



工作人员在第五届进博会上展示创新纤维
素生物基材料“BBC纤维餐纸”
新华社记者 王翔摄

发展非粮生物基材料，在满足人民群众物质和能源需求的同时，既能减少对石油、煤炭等化石能源的开采和消耗，降低二氧化碳排放，还能避免陷入“与人争粮、与粮争地”的困局，是石化工业实现绿色转型的有效路径。

非粮生物基材料： 以技术打底方可一路前行

◎本报记者 刘艳

随着全球生物技术革命和产业变革加速推进，以生物催化为核心的生物化工技术生产的生物基材料和化学品，因生产条件温和、过程能耗较低、能部分减少碳

排放，越来越受到世界各国的高度重视。

为积极开辟生物制造新领域新赛道，推动生物基材料可持续发展，工业和信息化部、国家发改委、财政部、生态环境部、农业农村部、市场监管总局近日联合发布《加快非粮生物基材料创新发展三年行动方案》(以下简称《行动方案》)。

现绿色转型的有效路径。

我国非粮生物基材料创新发展仍存在诸多难点，上述工信部负责人表示，与基于传统粮食原料规模化生产生物基材料相比，非粮生物基材料在原料预处理、糖化和发酵转化效率、综合成本控制等方面难度更大。该负责人强调：“国内基于非粮生物基材料的生产技术正处于攻关爬坡

阶段，工业菌种(群)与酶蛋白功能元件制备、非粮生物质标准化采收保存及预处理、非粮生物质高效糖化、非粮生物质糖替代传统粮食发酵转化等关键平台技术正待突破，亟待贯通各关键平台技术与现有工艺技术进行无缝耦合衔接，实现非粮生物基材料的全产业链应用示范。”

生物基材料有望成为新主流

生物基材料是指，以可再生的生物质为原料，或经由生物制造生产的产品，包括但不限于含碳的化学原料和化学制品。

“由于环境友好、节约资源等特点，生物基材料正逐步成为引领当代世界科技创新和经济发展的又一主导产业。”北京工商大学化学与材料工程学院院长翁云宣介绍，目前全球生物基材料产能已达3500万吨以上，主要的技术创新方向是发展以高效菌种构建为核心的生物基材料、生物基材料单体制造关键技术，以及生物基材料聚合、性能改进与复合、绿色生物法加工技术等配套的产业技术。

目前，我国的生物基材料产业发展迅猛，关键技术不断突破，产品种类迅速增加，产品经济性增强，初步构建了以聚乳

酸、聚酯酰胺率先产业化，多种生物基材料快速发展的格局。具体表现为，产业规模不断扩大，应用领域逐渐增加，行业总产值快速增长；技术进步不断加快，在功能菌株、蛋白元件、工艺技术等方面取得重要突破，产品不断丰富，聚乳酸发酵调控、高效催化等技术达到国际先进水平；产业体系不断完善，已经涌现出一批重点企业和科研院所积极推进生物基材料开发利用，聚乳酸生产规模已经超过5万吨，在一些地区已初步形成产业聚集区。

新思界产业研究中心发布的《2022—2027年中国生物基材料行业细分市场的需求及开拓机会研究报告》显示，生物基材料能有效缓解能源危机、降低环境污染，发展势头迅猛。近年来，我国生物基材料产量不断提升，2021年我国生物基材料产量达184.3万吨，同比增长12.1%。

发展非粮生物基材料仍面临诸多难点

我国生物基材料处在产业化发展关键时期，但也面临原料结构单一、产业化关键技术亟待突破、产业支撑体系待健全等问题。比如，目前我国规模化的产品种类较少，上下游融合发展不足，导致生物基材料下游应用推广难度较大，化石基产品的市场替代仍有待提升。翁云宣强调，我国生物基材料产业仍存在诸多薄弱环节，全产业链能否协同发展，决定了生物基材料的成本、性能和应用的可行性，也最终决定了生物基材料低碳减排的绿色属性和生态环境友好性。

据悉，目前我国秸秆年产生量8.65亿吨，原料化利用仅约1%，未能充分实现农

林废弃物糖化后高值利用。工业和信息化部有关负责人强调，我国发展生物基材料，必须树立并贯彻“大食物观”，实施“藏粮于技”战略，将传统意义上的非粮生物质转换为发展生物基材料的原料，防范化解“与民争粮”“与畜争饲”等矛盾，间接提高我国单位耕地粮食产出，为端牢中国饭碗再贡献一份力量。

中国石油与化学工业联合会生物化工与生物质能源专委会副秘书长李文军表示，发展非粮生物基材料，在满足人民群众物质和能源需求的同时，既能减少对石油、煤炭等化石能源的开采和消耗，降低二氧化碳排放，还能避免陷入“与人争粮、与粮争地”的困局，是石化工业实

非粮生物基材料产业迎来政策利好

在政策层面，我国非粮生物基材料发展日前也迎来利好。

《行动方案》提出，到2025年，非粮生物基材料产业基本形成自主创新能力强、产品体系不断丰富、绿色循环低碳的创新生态，非粮生物质原料利用和应用技术基本成熟，部分非粮生物基产品竞争力与化石基产品相当，高质量、可持续的供给和消费体系初步建立。翁云宣说：“《行动计划》立足量大面广的非粮生物质，替代粮食发展生物基材料，做强生物化工产业，对实施‘双碳’战略、保障粮食安全、推动工农融合创新、促进乡村振兴具有重要意义。”

《行动方案》提出了突破关键技术、推进技术放大和应用示范两项任务，围绕生

物基材料的全产业链，开展非粮生物菌种选育、糖化、发酵、分离、在线监测等一批关键技术攻关；面向包装领域的可降解材料需求，推进乳酸、丁二酸、羟基脂肪酸等产品的产业化，面向生物医用材料的要求，推进聚乳酸、聚酰胺、聚氨酯、生物基弹性体等的产业化。

《行动方案》提出大力促进产业、技术、市场融合。一是积极推进原料预处理技术、发酵技术、生物合成、化学合成工艺及应用技术等集成创新，提高非粮生物基原料转化效率，提升生物基材料产品品质，增强生物基材料的市场竞争力。二是积极搭建轻工与化工、生物基材料与食品、医疗、包装等上下游协作平台，高效推进生物基材料的验证与推广应用。

相关链接

我国生物基材料产业：起步落后，奋起直追

海外生物基材料产业起步较早。在目前发展较为成熟的聚乳酸、聚羟基脂肪酸酯等领域，海外厂商仍然占据主导地位。

与国际生物基材料产业发展水平相比，我国起步较晚。但考虑到我国生物基材料的原料成本与融资成本具有显著优势，在长期的政策支持下，仍然存在“弯道超车”的机遇。

在政策方面，自2001年“十五”计划以来，我国连续20年倡导发展生物制造业、生物基材料。“十五”期间，我国尚未形成“生物基材料”的概念，但在此期间

提出了积极发展“生物降解材料”。“十二五”期间，我国逐渐明确生物基材料中的重点材料为乙烯、聚乳酸等大宗原料。“十二五”期间，提出生物基材料产业要突破“产业化瓶颈”，并明确提出生物基材料发展的应用场景——纺织、造纸、制革。“十三五”期间，生物基材料产业的发展重点在于“持续提升生物基产品的经济性和市场竞争力”、实现“链条式、集聚化、规模化”发展。

在20年的发展中，我国也涌现了金丹科技、海正新材、家联科技、凯赛生物等优秀的生物基材料厂商。

寻材问料

自响应可变机电性能材料问世

科技日报讯(记者吴长锋)1月29日，科技日报记者从中国科学技术大学获悉，该校工程科学学院机器人与智能装备研究所张世武教授团队与国外专家团队组成的联合研究组，成功开发了一种可以响应外界机械载荷和电信号变化从而自主调节机械刚度、电导率和灵敏度的新型复合材料。相关研究成果日前发表在《科学进展》上。

传统材料的电导率和机械刚度等物理性能往往是固定不变的。但如今越来越多的应用场景，如软体机器人、医疗手术设备和可重构电子器件等，需要一种可根据环境变化主动调节物理性能的智能材料。然而，现有的此类材料往往需要外部控制装置来调节温度，不能自主响应外部环境变化。并且这些材料只能在绝缘体和导体间切换，而不能实现电阻的连续调节。

为此，该联合研究组开发了一种由微米颗粒、低熔点非尔德合金和聚合物基体组成的复合导电弹性体。这种材料的电导率可在包括压缩、拉伸、扭转、弯曲在内的机械载荷下指数增强超过1000万倍。当材料被加热至60℃以上时，其中的非尔德合金颗粒熔化。熔化的非尔德合金液滴不能像固体颗粒一样互相接触以形成导电通路，而是在机械载荷下随聚合物基体变形。这显著降低了材料的弹性模量、电导性和应变灵敏度，从而实现刚度和电阻的自触发协调调节。

通过将这种材料的可调节电阻与刚度特性相结合，该联合研究组开发了一种可用于机械臂关节的可变刚度多轴柔性补偿器。与当前最先进的商业补偿单元相比，该联合研究组开发的装置提供了大得多的弯曲补偿。此外，该联合研究组还基于这种材料开发了一种可重复使用的限流低温保险丝，它具有更紧凑的结构、更低的熔断温度以及更快的熔断和恢复速度。

这种可响应环境变化的智能材料充分展现了它为下一代软体机器人和电子设备带来革命性改变的潜力。

磁存储材料新技术

可提升信息存储速度和密度

新华社讯(记者赵旭)在信息爆炸的时代，信息存储尤为关键。记者了解到，近期我国科研人员突破了原子级平整反铁磁金属单晶薄膜的关键制备技术，使超快速响应超高密度反铁磁随机存取存储器的研制成为可能，有望大幅提升手机、计算机等信息产品运行速度。

该研究由北京航空航天大学材料学院磁性功能材料研究团队、华中科技大学物理学院、中国科学院苏州纳米技术与纳米仿生研究所加工平台合作完成，相关成果近日在国际学术期刊《自然》杂志上发表。

磁性功能材料是大规模数据存储机械硬盘的核心材料，相较于传统半导体存储器，磁存储器件依赖非易失量子自旋属性，存储能力更加稳定。反铁磁材料便是一类新型磁存储材料，作为数据存储介质，相邻数据位可以密排列以提升存储密度，并且可使数据写入速度大幅提升。

据了解，此前已有的反铁磁存储器件的电信号输出，主要依赖面内电子运输的各向异性磁电阻效应，高低阻态之间的电阻差值很小，常温下数据写入后难以有效读出，导致出现乱码等无效存储情况。“就像流水一样，高低落差越大，水流越顺畅。这里的高低阻态之间的电阻差值变大，数据写入后才能被电路更清晰地识别出来。”该论文第一单位通讯作者、北京航空航天大学材料学院教授刘知琪举例说。

刘知琪介绍，科研团队突破了原子级平整反铁磁金属单晶薄膜的关键制备技术，通过界面应力诱导非共线反铁磁单晶薄膜的晶格四方度变化，产生了单轴磁各向异性，以及显著的反常霍尔效应。基于该反常霍尔效应，实验发现了全反铁磁异质界面(共线反铁磁/非共线反铁磁)的交换偏置效应，从而设计制备出多层膜新型全反铁磁存储器件，大幅提升了数据读出可靠性。

“新型反铁磁存储器件实现了垂直电子运输，对比原有面内电子运输的反铁磁存储器件，它的常温高低阻态差值提升了近3个数量级，从而有望使信息存储速度和密度大幅提升。”该论文另一通讯作者、北京航空航天大学材料学院教授蒋成保说。

科学家研制出

仿调幅分解结构合金

科技日报讯(记者郝晓明)科技日报记者从中国科学院金属研究所沈阳材料科学国家研究中心获悉，该中心金海军研究员团队将合金与电沉积相结合，在完全互溶且热力学稳定不易分解的铜-金合金体系中，构筑出类似于调幅分解产生的纳米结构，形成了仿调幅分解结构铜/金合金。这一新型纳米金属材料具有接近理论值的高强度，同时表现出粗晶材料的塑性变形特征，为材料的强韧化和功能化设计提供了新思路。相关研究成果近日发表于《美国科学院院报》。

据介绍，该团队利用合金腐蚀将铜-金固溶体中铜(或银-金固溶体中银)选择性溶解，促使未溶解金原子自组装形成纳米多孔金，再用电化学沉积将铜回填入纳米孔，形成全致密仿调幅分解结构铜/金合金。“新材料保留了前驱体合金的粗大晶粒，其晶内由面心立方结构、晶体取向一致、且在纳米尺寸互相贯通的铜-金两相构成。”团队成员介绍，该材料两相间呈三维空间连续、弯曲的半共格界面，相界上规则地排列着高密度的失配位错，两相特征结构尺寸可在纳米至亚微米区间变化。

和多层膜等纳米材料在较高临界尺寸以下即发生软化不同，仿调幅分解结构铜/金合金的强度随尺寸减小而持续提升，直至接近理论强度。更有趣的是，随着特征尺寸细化至50纳米以下，其塑性变形也从传统复合材料向单相材料变形方式转变。

在此临界尺寸以下，新材料在具有纳米材料高强度的同时，也具备了单相粗晶材料的变形行为特征，展现出综合力学和物理性能优化的巨大空间。

蘑菇也能造房子、做衣服、造电子器件？

◎实习记者 都芃

提起真菌，你能想到什么？是食物表面的霉菌还是火锅里的蘑菇？

其实真菌不光能吃，它还能作为材料被用来制造箱包、服装、电子器件甚至是建筑。

真菌复合材料能做“砖块”和“皮革”

2022年初，美国哥伦比亚大学研究人员开发出了一种基于木质纤维素的真菌-细菌生物复合材料。该复合材料可塑、可折叠、可再生，为生物复合材料设计提供了新思路。

随着碳排放问题逐渐得到各国重视，寻找更加可持续的建筑材料一直是科学家们的研究课题，一些研究者将视线转向了真菌。在该项研究中，研究人员用木质废料喂养了一种真菌，随后将两者

混合在一起，倒入砖形模具。几周后，真菌与木质废料的混合物结合形成了致密的网状物，填满了整个模具。将混合物从模具中取出后，一块可用于建筑的“砖块”便诞生了。为了验证其是否真的能够用于建造建筑物，研究人员用该“砖块”建造出了一个几英尺高的拱门。结果发现，这些“砖块”不仅很环保，甚至还能实现自我修复。

同样出于保护生态的目的，动物皮革也有望被真菌“皮革”代替。目前来自美国、英国、芬兰等多个国家的科研院所及企业都已就真菌“皮革”的生产展开研究，并取得了一定成果。不同研究机构采用的真菌皮革生产方法大同小异，主要利用锯木屑等农林废弃物作为培养基质来喂养真菌，菌丝会在基质中蔓延伸展，反复分枝，形成网状的菌丝群，通常只需几周就可以收获真菌生物质。随后，在其中加入葡聚糖生物聚合物和可生物降解的甲壳素等进行处理，便可获得类似皮革的成品。研究人员表示，用这种类似皮革

真菌不光能吃，它还能作为材料被用来制造箱包、服装、电子器件甚至是建筑。这类材料往往可塑、可再生、可降解、环保，且生产方式更具有可持续性。

的材料制成的衣服与动物皮革制成的衣服具有相似的耐用性和手感，但其生产方式显然更具有可持续性。目前，如何稳定获得均匀的菌丝体丛，仍然是真菌“皮革”生产面临的主要挑战之一。只有性状均匀的菌丝体丛，才能提供厚度一致、颜色美观、机械性能良好的类皮革材料。

以真菌为材料制成的 电池基板绝缘耐高温

在2022年末的一期《科学进展》杂志上，一项由奥地利科学家开展的最新研究使用真菌的皮作为材料，制成了电池基板，且其导电性能几乎与目前由标准塑料聚合物制成的基板相当，即使将这种基板弯曲2000多次其仍然能继续工作。

据研究人员介绍，其研究所采用的真菌通常生长在腐烂的木材上，它会形成一层表皮，以保护菌丝体，即真菌的“根”免受外来细菌和其他真菌的侵害。当研究者提取并干燥这些表皮时，发现其与一张纸的厚度相当，不仅很柔软，更是一种很好的绝缘体，可承受200摄氏度以上的温度，十分适合作为电路基板的制造材料。如果远离潮湿和紫外线，这种表皮或许能维持数百年，更重要的是其在土壤中大约两周便可分解。研究人员表示，此类基板可用于设计使用寿命不长的电子产品，如可穿戴传感器或无线电极等。