

R 瞰前沿·@科学家

网友：看到最近有报道说，棉花能用于生产昂贵的虾青素。我想知道，这是怎样实现的？除了做衣服，棉花到底有多少“隐藏技能”？

编辑：看似普通的棉花，实是一座“全能宝藏”。借助植物合成生物学技术，科学家不断向深度和广度挖掘棉花价值。本期“瞰前沿”我们邀请中国农业科学院棉花研究所研究员、西部农业研究中心研究员杨作仁，请他为我们揭秘棉花的“隐藏技能”。



①



②



③



④



⑤

你是否知道，棉花有这么多“隐藏技能”

杨作仁

从“长在植物上的布”到“抗氧化剂合成工厂”

棉花是“长在植物上的布”——棉铃裂开，露出蓬松的纤维，经过纺纱、织布，可以变成衣服、棉被等纺织品。

棉花纤维根据长度可分为三大类：粗绒棉纤维粗短如板寸，织出的牛仔布紧密耐磨，抗撕裂强度是普通棉的两倍；细绒棉凭借均衡的强度和透气性，成为日常纺织品的绝对主力，应用领域包括贴身服饰、家纺、医疗防护（纱布、棉球）等，我国目前种植的棉花大多属于此类；长绒棉具有纤维长、手感好等特点，常用于纺织高支纱，是高档家纺及服装的材料。

棉花可不仅仅是纺织原料。借助植物合成生物学等技术，棉花正从“纤维专家”升级为“功能工厂”。今年6月，中国农业科学院棉花研究所、生物技术研究所联合西部农业研究中心合作创制出生产虾青素的工程棉花，便是这方面研究的代表性成果。

虾青素是天然抗氧化剂之一，其抗氧化能力远高于维生素E、β—胡萝卜素，被誉为“超级抗氧化剂”。虾青素具有清除体内的氧自由基、增强细胞的再生能力、维持机体平衡、减少衰老细胞在体内堆积等作用，被广泛应用于食品、饲料、制药和化妆品领域。目前，天然虾青素主要从雨生红球藻和甲壳类生物（虾、蟹等）中提取。然而，这些提取的产量有限，而且化学合成虾青素的生物活性较低。

因棉株中含有丰富的虾青素合成功前体——类胡萝卜素，棉花被认为是合成虾青素的理想“代工厂”。科研人员通过3步打通了虾青素合成途径：先引入“关键钥匙”，从莱茵衣藻“借”β—胡萝卜素酶化酶，从雨生红球藻“借”β—胡萝卜素羟化酶；再安装“生物导航”，给这些外源酶装上质体定位信号，将其精准引导至“生产车间”；最后启动“全株流水线”，在普通棉花“中棉所49”中植入基因表达模块，最终培育出生产虾青素的“TY工程棉”。

该工程棉花植株在幼苗期和成熟期的叶片、花器官、棉铃、棉籽及棉籽油中均呈现虾青素的特征性红色，且不同组织中的虾青素积累呈现梯度分布。富含虾青素的工程棉花有何用途？在“TY工程棉”中，棉花就像装上了“生物芯片”，变身“抗氧化剂合成工厂”。比如，棉叶片和棉铃壳可开发动物饲料添加剂（替代人工色素），还可作为提取虾青素的原料等；棉籽油的功效和附加值也升级了，棉籽油中的天然维生素E结合虾青素，可提升抗氧化协同效应。

从棉籽到棉秸秆，棉花全身都是宝

纤维是棉花的“主业”，而棉花的“副业”早就已经应用在我们的生活中。

棉籽是棉花结出的“硬核果实”。棉

籽油是我国传统的食用植物油之一，榨油后的棉籽粕是我国种植生产的第二大饲用植物蛋白来源，可以作为牛羊等反刍动物和水产养殖的饲料。近年来，随着加工设备和工艺技术的日趋成熟，棉籽蛋白产品的蛋白质含量和质量均得到显著提升，棉籽浓缩蛋白受到很多水产饲料企业的欢迎。

棉籽壳也大有用途。棉籽壳含有4%—6%粗蛋白，含有43%—48%粗纤维，是食用菌栽培最主要的原材料之一。据报道，每100公斤棉籽壳，可分别用于生产平菇100公斤、香菇150—200公斤、金针菇160公斤、灵芝7—10公斤，是食用菌培养料的好选择。此外，棉籽壳还可作为活性炭、糠醛、木糖、木糖醇等精深加工的原料，增值潜力大。

棉籽中还有“甜蜜素”——棉子糖。棉子糖是一种“低卡功能性低聚糖”，具有低热量、不被人体消化吸收却能促进肠道健康特性，是健康食品的理想的添加剂，适用于减肥食品、低糖食品，以及糖尿病患者的特殊膳食。另外，棉子糖在肠道内能被双歧杆菌等有益菌优先利用，促进这些有益菌的增殖，从而改善肠道微生态环境，有助于增强免疫力，预防便秘、腹泻等问题。

如果说对棉籽、叶片的利用是“挖掘内部潜力”，那么对棉短绒、棉秸秆等“废料”的开发，则让棉花向“全生物质利用”迈进。

轧棉机从棉籽剥离长纤维之后，棉籽上还留存大量的棉短绒，过去多被当作废料，但它的用途实则不容小觑。棉短绒可被广泛用于食品、医药、日化、塑料、电子、造纸、冶金、航空航天等领域，被誉为“特种工业味精”。用棉短绒制作的无烟火药还是国防工业的主要原料。近年来，国外科学家发现，棉籽绒还可用于生产和制备可降解塑料薄膜。

棉花秸秆占棉花总生物量的50%以上，主要由纤维素、半纤维素和木质素组成，这些组分可以转化为生物基材料、化学品和生物燃料等高价值产品。在畜牧业上，棉花秸秆可作为牛、羊饲料使用。粉碎的棉花秸秆纤维配以水泥和砂，可制备水泥砌块，有良好的力学性能。棉花秸秆还可作为固体发酵原料，用于生产高质量生物炭。

从“单一产出”到“全能型选手”，棉花插上科技的翅膀，应用场景将持续扩大，覆盖更多领域。

从“单一产出”到“多功能高值化”转变

当一片棉叶、一粒棉籽都可以成为虾青素的“微型工厂”，科学家开始不断挖掘棉花这种古老作物的应用价值。在实验室与产业界，棉花的应用范围不断拓展，编织着一张联结农业、食品、保健品、能源、环保的立体网络。

推动棉花从“单一产出”到“多功能高值化”转变，合成生物学是关键技术支撑。除了创制可生产虾青素的工程棉花外，科研人员还进行了诸多探索。

例如，中国农业科学院棉花研究所通过将火龙果里甜菜素的合成途径导入棉花，培育出粉红色纤维棉花；河南大学通过提高类胡萝卜素合成强度，培育出金色纤维棉花。这些新型彩色棉花的培育，有望减少染料对环境的污染，并为消费者提供更多选择。

基于合成生物学技术，以棉花为载体将会编写更多高附加值产品的基因图谱。例如，研发蓝色、紫色、橙色等多彩棉；将棉纤维、棉叶片等作为细胞工厂，生产更多高附加值功能性化合物。随着研究的深入，我们期待更多功能多样、色彩丰富、环保可持续的棉花品种问世。

从“单一产出”到“全能型选手”，棉花插上科技的翅膀，应用场景将持续扩大，覆盖更多领域。

（作者为中国农业科学院棉花研究所研究员、西部农业研究中心研究员，本报记者喻思南采访整理）



图①：成熟的棉花纤维。
图②：带棉短绒的棉籽。
图③：棉花秸秆。
图④：棉花叶片。
图⑤：棉铃壳。
图⑥：虾青素工程棉花（右）与普通棉花对比。

以上图片均为中国农业科学院棉花研究所提供

BNCT的加速器技术、设备，并成功应用于头颈部肿瘤、恶性脑胶质瘤等多种肿瘤的治疗。

王盛团队先后突破了三大技术：一是研制出高功率、稳定运行的加速器中子源系统。采用强流质子射频四极场加速器技术路线，满足了BNCT对质子束流的要求；二是研制出第二代含硼药物。自研高效合成创新工艺，不仅提高了硼药的研发效率，降低了生产成本，还显著提升了硼药的质量与疗效；三是自主开发了国产BNCT治疗计划系统（TPS）。该系统采用自研国产蒙特卡罗粒子输运程序，计算不同深度部位的中子能谱和剂量分布，可在BNCT前对患者的治疗进程、效果进行精准分析、预测。

“至此，我们成功开发出BNCT加速器中子源—硼药—TPS全流程自主解决方案。该成果标志着我国在BNCT领域的自主研发能力和技术实力跻身全球前列。”王盛说，“目前BNCT的型式检验基本完成，动物实验进展顺利。我们计划今年底开展临床试验，力争早日让BNCT技术服务国内患者。”

R 喇「科」

人的大脑擅长识别画面里的人脸、物体等大轮廓，却不擅长还原毛发的纤细纹理、皮肤的细腻质感这些细节，而图像复原技术恰好能填补这个空白。在图像复原领域，人工智能可以比人完成得更为出色。无论是模糊不清的低分辨率图像还是布满瑕疵的老照片，人工智能都可以通过“神奇魔法”让其变成高清图像。

图像复原技术的发展就像一场不断升级的接力赛，已经出现了3次重要革新：2014年的深度卷积网络技术，让图像有了清晰的轮廓；2017年的对抗生成网络技术，让画面观感更自然；2023年的扩散生成模型技术，为图像增添了逼真的细节。到了2025年，对抗生成网络和扩散生成模型这两项技术的融合，诞生了全新的智能复原大模型HYPiR，图像复原领域有了新成果。

这个智能复原大模型主要有3个亮点。第一，它集对抗生成网络和扩散生成模型的优点于一身，处理速度比第三代技术快了十几倍，修复效果更出色，稳定性也更强。第二，它搭上了文生图大模型的“快车”，能生成8K级别的超高清细节，还能根据用户输入的提示词进行个性化智能修复。第三，它适应性强，能轻松应对多种场景和不同损坏类型的图像。

那么，大模型是如何施展“修复魔法”的呢？

第一步，得先给图像“大扫除”，去除图像拍摄时的抖动、模糊、图像压缩留下的痕迹等“小毛病”，这样才能保留图像的真实信息，避免其他干扰。科研人员设计了一个专门的深度学习编码器，让它“吃进”有瑕疵的图像，“吐出”没

有缺憾的图像；还通过人为制造各种图像瑕疵的方式，构建了几亿组“瑕疵一完好”的图像对来训练这个编码器。经过多轮训练，编码器就能熟练掌握去除图像瑕疵的技能。

不过，这时候的图像虽然干净了，但看起来会比较平滑，缺乏自然的细节。所以第二步就是给图像“添细节”。这里就要用到文生图大模型了，它能根据文字描述生成自然图像。这一步需要输入两个信息：一个是已经去除瑕疵的图像，一个是对图像的内容描述。此时，多模态大模型就派上用场了，它能“看懂”图像内容，并输出相应的文字描述，作为文生图大模型的“创作指南”。有了这两个大模型的配合，就能精准理解图像并生成丰富细节。

最后，也是最关键的一步，是训练这个模型，让它成为图像复原的“高手”。这需要用到一种名为“对抗生成训练”的方法：让文生图大模型扮演“生成器”，负责生成修复后的图像；再选一个图像分类网络当“判别器”，专门判断生成的图像是不是自然真实的。生成和判别这两个步骤交替进行，双方不断提升自己的能力——生成器让图像越来越逼真，判别器的判断越来越精准，直到两者达到平衡。

图像复原技术已逐渐融入手机摄影、电视播放、高清屏幕显示、历史影像修复、科学研究中的图像处理等领域，成为一项与生活密切相关的实用技术。期待随着科技迭代革新的不断推进，这项技术能更好造福社会，让更多时光里的画面重焕光彩。

（作者为中国科学院深圳先进技术研究院数字所研究员）

用好大模型

『焕新』老照片

董超

我科学家研发新一代神经拟态类脑计算机

本报杭州电（记者窦瀚洋）

浙江大学脑机智能全国重点实验室近日发布新一代神经拟态类脑计算机——Darwin Monkey（以下简称“悟空”）。这是基于专用神经拟态芯片的类脑计算机，所支持的脉冲神经元规模超过20亿，神经突触超过千亿，其神经元数量已接近猕猴大脑规模。

类脑计算是将生物神经网络的工作机理应用于计算机系统设

“一脑多态”架构人形机器人发布

本报合肥电（记者徐婧）近

日，具身智能机器人“凌枢”在安徽省合肥市亮相。这是一款“一脑多态”具身智能大模型架构的人形机器人，具备跨场景集群作业能力，由合肥优艾智合智能机器人有限公司与优艾智合—西安交大具身智能机器人研究院联合发布。

“凌枢”身高约1.66米，体重

40公斤，拥有33个关节自由度，可以在砂石路、草地等地形上稳健行走。其跨场景集群作业能力得益于“一脑多态”具身智能大模型架构。所谓“一脑多态”，是以一个机器智慧大脑为核心，实现多种形态机器人的多模态融合感知、自适应多臂协同操作、多形态移动控制及全域物流调度。

枫糖浆中的天然化合物或有助对抗蛀牙

据新华社北京电（记者李

雯）《微生物学谱》杂志日前发布的研究显示，枫糖浆中的一种天然化合物可能有助于对抗蛀牙，未来有望开发出成分更天然的口腔护理产品。

美国怀俄明大学的研究人员介绍，他们发现引起食物中毒的李斯特菌可以在大多数植物和木材上生长并形成生物膜，但在枫树上却不行。于是他们利用枫树汁液和稀释的枫糖浆，分离出抑制李斯特菌附

研究人员首先在计算机模型中测试了他们的理论，随后在实验中证实，表儿茶素没食子酸酯能阻止变形链球菌在塑料牙齿及模拟牙齿上形成生物膜，从而抑制其对牙齿的伤害。

研究表明睡眠不足影响鸟类鸣唱

据新华社惠灵顿电（记者龙

雷、李惠子）新西兰研究人员日前在《皇家学会生物学分会学报》上报告说，睡眠不足会显著改变鸟类的鸣唱行为，使鸟鸣减少且旋律简单，同时音调和时长也发生变化。这与人类睡眠不足后感到无精打采的情况相似。

新西兰奥克兰大学与坎特伯雷大

学的科研人员以适应城市生活的常见鸟类——家八哥为研究对象，分析其睡眠受扰前后的鸣唱情况。结果显示，鸟类在经历整夜或半夜的睡眠干扰后，第二天均表现出不同程度的鸣唱变化，其中整晚受扰影响最大。同时，白天的休息时间也有所增加。这表明，睡眠不足对其日间活动和身体恢复产生了影响。

R 探一线

俘获治疗(BNCT)。

王盛介绍，与传统的放疗手段不同，BNCT属于二元靶向治疗，其流程大致分为两步：首先向患者体内注射无毒的含硼一10靶向药物，这类硼药进入体内后会迅速富集于癌细胞内；然后，对患者肿瘤部位进行半小时左右的精准中子照射，这些中子被硼—10俘获后发生核反应，释放出α粒子和锂—7粒子两种射程极短的高能粒子，使癌细胞DNA双链发生断裂，进而杀灭癌细胞。

BNCT的“爆破”范围不到10微米，比1个癌细胞的直径还小，几乎不损伤正常组织，副作用小。”王盛打比方说，“X射线治疗相当于“地毯式轰炸”，患者需要

照射25—30次，且副作用大；质子、重离子治疗相当于“远程弹道导弹”；BNCT相当于“特种兵”，先预埋“炸药”，再利用中子照射“远程引爆”，成本低，安全性、有效性大幅提升。

据介绍，20世纪30年代，BNCT概念被提出，随后科学家开始探索其治疗肿瘤的可行性。“BNCT需要两个前提：开发出会被人癌细胞大量摄取的硼化合物，研制出能稳定产生高流强中子束的中子源。”王盛说，在20世纪，业内用于BNCT的强中子束主要通过核反应堆产生，受制于建造维护等难题，很难在医院应用。进入21世纪，日本以安全性更好、成本更低的加速器中子源技术为切入口，研发出用于