造领域最底层的核心技术。

记者：您此次在省委理论学习中心组作的报告主题是“合成生物引领生物制造发展”。合成生物学的研究目前处于什么阶段？在传统制造业领域有哪些典型应用？

黄和：现在全球的合成生物学，已经走过了基础研究的萌芽期，进入了技术集中突破、产业规模落地的关键爆发阶段。它不再是实验室里的“黑科技”，而是真正上了生产线、进了市场，成了国民经济主战场的硬核力量。

在传统制造业里，它的应用几乎是全覆盖的。比如化工领域，可以替代高污染、高能耗、高碳排放的石油化工路线，绿色生产可降解塑料的原料；食品领域，做辅酶Q10、甜味剂、色素；医药领域，简化原料药的生产流程；农业领域，做生物肥料、生物农药、生物饲料。一句话，凡是需要“制造”的地方，合成生物学都有可能把它重新做一遍。

记者：听起来很牛啊！您能不能举几个咱们老百姓日常生活中能碰到的例子？

黄和：当然可以，其实合成生物学早就走进咱们生活了，只是大家没意识到。

比如说，老百姓喝的那些无糖饮料，里面很多用的赤藓糖醇，就是合成生物学的产物。赤藓糖醇的甜度是蔗糖的60%至70%，热值低，人体耐受性和安全性高。以前赤藓糖醇贵得很，一吨要7万块钱，比白糖贵多了，根本没法普及。后来用合成生物学技术改造微生物，用发酵法生产，售价降到了1吨2万块钱。这才有了现在满大街的无糖茶、无糖汽水。

再比如酸味剂。大家知道柠檬酸吧？我们国家生产柠檬酸已经几十年了，产能过剩，企业赚不到钱。而苹果酸是一种更健康的酸味剂，我们团队把生产柠檬酸的黑曲霉给改造了，让它去生产苹果酸，发酵产量接近200克/升，成本不到2万元/吨。现在我们跟国投集团合作，建了一个年产万吨级的苹果酸项目。2024年年底，首批苹果酸产品已经销往

美国。还有“燕窝酸”。天然燕窝自古就被奉为滋补圣品，但传统燕窝消费有局限：以次充好、真假难辨，而且烹制流程烦琐，很多消费者被“劝退”。燕窝酸是天然燕窝中的主要活性成分。用合成生物学技术可以通过枯草芽孢杆菌进行途径重构和发酵优化，生产出的燕窝酸每千克只要3000元，而天然提取的燕窝酸每千克要100万元。合成生物学技术让普通人也消费得起这种“黄金营养素”。

此外，我们日常护肤品里的麦角硫因、透明质酸，保健品中的辅酶Q10，很多都是合成生物学技术的产物。过去这些都是价格昂贵的“贵族原料”，在技术突破后，成本大幅下降，真正走进寻常百姓家。

合成生物学筑牢更强 大绿色自主的根基

记者：合成生物学作为一门新兴的交叉学科，是国际科研的热点，也成为培育新质生产力的重要发力点。它会从哪些方面支撑培育新质生产力？

黄和：合成生物学给中国经济社会带来的是一种全方位、深层次、可持续的变革。第一，它靠“硬核技术”打破“卡脖子”困局。从基因编辑到菌种设计，从底层技术到产业应用，合成生物学把关键技术攥在自己手里，不再受制于人。第二，它用“绿色制造”重构生产方式。用生物发酵代替传统化工，能耗、水耗、碳排放都大幅下降，让高污染产业也能“变绿”，真正实现发展与减碳两不误。第三，它帮我们打造“自主产业链”，抢占全球高地。无论是核心菌种、数据平台，还是智能装备、工程能力，都要自己建、自己控，不再依赖外部，在全球竞争中掌握主动权。第四，它像“催化剂”一样催生新产业、新业态。生物、工程、信息、AI深度融合，带来的是跨界创新的无限可能，一个全新的产业生态正在形成。

一句话，合成生物学，正在为中国未来的发展“种下”一个更强大、更绿色、更自主的根基。

记者：山东济宁有一家企业跟您团队合作，把DHA（二十二碳六烯酸）藻油项目落地了，让国产DHA从“受制于人”变成“远销海外”。类似这种“从0到1”的突破，您团队里还有哪些例子？

黄和：我们前面讲了不少合成生物学在日常生活中的应用，那些应用都是团队“从0到1”的自主突破。我再讲一个关于赤霉素的案例。

赤霉素被誉为作物生长的“生物芯片”，对玉米、水稻等粮油作物以及葡萄、柑橘等高附加值经济作物的产量提升和品质改善作用显著。

然而，过去很长一段时间，国内赤霉素产业面临三大“拦路虎”：一是生产菌株发酵效率低，成本居高不下；二是产品纯度不足，杂质多，应用效果不稳定；三是传统工艺能耗高、污染重，限制了绿色农业发展。针对这些痛点，我们团队从源头入手，利用基因编辑技术对赤霉

素生产菌株进行了系统的代谢通路重构与合成路径优化，相当于在微生物细胞里“重装”了一条高效的生产流水线，显著提升了产品纯度与生产效率。

这些成果打通了从技术研发到产业应用的闭环，推动相关领域从传统化学调控向绿色生物制造转型，以技术创新带动产业升级，为实体经济高质量发展和粮食安全保障提供了有力支撑。

辽宁具备合成生物学发展的先发条件

记者：从全国来看，各省市在合成生物学这块的发展格局怎么样？哪些地方起步早、基础好？

黄和：目前全国已经形成了差异化定位、协同发展、集群化推进的良好格局。我曾提出一个判断：“北有天津、南有深圳、中有常州”。

天津靠高校和科研院所集聚，在基础研究、底层技术上走在前列；深圳靠开放的创新生态和活跃的资本市场，在前沿探索、成果转化、国际化方面优势明显；常州则靠扎实的制造业基础、高效的政府服务和完善的配套体系，在“研发—中试—量产”全链条产业化上成了标杆，短短几年集聚了60多个项目，产业规模突破百亿。

除此之外，上海、江苏、浙江、山东这些省份，发展势头也非常猛。整体上就是多点突破、全面开花。

记者：那辽宁在合成生物学和生物制造方面，有什么独特的优势和机会？

黄和：辽宁的优势确实非常明显，可以说是兼具了资源禀赋、开放通道和产业底蕴的多重先发条件。第一，生物质与微生物资源极为丰富。辽宁是粮食与农业大省，能为生物制造提供稳定、低成本的生物质原料和碳源；同时，辽宁跨度大、生态类型多样，蕴藏着大量特色的极端环境微生物资源，这是一个天然的菌种宝库，为合成生物学底层创新提供了独特素材。

第二，区位与开放通道优势突出。辽宁毗邻生物制造强国日本，便于开展技术合作、成果转化与国际交流；同时，大连等地拥有港航物流与冷链协同优势，可面向广阔的东北亚市场，支撑高附加值生物基产品的出口。这一“引进来、走出去”的双向通道，是很多内陆省份不

具备的。第三，老工业基地的产业底蕴扎实。辽宁在化工、装备制造、生物医药等领域基础雄厚，配套体系完善，这些恰恰是生物制造从实验室到规模化放大的关键工程支撑。换句话说，辽宁既有“造得出”的工艺能力，也有“造得大”的装备底气。

第四，转型升级需求迫切，政府主动布局。辽宁正处在产业绿色转型的关键期，对生物制造这类新赛道需求强烈。地方政府已经明确方向，沈阳生物化工产业园等平台正在加快建设，起步态势良好。可以说，辽宁已经具备了打造东北亚合成生物学创新高地的完整条件，未来大有可为。

辽宁发展合成生物学 要注重系统施策

记者：您在构建产学研结合方面经验很丰富。对辽宁加快合成生物学成果转化落地，有什么具体建议吗？

黄和：结合我们在常州的实践经验，合成生物学要真正落地，关键要在成果转化“最后一公里”上下功夫。对辽宁，我有四点具体建议。

第一，加快建设专业化的中试平台。概念验证、中试放大、工艺优化这些环节要布局好，让实验室的技术能顺利跨过“死亡谷”，走向工业化。

第二，构建自己的特色菌种资源库。深度挖掘本地的微生物资源，从源头避开国外的专利壁垒，把产业主动权握在自己手里。

第三，推动生物制造跟本地传统产业深度融合。用合成生物学去改造升级化工、医药、农业这些产业，以新带老，协同转型。

第四，打造一流的创新生态。出台精准务实的人才政策、产业政策、金融政策，吸引顶尖团队、优质项目、社会资本集聚，构建产学研用深度协同的创新体系。让全国的优质合成生物学项目愿意来、留得住、能做大。

记者：那辽宁目前还有哪些短板和瓶颈？人才、技术、资金这些方面怎么突破？

黄和：我觉得最突出的问题是高端复合型人才紧缺，生物、AI、工程这些交叉融合的顶尖团队还不够。另外成果转化链条也不够完善，中试、工艺放大、产业化配套还

需要加强。要突破这些，关键是系统施策。人才上，引育并举。一方面引进顶尖创新团队，一方面依托本地高校设立交叉学科专业，完善激励机制，把人留住。技术上，聚焦特殊微生物资源挖掘、“AI+合成生物学”、基因编辑工具这些核心方向，集中力量攻关“卡脖子”技术。资金上，推动政府引导基金跟社会资本联动，重点支持中试放大和产业化项目。机制上，优化政务服务、简化审批流程、强化要素保障，全面提升科技成果转化效率。

AI带来研究范式革命

记者：您多次提到人工智能正在深刻改变合成生物学的研究范式。AI到底带来了哪些实实在在的改变？

黄和：我给你讲个真事儿，你就明白了。

2004年，我们把裂殖壶菌确定为研究对象时，它还是个“萌芽”——能产DHA，但产量低得可怜，离工业化遥遥无期。我们像农民侍弄庄稼一样，一茬一茬筛选，一年一年优化。差不多用了20年，才把它改造成年产值可观的新资源食品。

到了2025年，我们要开发高产EPA（二十碳五烯酸）的菌株。如果还用老办法，从代谢工程到发酵优化，没有七八年下不来。但这次我们换了个思路：把过去积累的数据喂给AI，让它自己去“琢磨”关键基因是哪些。然后根据模型的预测，我们挑了两个最强的去验证。结果呢，EPA含量大幅提升，只用了6个月。

从“七八年”到“6个月”，这就是AI带来的改变。

现在AI已经贯穿合成生物学的全链条。比如在靶点挖掘和元件设计上，AI能快速筛选功能基因，告别盲目试错；在菌株通路构建上，AI精准预测代谢流向，大大缩短设计周期；在发酵优化上，AI智能调控工艺，实现从实验室到工业的无缝衔接；在实验效率上，AI联动自动化平台，完成高通量筛选，替代大量重复性人工。

AI正在把合成生物学从“经验试错”推向“数据驱动”的智能化科研新模式。这不仅是效率的提升，更是研究范式的革命。

合成生物学的日常应用案例

无糖饮料中的代糖产品 赤藓糖醇

第三代酸味剂 苹果酸

保健品中的DHA 辅酶Q10

燕窝的重要成分 燕窝酸



观点 GUANDIAN

让木桶的长板更长

张晓丽

“我常跟学生说，别总盯着自己的短板，把木桶的长板锻造得足够长，然后大家拼在一起，就是一个更具竞争力的大桶。”采访中，黄和院士提出一种对传统“木桶效应”的再思考：在高度协同的创新生态中，个体无须追求全能，而应聚焦优势；真正的系统能力，来自多种专长的有效集成。这一新论调，契合合成生物学、人工智能等前沿领域交叉融合、快速迭代的现实需求，也为人才培养提供了新的思考视角。

传统“木桶效应”强调短板决定容量，倡导个体全面发展、均衡发展，在很多场景中仍有其不可替代的合理性，因为一些领域的个体短板可能直接导致系统性风险。但在合成生物学这类高度交叉、快速迭代的前沿领域，知识广度与技能深度难以兼得，要求单一个体掌握全部技能既不现实，也无必要。试图“面面俱到”，反而容易陷入“样样通、样样松”的困境，错失在关键方向形成突破的可能。

这种观点并非否定“补短板”的价值。它强调的是：每个人都应具备基本的专业素养与协作能力，这是参与团队创新的前提；但决定整个系统上限的，往往不是某人的弱项，而是群体中最突出的那块“长板”。这块“长板”，可能是擅长算法设计，也可能是长于学术研究，还可能是敏锐把握市场机遇。当这些高度专业化的长板通过开放平台、共享机制和互信文化有效拼接，所形成的集体能力，才可能具备前所未有的韧性与创新性。

当然，锻造“长板”离不开土壤。在AI工具日益普及的当下，编程、数据思维、跨学科沟通等正成为新的通用基础能力——它们不是长板本身，却是支撑长板拔高的地基。高校与科研机构亟须打破僵化的学科壁垒，构建支持个性化发展的培养路径，帮助学生在交叉地带识别并深耕自己的优势方向。

归根结底，人才培养不能一刀切：既要守住基本素养的底线，防范因关键素质缺失导致协作失败；也要全力锻造自身的核心优势。在科技竞争更看重原创性突破的今天，破局的关键，不仅在于筑牢协作的基础，更在于让每一块被极致打磨的长板，都能在合适的生态中发光发热。