



穿上这种超材料织物 就像背着镜子，又外挂着空调

走近智能纺织材料①

◎孙川 本报记者 吴纯新
通讯员 高翔

刚刚过去的夏天，相信很多人一定为了不被晒黑而费尽心机，其中穿上防晒衣不失为一种防晒的好方法，但由于防晒衣的材质问题，穿上往往闷热不透气，不穿又难逃紫外线“魔爪”。

既能防晒又能降温

近年来，为帮助人们应对户外极端气候条件，基于辐射制冷技术的人体热管理织物被广泛研究，即通过衣物对人体进行热量调节以提高舒适度，达到“自降温”效果。

目前，基于热传导和热对流的设计虽然能让人感觉温度舒适，但不能摆脱耗能、笨重等固有缺陷。

“在生产生活中，如何高效率、零能耗避免人们受到来自室外高温暴晒的热应激伤害？我们已经做了很多有益探索。”8月23日晚，华中科技大学武汉光电国家研究中心和材料科学与工程学院双聘教授陶光明走进直播间，以《交叉学科创新实现无源制冷超材料织物》为题，讲述了他们的科研故事。

此前，陶光明教授团队与其他科研和产业单位合作，研发了一种形态分级的光学超材料织物，可实现被动降温，使被制冷物的温度比周围环境低2—10摄氏度。

研究团队基于辐射制冷原理和形态分级的设计理念，设计制造出一种超材料织物，根据织物空间结构、纤维结构以及纤维内部纳米结构，

工艺流程与纺织行业兼容

如此高端的材料能否大规模生产呢？陶光明说，超材料织物选用绿色环保的纺织用聚合物原料，工艺流程与整个纺织行业相兼容，适合大规模推广和产业化应用。

用科技助我国稀土抛光材料迈向高端

◎本报记者 张景阳 通讯员 李宝乐

近日，稀土高新区科技和信息化局开展了“企业青年科技创新‘1+1’行动计划”项目申报工作，通过评审，最终确定对包头稀土研究院、包头中科雨航抛光材料有限公司（以下简称中科雨航）等7家企业和单位予以立项支持。中科雨航今年初发布消息称，该公司已建成年产6000吨稀土抛光粉生产线，一举打破国外企业对高档抛光粉市场的垄断。

我国抛光材料亟待高端化

近年来，随着液晶显示器产业不断壮大，高性能液晶抛光粉得到了快速发展。我国知名稀土专家、中国科学院教授洪广言表示，稀土抛光材料在工业发达国家的稀土用量中占有很高的比例，已经广泛应用于光学玻璃、液晶玻璃基板以及触摸屏玻璃盖板的抛光。

抛光是指利用机械、化学或电化学方法，使工件表面粗糙度降低，以获得光亮、平整表面的加工方法。化学与机械抛光，是目前公认的解决表面平坦化问题的理想技术。

据中科雨航总经理张海龙介绍，目前国内抛光粉每年使用量已从上世纪80年代的不足40

那么有没有一种材料可以让我们鱼与熊掌兼得呢？

最近，华中科技大学陶光明团队与多个科研单位交叉学科创新，突破性地研发了一种具有形态分级结构、可大批量制备的光学超材料织物（以下简称超材料织物），该织物既能防晒，又可以让人体体表温度降低近5摄氏度，具有优异的可穿戴性，并与整个纺织行业相兼容，适合大规模推广制备和产业化应用。相关成果发表在美国《科学》杂志上。

在不同空间、不同尺度上进行分级，形成了一种宏观有序、微观随机的形态学分级体系。依据该结构设计，可将太阳辐射波段到红外波段的光谱分为3段，交由超材料织物中的不同级次响应，最终实现紫外、可见—近红外及中红外波段的宽光谱精准调控，有效避免不同波段光谱串扰，优化光谱响应效率。

研究显示，相比于同色、同厚度的棉、涤纶、雪纺、麻等商用织物，超材料织物可明显“自降温”。

“将这种材料做成衣服穿在身上，就像背着一面镜子，外挂一台空调。”陶光明说，“镜子”不是说衣服像镜面一样直接反射阳光，而是指通过对超材料织物进行特定地排布和设计，如同打造了一个纳米迷宫，阳光照射进来，不断折射、拐弯，最后反射出去，以实现最大限度的光反射，阻挡热量输入。

“空调”也不是在衣服里加装制冷设备，而是利用宇宙背景的绝对低温冷源，借助大气透明窗口（8—13微米），增强人体与外部寒冷空间的热交换，最大化人体辐射散热，达到降温效果。

2020年12月7日，研究团队在广州制作了一半棉、一半超材料织物的自制背心进行实际人体皮肤测试，与白色棉织物相比，覆盖超材料织物的人体表面降温近5摄氏度，在站立情况下展

为了改变稀土抛光材料落后的状况，我国编制了《稀土行业发展规划（2016—2020年）》。规划中明确指出：“要开发高性能稀土抛光粉和稀土抛光液，产品达到或接近国际先进水平，满足液晶、硅晶片、高档玻璃基片抛光等应用要求。”

吨增加到2万吨以上。

“现在日本和韩国的抛光粉企业购买中国的中低档抛光粉作为原料，再利用他们的技术生产高端抛光粉，出口到中国和美国等国，赚取高额利润。中国所用的高档抛光粉大多从日本和韩国进口。”中科雨航研发部主任王红艳告诉

超材料织物既能防晒，又可以让人体体表温度降低近5摄氏度，具有优异的可穿戴性，并与整个纺织行业相兼容，适合大规模推广制备和产业化应用。

现明显的降温效果。

此外，在2021年5月5日天津进行的模拟人体排汗降温测试中，研究团队发现超材料织物相较于白色棉织物可降温约4摄氏度。在广州的模拟汽车测试中，覆盖商用车罩可使汽车模型内部降温3摄氏度，而覆盖超材料织物可降温超过30摄氏度。

研究团队基于批量纤维制备技术获得了均匀连续的超材料纤维，进一步利用纺纱织造和层压技术，制备得到了超材料织物，克服了长

产业化应用任重道远

“超材料织物有望打造具有超产业附加值的战略性新兴产业，实现以交叉学科创新驱动纺织业转型升级。”陶光明直言，超材料织物技术革新的未来影响将十分深刻。

超材料织物实现了材料—光学—纺织技术跨领域多学科协同创新，并将推动传统纺织业的创新与发展。

陶光明坦言，如今超材料织物产业化仍面临诸多问题和挑战。“首先要解决颜色单一的问题，现在的超材料织物都是白色，织物色彩多样性方面还需进一步研究。”他说，此外，投入实际生产时，高速运行的工业化流水线设备是否能达到实验室设备的精度等，都需要研发团队接下来进行重点研究。

目前，陶光明所在的研发团队已将超材料织物初步应用于防护口罩和防护服的制作。与传统医用防护材料相比，采用超材料织物的防护用品可以实现户外2—5摄氏度的有效降温，待进一步研发后，有望在保持医用产品保护作用的基础上给医护人员更好的体验。

记者。

为了改变稀土抛光材料落后的状况，我国编制了《稀土行业发展规划（2016—2020年）》（以下简称《规划》）。《规划》中明确指出：“要开发高性能稀土抛光粉和稀土抛光液，产品达到或接近国际先进水平，满足液晶、硅晶片、高档玻璃基片抛光等应用要求。”

政策的导向性非常明显，但我国抛光材料的发展现状却不容乐观。洪广言介绍，我国绝大多数稀土抛光粉生产企业工艺简单落后，设备比较简陋，生产方法各异，难以满足国内对高性能稀土抛光粉需求。

“受我国稀土抛光粉生产工艺滞后的影响，我国稀土抛光粉在高端领域的发展严重滞后，稀土抛光粉产业以及下游产业的发展也受到制约。”洪广言说道，从总体上看，稀土抛光粉生产的多元化形态应得到进一步强化。

科技创新打造优质抛光材料

随着全球经济快速增长，我国稀土产业也得到了飞速发展，但作为北方轻稀土矿主要元素的镧、铈的应用一直未有突破性的进展，镧、铈产品价格一直在低位徘徊。

“目前镧、铈产品在国外的主要应用领域依然在玻璃研磨行业，从细分上可分为工业研磨

长期以来难以将实验室制造的织物应用于热管理实际场景的挑战。

陶光明介绍，研究团队对织物结构进行优化，将反射率提高到90%以上。同时，超材料织物具有较好的透气性、防水性、柔软舒适性、可穿戴性等优势。“从制衣成本上看，超材料织物成衣和普通织物衣服基本持平，仅增加1%—10%的成本。”陶光明说，超材料织物不仅适用于运动员、清洁工、快递员、外卖员和抗疫医护人员等户外降温需求迫切的目标人群，也是普通人享受得起的科技新材料。

“现在各行各业联系我们的人比较多，市场需求很强烈。”陶光明表示，项目从开始至今，吸引了大量化纤制造、纺纱纺织、时尚服饰等领域的行业巨头，并且我们已与国内外多家主流企业开始对接交流合作。

据悉，陶光明团队正在与国家体育总局合作，有望让该技术服务冬奥会及各类户外运动赛事，为科技体育作出贡献。同时，该技术还受到了社会各界的广泛认可，团队已与包括体育运动、户外工装、化纤纺织、时尚服装、医疗健康、智能物流、汽车行业、石油化工等不同领域的国内外多家标志性企业签署协议，进一步推动新型技术的研发和应用。

一旦实现产业化应用，超材料织物原材料如何补充？

超材料织物的主要原料是可生物降解的聚乳酸纤维。陶光明表示，聚乳酸材料只是团队研究的原材料之一。“我们正在做涤纶、氨纶、尼龙等材料的实验，进展非常顺利，这些化纤材料在中国的年产量非常庞大，没有后顾之忧。”他说。

及民用研磨。”王红艳介绍说。

“开发镧、铈稀土下游技术应用，拓宽稀土高端应用领域，促进我国半导体、信息化等产业发展，是我们的目标。”张海龙说道。

为此，内蒙古确立了稀土抛光材料研制及其产业化项目，该项目确定了以碳酸稀土为原料制备高性能氧化铈抛光材料的基本方法，并在此过程中添加适当的辅助材料来改善抛光材料的表面特征和球形度，外加适宜的后续处理与表面修饰方法制备出具有优异抛光性能的新型高性能氧化铈抛光材料。

王红艳介绍，他们承担并完成了这一项目，首次采用前驱体粉体选择性球化技术，对颗粒的表面电位进行控制，同时改善了粉体的形貌和分散性。他们将水和碳酸铈直接作为原料，利用机械化学反应法改性，加入惰性盐类，制备出20—50纳米高性能研磨材料，成本低廉、易于操作，工业化前景广阔。

目前，一期项目投资1.2亿元，建设占地40亩，两条全自动生产线的抛光粉年产能达到6000吨。预计产值突破1.8亿元，利润突破600万元。“这也标志着我国高端稀土抛光材料正式进军国际市场，销售区域已经扩展到美国、日本、韩国、埃及、马来西亚等国。”张海军说。

能耗降至传统工艺的60%

新材料凭多孔结构“吸”出丙烯

◎洪恒飞 石丛珊 本报记者 江耘

《自然》杂志曾刊出标题为“改变世界的七种化学分离”的文章，文章指出，全球在制备高纯度丙烯和乙烯过程中，一年的能源消耗量相当于新加坡全年的能源消耗量，可达486太瓦时（合4860亿度电）。其中丙烯和丙烷的分离，是最耗能的过程之一。

科技日报记者9月6日从浙江理工大学材料科学与工程学院获悉，该学院特聘教授高俊阔在化学顶级期刊《德国应用化学》上发表了一项研究成果，通过采用一种新型氢键—有机框架材料（HOF），对丙烯和丙烷气体分子进行吸附分离，可大幅降低丙烯/丙烷分离产生的能耗，为这项困扰全球化工行业半个多世纪的难题提供了一种新选择。

构筑多孔结构 高效吸附丙烯

丙烯是石油化工的主要原料，在化工、服饰、电器、建材、汽车等各个行业均有广泛的应用。作为化纤大国，我国丙烯产能近年来不断扩大。据行业统计，2020年，我国丙烯总产能增长至4407万吨，环比上涨14.12%。

长期以来，传统的高纯度丙烯制备工艺主要是将丙烯/丙烷混合气体冷却降温到丙烷的沸点，从而将丙烷液化，使得丙烯气体分离出来。

“由于降温过程本身能耗巨大，并且丙烷、丙烯这两种气体分子具有非常相似的分子大小和相近的沸点，所以提纯的效率非常低。”高俊阔介绍，从原油里催化得出的并非化工产业所需的高纯度丙烯，而是丙烯/丙烷的混合物。通过低温精馏技术将丙烯/丙烷的混合物中提取出来，是目前工业上最耗能的工艺之一。

近年来，采用多孔材料对目标气体分子进行选择性吸附从而实现气体分离的吸附分离方法，因能耗低、流程操作简单等特点而备受学界、业界关注。

吸附分离技术是利用混合物中各组分在吸附剂表面吸附能力的差异来进行分离的操作技术。高俊阔介绍道，吸附分离技术的核心在于构建适合待吸附分子大小的微孔通道，或是在孔表面建立识别位点以此来筛分不同气体分子，该技术已成功应用于空气分离、天然气提纯等工业规模的任务中。

其中，HOF作为一类新兴的晶态多孔材料，由有机配体分子通过氢键作用构筑形成多孔结构，在气体吸附和分离领域展现出广阔的应用前景。

显著降低能耗 助力“双碳”目标

历经6年多的研究，高俊阔团队借助晶体工程和溶剂诱导自组装的方式，制备出一种新型的孔道中裸露羟基的微孔HOF（以下简称HOF-16），实现了丙烯/丙烷混合物的有效分离。

“这种新型材料的优点在于，它能在室温条件下吸附丙烯，保留丙烷，并通过简单的真空抽气、吹入氮气等方式，将吸附在材料里的丙烯迅速释放还原。”高俊阔解释说。

他告诉记者，团队成员经过实验检测，将丙烯/丙烷混合气体充进封闭容器，仅吸附一次后的丙烯气体纯度即可达95%，吸附两三次后就可以提纯到99%以上。

气体吸附和分离结果显示，得益于合适的孔道尺寸和功能吸附位点形成的孔道限域效应，HOF-16对丙烯/丙烷的选择性远优于一些典型的羧酸类HOF。

“HOF-16的制备非常简单。只需把低成本的原材料三苯胺三羧酸在甲醇溶剂中进行重结晶，在实验室条件下就可以方便地获得20克级的HOF-16。”高俊阔表示，无论是原材料还是制备过程，都无须苛刻的实验条件和昂贵的实验器材。更为重要的是，这项研究成果在实验条件下可以将制备丙烯的总体能耗降至传统工艺的60%。

“我国已明确碳达峰、碳中和目标，一场广泛而深刻的系统性变革已在能源、材料等领域拉开大幕。通过优化制备工艺从而降低能耗，是实现碳中和、碳达峰目标的有效途径。”高俊阔表示，接下来，团队将致力于研究HOF的孔道尺寸和孔吸附位点的调节，进一步实现丙烯/丙烷的高效分离，推进这一新型材料的量产和工业化应用。

复旦大学研发

可“穿”在身上的电池

科技日报讯（记者王春）出门不需要带充电器和充电宝，通过身上穿的衣服，就可以对手机进行无线充电。这听起来像科幻片的场景，正在逐步成为现实。

近日，复旦大学高分子科学系彭慧胜团队通过系统揭示纤维锂离子电池内阻随长度变化的规律，有效解决了聚合物复合活性材料和纤维电极界面稳定性难题，连续构建出兼具良好安全性和综合电化学性能的新型纤维聚合物锂离子电池。

9月1日，相关研究成果发表于《自然》主刊。审稿人评价该项工作是“储能领域和可穿戴技术领域的里程碑研究”和“柔性电子领域的一个里程碑”。

该纤维锂聚合物锂离子电池表现出了良好的综合性能，显示了广阔的应用前景。长度为1米的电池可以为智能手机、手环、心率监测仪、血氧仪等可穿戴电子设备长时间连续有效供电；纤维锂离子电池还具有有良好的循环稳定性，循环500圈后，电池的容量保持率仍然达到90.5%，库伦效率为99.8%；在曲率半径为1厘米的情况下，将纤维锂离子电池弯折10万次后，其容量保持率仍大于80%；甚至在重复水洗、挤压等严苛环境下也可以保持较为稳定的电化学性能。通过纺织方法，团队已经获得了高性能的大面积电池织物。