

生物基纤维：“网红”变现道阻且长

■本报见习记者 田瑞颖



我国原创生物基合成纤维——PLA/PHBV 混纺纤维制成的衣服。陈鹏供图

玉米、木薯淀粉等原料制成的聚乳酸纤维，既阻燃还能全生物降解；以虾、蟹壳为原料制备的壳聚糖纤维，天然具有抗菌抑菌、止血促愈的功能……在石化原料愈发紧张的当下，源于自然馈赠的生物基纤维备受纺织业热捧。

近日，中国纺织工业联合会正式发布《纺织行业“十四五”发展纲要》，提出推进生物基纤维和原料关键技术研发及其终端产品应用，明确了“十四五”期间拟推进的生物基化学纤维重点工程。

不过，记者调查发现，生物基纤维的优点、亮点在国内并未得到很好释放，相关产品仍“叫好不叫座”。而这一贴上“绿色”标签的纺织业“网红”，在生产过程中甚至还存在污染现象。

利好政策下，生物基纤维如何才能真正成为“爆款”？

政策再吹“春风”

“规模优势和全产业链闭环的创新生态，使得我国纤维材料创新正从‘跟跑’进入‘跟跑、并跑、领跑’并存阶段。”不久前，中国纺织工业联合会会长孙瑞哲在先进纤维新材料科技创新高质量发展论坛上如是说。

数据显示，2020年，我国纺织纤维加工总量达5800万吨，占世界比重的50%以上，化纤产量占世界比重超过70%。

让中国科学院宁波材料技术与工程研究所研究员陈鹏感到担忧的是，如此高产量的化纤，有90%以上依赖于化石资源，而我国石油和天然气进口依存度已分别达73%和43%，这将导致化纤难以持续发展。

“我国传统化纤碳排放高，造成化纤及纺织业减排压力极大。可以说，传统化纤重复扩张的老路既缺乏可持续基础，

也与绿色发展潮流相悖。”陈鹏告诉《中国科学报》，发展生物基纤维不仅有利于减轻整个化纤行业对化石资源的依赖、缓解碳排放压力，还将进一步提升我国纺织业在国际市场上的竞争力与话语权。

“因具有源于可再生资源、部分使用后能自然降解等优点，生物基化学纤维原料多来自植物和微生物有机体，如糖类、蛋白质、纤维素及酸、醇等有机物。”中国科学院过程工程研究所研究员王岚告诉《中国科学报》。

早在“十二五”期间，中国化学纤维工业协会就公布了《中国生物基纤维及生化原料科技与产业发展(30年)路线图》。陈鹏认为，此次发布《纲要》更是为生物基纤维的发展释放出十分明确的信号。

“一是纺织行业必须坚定走绿色、可持续发展道路，而生物基纤维作为绿色纺织的核心关键原材料之一，其发展具有不可替代的作用。二是发展生物基纤维要兼顾生物基原料和终端产品应用，包括生物基单体和原料的高效制备、生物基纤维及其纺织产品的功能化和差别化等。三是从过去的探索、鼓励、培育、支持等，转变为具体可量化的指标(年均增长10%以上)，从蓄势待发进入大踏步前进的崭新阶段。”陈鹏表示。

产品“叫好不叫座”

目前，国内市场应用较成熟的生物基纤维可分为纤维素再生纤维、海洋生物基纤维、生物基合成纤维、蛋白改性纤维等类别。

“其中，以竹浆纤维为代表的粘胶类纤维素再生纤维是我国特色品种，壳聚糖纤维、海藻纤维已进入产业化阶段。聚对苯二甲酸丙二醇酯、聚乳酸和聚酰胺56是生物基合成纤维中发展较快的品种，预计将会有巨大的市场前景。”陈鹏

对记者介绍说。

他指出，以生物质呋喃二甲酸为单体的呋喃基聚酯纤维具有耐高温、易染色等优异性质，也将成为生物基合成纤维中极具发展前景的新品种。

在孙瑞哲看来，与世界一流强国相比，我国纤维新材料发展仍有差距，关键共性技术供给不足，标准与知识产权布局相对滞后，不少高精尖领域仍是瓶颈与短板。

我国生物基纤维的发展也存在类似问题。“目前，我国生物基纤维产业在整个化纤行业中仍占比不高，尚未达到全面工业化和商品化的阶段。”王岚表示。“受石油危机影响，发达国家早在上世纪六七十年代就开始重视利用生物技术获取基础原材料，绿色生态观念深入人心。而我国直到本世纪初仍以扩大产能、满足‘温饱’基本需求、承接发达国家传统产业转移为重心，从原料到市场都是以化石资源为原料的常规化纤品种，这是造成我国与国际先进水平仍有差距的主要原因。”陈鹏强调。

在他看来，目前，我国生物基纤维的发展首先受制于原材料规模小、成本高、品质低。借鉴化纤、纺织业已有的成功经验，任何一个新品种的发展都离不开原材料、纺丝、纺织应用的协同并进。

“以聚乳酸纤维为例，其关键原材料为高光学纯度的丙交酯，过去主要依赖于进口。近几年，因国际产能有限、国内需求激增，国产高品质丙交酯一直处于紧缺状态，严重阻碍了聚乳酸这一代表性生物基合成纤维的良性发展。”陈鹏说。

他还指出，与常规化纤相比，各类生物基纤维均面临不同程度的应用开发不足。“纺织产业尚未建立起与生物基纤维相匹配的专用技术链(纺纱、染整、定型等)，简单套用过去形成的常规技术，不

仅未能释放出生物基纤维的优点、亮点，反而大大弱化了产品的性价比，造成生物基纤维及其纺织产品‘叫好不叫座’的不利局面。”

对此，以聚乳酸纤维为例，王岚建议实行聚乳酸全产业链优化工程，着力实施乳酸、丙交酯、聚乳酸和下游制品上下游一体化工程，降低设备投资成本和下游制品生产成本，全面提高产业整体竞争水平。

仍需多管齐下

作为有望缓解资源危机和环境污染的新材料，生物基纤维的发展不仅要实现原料替代，还要实现过程替代和产品替代。但记者发现，目前我国部分再生纤维素纤维生产过程仍存在不清洁的问题。

对此，王岚表示，开发面向过程的清洁生产工艺是解决这一问题较为可行的方式。“以新资源再生纤维素纤维(如麻纤维、竹纤维、秸秆纤维)为例，可以利用生物炼制技术条件温和、环境友好、产品多样等优点，解决部分再生纤维素纤维生产过程的污染问题，并在原料利用率最大化的前提下，开发多组分高价值产品。”

陈鹏还指出，应逐步淘汰如纤维素再生纤维等品种生产过程中使用的有毒、污染溶剂，代之以新一代绿色、环保溶剂。

“生物基纤维特别是生物基合成纤维，从聚合级单体制备、聚合物产品开发再到纤维级片材、纤维面料开发，整个生产流程长、关键技术环节较多，需要核心技术、工艺、装备、产品等方面协同发展，才能将相关产业做大做强。”王岚表示。

她建议以生物基纤维及其原料重大工程专项为产业突破口，把“三个替代”和“三个结合”作为当前发展生物基纤维的重要任务，开发替代石油资源的非粮生物质原料，突破生物基纤维绿色加工新工艺、装备集成化技术、实现产业化生产；拓宽生物基纤维应用领域，促进产业链跨越与可持续发展，显著提高经济与社会效益。

王岚表示，一方面国家应积极制定生物基纤维产业发展的相关政策和规定，推进基础研究和产业发展；另一方面还应充分调动国内高校和科研院所，加强生物基纤维的基础和应用研究，支持相关产业关键技术人才培养，引导企业与高校、科研院所进行产学研合作，加大原创技术开发，开展知识产权竞争。

“还应积极引导资本的介入，组织相关机构大力推动生物基纤维的生产和应用，鼓励大型国有企业介入生物基纤维的开发和转化，加强产业链的合理布局，以快速推动我国生物基纤维产业的发展，抢占产业制高点。”王岚补充道。

微藻是自然界中广泛存在的单细胞光合自养生物，可将空气中的二氧化碳高效转化为油脂、碳水化合物、蛋白质和色素等高附加值产品，被应用于第三代生物燃料、饲料、食品等领域。然而，微藻的种质鉴定和代谢功能检测十分繁琐，且自然界中大部分微藻难以培养。

近日，中国科学院青岛生物能源与过程研究所单细胞中心发布首个微藻拉曼组数据库，结合机器学习，示范了单细胞精度的快速微藻种类鉴定和代谢功能表征。这一新技术为微藻细胞工厂的高效挖掘和筛选提供了一个免培养、高通量的强有力手段。相关论文日前发表于《分析化学》。

种质资源实现快速鉴定

微藻是地球上代谢功能最为多样化的生物类群之一，也是生物技术产业中重要的一类光合细胞工厂。因此，“微藻细胞工厂”有望成为服务低碳制造的解决方案之一。

微藻种质资源的快速鉴定和代谢功能检测是实现这一前景的前提和基础。然而，传统“先养后筛”的种质筛选策略面临培养时间长、步骤繁多、难以自动化及难培养藻种分析难等诸多瓶颈。

针对上述问题，单细胞中心开发出一种基于拉曼组的藻类细胞快速鉴别与代谢功能快检技术。拉曼组是一个细胞群体的单细胞拉曼光谱的总称，代表着可以单细胞精度快速、低成本、高通量获取的细胞群体实时代谢状态。

单细胞中心主任徐健告诉《中国科学报》，针对已获纯培养的藻种，研究人员采集了色素分子拉曼光谱(PS)和微藻细胞自身拉曼光谱(WS)两张谱图，构建出首个藻类拉曼组数据库。该数据库包含了在不同生长长期(稳定期和指数期)、分属27个微藻种属的超过9000个单细胞的拉曼光谱。该团队开发的机器学习算法，通过PS和WS联用，辨别待测单细胞的藻种和生长状态，准确率达97%。

不仅如此，针对环境中尚难培养的藻类细胞，研究人员借助前期发明的单细胞拉曼分选技术捕获活性藻类单细胞，从而采集其PS和WS谱图，并结合下游单细胞测序，建立了环境中微藻单细胞代谢表型组和基因型的关联。

徐健介绍说，这种方法不需分离培养，即可构建环境中任何微藻细胞的拉曼光谱数据库，进而基于机器学习，支撑尚难培养藻种的快速鉴定和代谢功能检测。

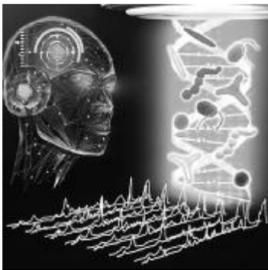
除了种质鉴别，单细胞拉曼光谱还能揭示微藻利用二氧化碳后的碳源存储形式，如油脂、淀粉、蛋白、色素等，以及它们的含量和油脂的不饱和度等化学性质。“这些代谢表型信息，对于快速评估微藻种质的培养工艺、经济价值和潜力至关重要。”徐健说。

探测全面信息仅需数秒

“与传统依赖于培养的‘先养后筛’策略不同，基于拉曼组的种质筛选策略无需培养与扩繁细胞，

我国构建首个藻类拉曼组数据库 微藻细胞工厂再提速

■本报记者 廖洋 通讯员 刘佳



拉曼组机器学习加速微藻种质挖掘示意图。受访者供图

既节约了大量时间和人工，也能够挖掘和筛选尚难培养的微藻细胞。”徐健说。

同时，针对每个微藻细胞，拉曼光谱的采集通常仅需数秒时间，且无需破坏细胞，故而步骤简洁、分析通量高、易于实现自动化，还能在单细胞精度同时探测从代谢表型组到基因组的全面信息。因此，这一新技术可大大加速微藻细胞工厂及其代谢产物的挖掘与利用。

气候变化是人类面临的全球性问题，二氧化碳排放量超标和温室气体的激增严重威胁地球生命系统，我国对此已提出“双碳”目标。“微藻作为一种天然的固碳细胞工厂，将在实现该目标的这场硬仗中发挥重要作用。”徐健对此很有信心。

记者了解到，针对工业产油微藻(微拟球藻)，单细胞中心前期已经发表了基因敲低技术、基因编辑技术、染色体大片切除技术等特色遗传操作工具，并组织了“微拟球藻设计与合成”国际合作计划，推动了国内外工业微藻研究与产业群体的资源共享与技术合作。

“此次首个微藻拉曼组数据库及其机器学习手段的相关论文发表，将加速新一代微藻资源信息平台的构建和共享，促进藻类为‘双碳’行动做出特色贡献。”徐健表示。

相关论文信息：<https://doi.org/10.1021/acs.analchem.1c01015>

资讯

全国首例强底气砂岩油藏“二氧化碳驱”见效

本报讯 近日，全国首例强底气砂岩油藏二氧化碳驱油先导试验在中国石化西北油田获得成功。编号为TK124H的试验井组注入二氧化碳增产原油4400吨。该井注入捕获自中国石化塔河炼化装置的二氧化碳2.2万吨，相当于900亩阔叶林1年吸收二氧化碳的数量。这些注入的二氧化碳来自塔河炼化与中国石化塔河炼化公司合作共建二氧化碳回收装置，以塔河炼化制氢装置PSA尾气为原料，经过吸收塔溶液吸收后，将温室气体二氧化碳转变为液态二氧化碳产品，吸收二氧化碳后的剩余气体作为加热炉燃料。自2020年5月投产以来，累计生产液态二氧化碳产品

2.6万吨，降低炼化装置二氧化碳排放量约4.86万吨，降低烟气排放1.23亿立方米。

国内外底气砂岩油藏分布广泛，目前大部分油藏均处于高含水开发阶段，油井水淹严重，大部分油藏因缺乏有效治理手段而停产或废弃。西北油田以地下利用二氧化碳作为减排的重点突破方向，强底气砂岩油藏二氧化碳驱油先导试验的成功，为回收利用二氧化碳提供了新方向。据了解，先导试验计划注入17.3万吨液态二氧化碳，相当于7000亩阔叶林1年吸收二氧化碳的数量，预计将增产原油8.3万吨，为“二氧化碳驱”在油田普及奠定基础。(赵广立)

第十三届中国地热高层论坛将在西安召开

本报讯 以“新开局·新思路 助力30·60双碳目标”为主题的“西咸沣西能源·2021第十三届中国国际地热行业高层论坛”将于8月8-10日在陕西西安召开。

大会将围绕地热能及地源热泵产业战略规划与政策标准、地热供暖、地热发电产品与技术、地热能区域能源与多能互补、国际地源热泵和地热行业前沿展望等议题展开交流。

大会期间还将举办“2021第八届国际地热能技术与装备展”，含线下+线上同步展览，将展示国内外地热能及地源热泵行业新技术与产品，展示内容涉及地热能供暖、发电、地源/水源/空气源热泵，“煤改电”产品与技术、地热钻井和回灌设备、清洗检测设备、及余热回收与近零能耗建筑相关技术和产品等。

据悉，本次大会由陕西省西咸新区开发建设管理委员会和北京中航宇新能源研究院联合主办。(李惠钰)

“双碳”大家谈

生物质材料能为“双碳”做什么

■曹新 宋新山

实现“碳达峰、碳中和”的这场仗怎么打?大规模发展可再生能源是一个突破口。

生物质能作为最具潜力的可再生能源，已成为我国仅次于煤炭、石油和天然气的第四大能源。推进储量丰富和绿色环保的生物质材料资源化利用，是实现“双碳”的有效技术途径，也是我国节能减排和环境保护的重要任务，符合当前节能环保和低碳经济的需求。

应用领域正不断扩展

可资源化利用的生物质材料主要包括直接利用光合作用合成有机物的植物，如农作物秸秆、稻壳、玉米芯、废弃木材和城市垃圾等；还包括间接利用光合作用产物而形成的有机质，如畜禽粪便、蟹壳、虾皮和贝壳等，以及光能自养型的原核生物藻类。

目前，生物质高效综合利用领域分布在能源、生态农业、环境修复、建材等。以能源领域应用为例，包括生物质制乙醇和生物质发电。前者是生物质高效综合利用最传统的途径，我国2018年生物质燃料乙醇产量约为340万吨，逐渐成为液体燃料的重要组成部分；后者在国家财政补贴的大力支持下，发电规模迅速增长，生物质发电量2019年已达1111亿千瓦时。

以生态农业领域为例，秸秆还田是重要一环，重点在于秸秆的收集和就近还田。生物质通过堆肥等发酵方法制备的有机肥，可以有效提高农田有机质含量和土壤肥力，完善农作物根系的生态

系统功能，实现农作物优质增产。

生物质材料未来的应用领域正向高价值利用方向拓展，如模块化建材、生物质碳纤维、生物质储能材料、生物质环境修复材料等。

在模块化建材方面，秸秆复合墙板、重组木、新型纤维板、木塑复合材料和生物钢等涉及生物质建材的几大成型产业，将为建筑行业装配式被动房的模块化、环保化和节能化作出重要贡献。

在生物质材料还田方面，一些新的应用技术正接近实用化，如生物质降解地膜、生物炭直接还田等正获得小规模推广。

在生物质碳纤维方面，优质的生物质碳纤维前驱体是重要方向。木质素含碳量比纤维素高，采用干喷湿纺碳化和熔融纺丝的工艺制备木质素碳纤维，提高木质素的热稳定性和可纺性是未来的研究趋势。

在生物质储能方面，利用生物质材料制备炭材料，用作电池中石墨的替代品，提升锂离子电池的储能性能。在生物质环境修复方面，生物炭材料在其中的应用前景也最大。

全面走向实际应用任重而道远

然而，生物质材料全面走向应用还存在一些问题。开发哪些种类的生物质材料，如何收集这些生物质原料，如何大规模和多途径地利用生物质材料，如何找到生物质材料制备的新方法等，都是当前亟待解决的问题。

可以制备生物质材料的原料种类繁多，筛选时要考虑储量、成本、性能和工艺等多重因素。目前应用比较广泛的生物质有稻草、秸秆、锯末、废弃木材、粪肥、餐厨垃圾、废旧包装纸盒等。这些原料大多具有储量丰富、碳含量高、制备材料工艺简单等特点。

我国生物质材料虽然来源广泛，但是耕地较为分散，农业机械化程度低。以大规模开发秸秆为例，全国各地秸秆产量分布不均，收集秸秆需要消耗大量人力物力，由此产生的物流费用是秸秆利用需要考虑的重要因素。因此，推广秸秆就近利用是其走向大规模应用的必然趋势。

除此之外，需要不断更新和发明生物质原料制备低碳环保材料的新方法。目前研究较多的是单一组分的生物质材料，而生物质复合材料的研究才刚刚起步，研发复合材料过程中能否实现精细化生产、使用的各种溶剂是否绿色环保，都是未来推广中需要投入研究的重要方面。

从管理、经济、技术层面推进

尽管生物质材料是实现“碳中和”的经济有效技术，但是该研究仍然处于方兴未艾阶段，有很多工作需要快速推进。从管理层面上看，需要大力引导碳中和背景下生物质材料的推广应用，加大生物质材料研究开发的扶持力度和资金投入，通过专项补贴等措施激励生物质低碳固碳利用，并在一段时期内能维持补贴政策稳定性和执行力度，强化生物质材