



展览会上展出的具有纳米多孔结构的新型材料气凝胶服装
中新社 任海霞摄

寻材问料

铁系梳枝丁戊橡胶 首次在国内实现工业化试生产

科技日报（实习记者宋迎迎 通讯员徐广强 王亮）近日，利用中国科学院青岛生物能源与过程研究所（山东能源研究院）研发的铁系催化丁戊橡胶合成与应用关键技术，铁系梳枝丁戊橡胶新材料在中石化巴陵石化年产3万吨溶聚丁苯橡胶装置生产线顺利产出，这是该产品首次在国内实现工业化试生产。

针对我国合成橡胶依赖进口的问题和石化下游C4-C5烯烃的高值化转化利用的迫切需求，中国科学院青岛生物能源与过程研究所（山东能源研究院）通过设计合成新型铁系催化剂，创制了铁系梳枝丁戊橡胶新材料，开发了具有自主知识产权的催化剂技术和催化聚合技术。中国科学院青岛生物能源与过程研究所（山东能源研究院）与巴陵石化合作，首次实现铁系梳枝丁戊橡胶万吨级工业化生产示范；与玲珑轮胎、森麒麟轮胎、昊华轮胎等企业合作研发，在高性能轮胎胎面胶应用关键技术领域实现突破。

该项目已于2022年7月23日通过中国石油和化学工业联合会科技成果鉴定。项目在科技部首届全国颠覆性技术创新大赛中荣获总决赛优秀奖，在第二届“率先杯”未来技术创新大赛中荣获赛事最高奖项——决赛优胜奖。

采用该新材料制造的铁系梳枝丁戊橡胶轮胎的抗湿滑性可达到欧盟新标签法A级（标准胎为B级），应用性强。铁系梳枝丁戊橡胶有望形成变革性技术产品，解决溶聚丁苯橡胶依赖进口的难题，服务国家能源化工和新材料重大需求和国民经济发展。

接下来，中国科学院青岛生物能源与过程研究所（山东能源研究院）铁系梳枝丁戊橡胶技术研发小组将持续攻关，迭代升级催化聚合技术，加强与企业的合作，拓展铁系梳枝丁戊橡胶应用市场，共同推动高性能合成橡胶材料创新发展。

竹子“变身”高透光电磁屏蔽材料

◎本报记者 张晔 通讯员 方彦衡 姚会春

竹材是一种常见的生物质材料，具有可持续性、生长速度快、资源丰富等优点，被广泛用于家具制造及家居装饰用材领域。但是，你见过透光竹材吗？它不仅透光还可以隔热、保温、屏蔽电磁，这种神奇的材料是怎么制成的呢？

近日，南京林业大学家居与工业设计学院吴燕教授领衔的课题组，通过一种简单高效的处理方式，将竹材转化为具有良好光学性能的透光原竹和透明竹片，同时保留了原竹天然形状和纤维素骨架结构。日前，相关研究论文发表于国际期刊《纳微快报》。

科技创新将竹材利用最大化，竹材逐渐作为木材、塑料、钢筋等材料的替代品被开发利用，形成了重组竹、竹编工艺品、竹纤维制品、竹碳制品等100多个系列上万个品种，竹材产品已经覆盖生产生活的各个领域。我国是世界竹材产品生产、贸易第一大国，2020年，全国竹产业产值近3200亿元。

随着人们对家居环境个性化装饰需求的日益增多，将竹材等环保材料转化为新型材料的研究越来越多，吴燕课题组的研究便是其中之一。

论文第一作者王晶介绍，透光竹材的制备主要分为两个步骤，第一步是去除发色基因，第二步是浸渍折射率与竹纤维素模板相同的聚合物。

由于竹材的孔隙率较低，竹材去除木质素和浸渍聚合物的时间比沙木、杨木等密度较小的木材要长，因此制备具有一定厚度的透光竹材是一项挑战。

该课题组选取5年生毛竹为原材料，将去青后的原竹浸泡在过氧化氢和乙酸混合溶液中，再利用简单的化学预处理去除原竹中的木质素，木质素的去除会导致更多孔隙出现，有利于下一步的填充过程。最后向竹纤维模板中填充折射率指数与其相匹配的树脂，再经过快速固化工艺，一款具有优异光学传输性能、抗拉伸性能、表面装饰性和美学价值的透光竹材便应运而生。与其他不同聚合物浸渍方法制备的生物质透明样品相比，透光原竹固化时间非常短，因此显示出显著的快速制备加工潜力。

“此类将原竹直接加工成竹纤维模板再合成透明材料的方法，将大大减少前期原料机械加工和后期原料成型的步骤，不仅减少了能耗，也减少石化资源的浪费。”吴燕说。同时，这个方法还可以用于处理其他高密度、低孔隙率的生物质材料。

据介绍，透光竹材的壁厚可达6.23毫米，透光率约60%，照度为1000勒克斯，吸水质量变化率小于4%，纵向抗拉强度达到46.40兆帕，表面性能为80.2HD（布氏硬度计测试出来的硬度单位）。

吴燕教授领衔的课题组将透光原竹与透明竹片、电磁屏蔽膜组成一款复合器件，整体结构类似于常见的蜂窝板，其中透光原竹充当核心骨架、透明竹片为面板、锡掺杂氧化银薄膜为功能层。

经过研究发现，这款复合器件可表现出显著的隔热、保温性能以及电磁屏蔽性能，在家居与建筑装饰材料领域具有广阔前景。



本版图片由视觉中国提供

气凝胶：能改变世界的多功能材料

走近超材料①

◎本报记者 李禾

气凝胶是一种超材料，它非常轻，即使把一块气凝胶放在花蕊上也不会将其压弯。目前，各种各样的气凝胶被开发出来，它们或柔软或坚硬，或导电或绝缘，应用领域广泛。1月10日，中铁一局集团有限公司表示，河南省新乡蒸汽管网项目全面通过验收。蒸汽管网对防腐、保温要求极高，其管道选用了高温离心玻璃棉及纳

米气凝胶复合保温材料。项目技术负责人汪惶说，纳米气凝胶隔热效果是传统隔热材料的2—5倍，可极大提高施工质量和施工效率，降低施工成本。

作为目前已知导热系数最低、密度最小的固体材料，气凝胶可谓是材料领域的“隔热王者”，并已在航天、石化等领域应用。比如“天问一号”探测器发动机与火星车表面、“长征五号”遥四运载火箭发动机高温燃气系统隔热、嫦娥四号探测器热电池防护等都应用了气凝胶。在我国提出“双碳”目标后，随着技术的不断创新，气凝胶的应用场景也在进一步扩大。

具有耐高温、高弹性、强吸附等特性

气凝胶是一种纳米级的多孔固态新型材料，所有孔的体积加起来占整个气凝胶体积的绝大多数，甚至可以达到99%以上，具有高比表面积、高空隙率、纳米级孔洞、低密度等特殊的微观结构特点，化学性能稳定、导热系数低、耐高温、高弹性、强吸附、防水效果好、使用温度范围广、寿命长。

“可以把气凝胶理解成多孔海绵的一个纳米版。”气凝胶领域技术专家王贝尔说，其孔径在20纳米至50纳米之间。而空气分子大小约为70纳米，大于气凝胶孔隙的直径，因此空气在气凝胶上流动效率极低，加上气凝胶本身比热容很高，热辐射传递能降到最低，因而具有很好的隔热性能。

气凝胶主要分为无机气凝胶、有机气凝胶和有机-无机杂化气凝胶三类。其中，无机气凝胶是以无机物为主体，包括单质气凝胶、氧化物气凝胶和硫化物气凝胶等。有机气凝胶则是以有机物为主体，主要包括酚醛气凝胶、纤维素气凝胶、聚

酰亚胺气凝胶、壳聚糖气凝胶以及壳聚糖-纤维素气凝胶等。有机-无机杂化气凝胶可利用有机物和无机物各自优势，实现气凝胶特殊的功能化。

《科学》杂志2021年将气凝胶列为十大热门科学技术之一，并称其为“可以改变世界的多功能新材料”。王贝尔说，气凝胶是《科学》杂志评选出的十大新材料中，唯一一个已大规模落地于实际商业场景的材料。

气凝胶的制备工艺主要分为两步，即通过溶胶-凝胶过程制备凝胶，再利用一定的干燥方法将凝胶内的液态物质替换为气态，从而制得气凝胶。

有数据显示，在气凝胶行业的成本结构中，制造成本约占45%。苏州锦富技术股份有限公司董事长助理郑松说，降低气凝胶成本是行业正在努力的一个方向，目前主要路径之一是自动化产线的落地，而成本降低将会打开更多的应用场景。

气凝胶具有高比表面积、高空隙率等特殊的微观结构特点，化学性能稳定、导热系数低、耐高温、使用温度范围广、寿命长。近年来，中国、美国、欧洲等国家和地区的研究人员通过改进气凝胶制备工艺，开发出生物质基气凝胶等多种新型气凝胶。

替代塑料，马尾藻也能用来做餐具

◎本报记者 吴长锋

在给现代生活带来极大便利的同时，塑料制品也带来了严重的环境问题。大多数塑料的原材料是石油，由于塑料极端的稳定性，废弃后在环境中长时间难以降解，最终导致持续性的环境污染。那么，能否研发出一种可持续的高性能结构材料替代石油基塑料？

日前，中国科学院大学俞书宏院士团队传来了好消息。他们研发了一种由食品级马尾藻纤维素纳米纤维（SCNF）制成的、具有优异力学性能和热学性能的高性能结构材料，为进一步代替塑料找到了一条新的路径。相关研究成果发表在《先进材料》上。

全世界目前的塑料产量已超过3.68亿吨。这当中，一次性使用的塑料制品约占40%。而这些塑料制品，尤其是一次性包装和一次性餐具等，面临着总消耗量大、浪费严重及回收困难等问题。同时，大量研究表明，塑料在日常使用和降解过程中均会释放微塑料，这将对环境和人体健康构成潜在威胁。因此，



开发具有优异的力学强度和耐热性能且不释放微塑料的高性能结构材料势在必行。

俞书宏团队长期致力于仿生结构材料的研究，将仿生结构设计理念运用于高性能生物基结构材料的研制。

生物质基气凝胶成研究热点

据中国石油管道科技研究中心评估，以350摄氏度蒸汽管道的保温应用为例，相比于传统保温材料，气凝胶的保温层厚度可减少2/3，节约能耗40%以上，每公里管道每年可减少二氧化碳排放125吨。

数据显示，2021年油气领域对气凝胶的需求占总需求量的56%，另有18%用于工业隔热，9%用于建筑建造，8%用于交通运输。国家新材料产业发展战略咨询委员会在《2022气凝胶行业研究报告》中指出，在新能源汽车动力电池模组中采用气凝胶阻燃材料，可将电池包高温耐受能力提高至800摄氏度以上。随着新能源汽车产业的发展，气凝胶在新能源汽车及储能行业应用场景广泛，需求量有望持续提升。

气凝胶发展迅速。国务院发展研究中心国际技术经济研究所分析员李维科说，近年来，中国、美国、欧洲等国家和地区的研究人员通过改进气凝胶制备工艺，开发出生物质基气凝胶、石墨烯气凝胶、聚合物气凝胶等多种新型气凝胶。值得一提的是，生物质

气凝胶发展驶入“快车道”

气凝胶的发展得到国家政策的持续支持。2014年和2015年，国家发改委连续两年将气凝胶列入《国家重点节能低碳技术推广目录》，开始对气凝胶进行初步推广应用；2018年6月气凝胶被列入建材新兴产业；同年9月，第一个气凝胶方面的国家标准《纳米孔气凝胶复合绝热制品》发布；2020年，《气凝胶保温隔热涂料系统技术标准》启用；2021年，《中共中央、国务院关于完整准确全面贯彻新发展理念做好碳达峰碳中和工作的意见》提出，推动气凝胶等新型材料研发应用。

随着气凝胶应用技术不断成熟，气凝胶发展进入“快车道”。不过，李维科说，目前气凝胶研究仍存在一些不足，比如气凝胶在高温条件下导热率增长较快，与纤维等增强基体材料的黏结性较差；生产过

程中会用到许多有机溶剂，容易造成环境污染；气凝胶难以回收利用，不利于可持续发展等。

此外，气凝胶生产成本高昂，产品价格昂贵。《2022气凝胶行业研究报告》指出，气凝胶的生产成本主要集中在原材料硅源、设备折旧及能耗方面。有效降低成本既依赖于制备工艺的突破，也需要通过低成本原材料的大规模产业化来实现。

气凝胶是罕见的可以同时满足防火、防水、隔热、隔音等多种需求的材料。李维科说，气凝胶的发展和应用仍然处于不断探索的过程，未来的研究方向主要集中在开发纤维素气凝胶、石墨烯气凝胶、钙钛矿结构气凝胶、非金属材料气凝胶等新型气凝胶上。

马尾藻纤维素基结构

材料具有较高的硬度，可以通过破坏和重组可逆的纳米纤维间氢键相互作用网络来耗散能量，进而实现了强度、模量、韧性和热稳定性的平衡。同时，该结构材料还具有良好的可加工性能及食品安全性，可加工成不同形状的餐具。

2020年，俞书宏团队研发了一种被称为“定向变形组装”的新型材料制造方法。通过该方法，团队成功地将纤维素纳米纤维和二氧化钛包覆的云母片复合制备了具有仿生结构的高性能可持续结构材料。所获得的结构材料具有比石油基

塑料更好的机械和热性能，有望成为石油基塑料的替代品。

凭借前期的科研积累，俞书宏团队向着仿生功能材料更深的领域进行探索。

该团队在温和的反应条件下，开发了高效、低能耗的方法，从马尾藻工业废弃物中提取出一种食品级的SCNF。SCNF经钙离子交联后形成SCNF水凝胶。该团队通过自上而下的方法将SCNF水凝胶制备成高强度和高热稳定性的马尾藻纤维素基结构材料。

与大多数商用塑料相比，该结构材料具有较高的硬度，还可以通过破坏和重组可逆的纳米纤维间氢键相互作用网络来耗散能量，进而实现强度、模量、韧性和热稳定性的平衡。

同时，该结构材料还具有良好的可加工性能及食品安全性，可加工成不同形状的餐具。此外，这种结构材料还可以通过聚乳酸和姜黄素进行改性，以获得更好的防水性能和抗菌性能。

俞书宏团队表示，用该结构材料制作的餐具整体性能优于目前的商用塑料、木基和聚乳酸基餐具，在该领域显示出替代这些产品的潜力。