



中国材料大会 2025

暨新材料科研仪器与设备展

7月5-8日, 2025
福建 厦门

D09-纤维材料改性 with 复合技术
D09-Fiber Materials and Composite
Technology

主办单位

中国材料研究学会

会议网址: <https://cmc2025.scimeeting.cn>



D09-纤维材料改性与复合技术

分会主席：朱美芳、彭慧胜、高超、廖耀祖、李磊、王刚

D09-01

智能纤维与智能织物

王宏志*

东华大学

在人工智能和互联网技术迅猛发展的时代，智能纤维与智能织物作为集成度高、可穿戴性强的新型材料，正引领可穿戴系统迈向更智能和自适应的新阶段。本报告将从智能变色、变形、传感和能量转化为切入点，通过低维化、柔性化、集成化的设计思路和跨学科创新，探索智能纤维及织物在能源管理、健康监测和自适应交互方面的发展策略。这些技术发展有望推动智能服装与个人电子设备的深度融合，实现更广泛的应用前景，并为未来智能生活模式的探索奠定基础。

D09-02

石墨烯纤维及气凝胶

高超*、庞凯

浙江大学

团队于 2011 年首次提出氧化石墨烯液晶湿法纺丝组策略制得了米级连续的石墨烯纤维，打开了“石墨-石墨烯-碳纤维”的制备新路线。提出了全尺度缺陷工程、化学掺杂和溶剂塑化拉伸等方法，提升了石墨烯纤维的综合性能。通过产学研协同创新，建成了全球第一条 IGCC 认证的单层氧化石墨烯量产线，打通了石墨烯纤维丝束大规模制备路径。气凝胶因其高孔隙率和超低密度的特性，在隔热、催化等领域备受关注，但极端热机械条件（如 4.2-2273 K 温变、高频振动）下的结构失稳问题长期限制其工程应用。团队开发出了新型超弹性烯陶气凝胶材料家族，实现多项性能突破：在力学稳定性方面，室温下可承受 99% 压缩应变并稳定循环超 2 万次，极端温度下（4.2 K 液氦温区及 2273 K 超高温环境）循环寿命仍超 100 次；在热防护性能上，1273 K 与 2273 K 下的导热率分别低至 53.4 mW/(m K) 和 171.1 mW/(m K)，远低于现有隔热材料体系，并可在 298-2273 K 交变温域（ $\Delta T=1975$ K）中保持结构及性能稳定。该方法拓展出超 200 种气凝胶组分，支持大尺寸块体（ $\sim 50 \times 20$ cm²）和连续纤维（ > 100 m）的可控制备，为极端环境下的轻量化热管理提供了新型解决方案，在核工业、超高温飞行器及深空探测等领域展示出极大应用潜力。

D09-03

能源储存与转化多孔聚合物纤维材料

廖耀祖

东华大学

共轭高分子是一类具有 π -共轭体系结构的功能高分子，在污染物吸附分离、传感和电化学储能方向具有重要的应用价值。赋予共轭高分子材料多孔及纤维的特性，可显著丰富材料的活性位点和提高其传输性能，并带来一定的柔性，对性能的提升具有十分重要的意义。然而，由于刚性链所形成的高度交联结构，共轭高分子往往具有难溶难熔、不易加工成多孔和纤维材料的难题，极大限制了其实际应用的发展。本报告聚焦共轭高分子的分子设计、多级孔道的构筑、功能（纳米）纤维的制备及其在污染物治理、电化学储能和智能可穿戴应用领域的研究，主要内容有：1）针对新兴污染物治理，受生物淋巴管结构启发，开发亚胺键合共轭微孔聚合物催化膜（BPTPA@PAN-NFM）。其氮介导微孔可高效吸附过硫酸盐并限域生成近 100% 单线氧，分级孔结构提升传质效率，实现超高通量（2574 L/(m²h bar)）下持续 120 小时降解污染物效率超 95%（Adv. Sci. 2024, 2401966）；2）在动力电池领域，设计酰胺键合共价有机框架隔膜（PAN/AM-COF），其亲锂微孔选择性传输锂离子，分级孔提升离子电导率至 3.33 mS/cm，迁移数达 0.79，有效抑制锂枝晶。组装的 Li||PAN/AM-COF||LFP 电池在 10 C 循环 1000 次后容量衰减仅 0.037%/次，并可在 30 C 和 100°C 极端条件下稳定运行 300 次（Adv. Energy Mater. 2024, 2401146）；3）进一步地，提出“纳米纤维分级多孔共轭聚合物”新策略，通过框架化学调控与多尺度孔道设计，实现离子高效传输与稳定界面动力学的协同优化。组装的全纳米纤维 COFs 电池（ANCB）展现出卓越快充性能，该 ANCB 在 9771 W/kg

的超高功率密度下具有 518 Wh/kg 的高能量密度，超快充电时间仅为 56 秒。在 5 A/g 和 100 °C 条件下，每圈容量衰减率为 0.56% (ACS Nano 2024, 18, 29189)。

D09-04

柔性可穿戴电子材料与器件

王栋*

武汉纺织大学

近年来，柔性可穿戴电子材料及器件凭借其轻薄柔韧、贴合人体曲面的独特优势，在健康监测、智能运动、人机交互等领域展现出巨大应用潜力，成为跨学科研究的前沿热点。然而，柔性电子器件在性能提升和集成化等方面，仍面临着巨大挑战。本团队以纤维、凝胶等柔性基材为基础，设计并制备了一系列集应力感知、温度监测、生化物质检测功能于一体的传感器件。同时，团队开发了柔性供能与显示器件，提出轻纺工艺与针织技术的一体化集成方案，并成功研制出全织物可穿戴系统，实现对生理信号与动作信号的实时监测。结合典型应用场景，展示了柔性可穿戴电子在实时生理参数监测、运动姿态捕捉、疾病预警等领域的创新成果。此外，通过纺织加工技术构建柔性电路系统，并集成信号处理单元与智能算法，完成了柔性电子系统的构筑，为新型可穿戴电子器件的设计及其应用奠定了关键技术基础。

D09-05

半导体功能纤维及织物电子应用

王刚*

东华大学材料科学与工程学院&先进纤维材料全国重点实验室

半导体聚合物的迅猛发展，催生出融合电子功能的纤维和纺织品，在脑机接口、健康监测、便携式计算等领域具有巨大潜力，尤其在可穿戴与可植入领域备受瞩目。一个关键的科学挑战在于如何从高维半导体中制备一维纤维状半导体器件，同时保持原有的半导体特性。主要内容包括：(1)提出了“微流体剪切场诱导半导体纤维形成”的新颖设计理念，通过精确的微流体控制来精细调节纺丝过程中的组分、界面和取向。(2)改进了光刻技术，将精确的图形转移到光纤表面，从而制备出高性能的电路，如纤维状二极管和晶体管。(3)开发了半导体纤维集成的“光刻-编织”和“拓扑-编织”策略，并探索了其在虚拟现实拓扑力触觉纺织品和智能保健服装中的实际应用。

D09-06

高分子人造酶生物医学材料

程冲*

四川大学

我国是人口大国，各种组织器官损伤及炎症疾病的病患群体数量非常庞大，相关疾病往往创面或组织缺损大、坏死严重、炎症反应强，极易发生细菌感染，因此创面/组织愈合十分困难，自身极难修复。开发和制备具备抑菌、抗炎及促组织再生的生物医用材料对满足不同组织修复和治疗极为重要，相关领域已成为临床治疗中急需解决的难题，也是关系到人民健康的国家重大需求问题。本团队近年来提出通过构建高分子人造酶材料来实现高效抑菌、抗炎和促再生治疗效应，团队利用高分子化学结合材料基因工程技术，高通量设计和筛选了大量生物医用人造酶材料[1-5]。通过医工结合的研究模式，开发出多种可高效抑菌、抗炎及促再生的人造仿酶生物医用材料，阐明了不同人造酶结构对不同活性氧的反应效率及机理。此外还利用体外干细胞实验、动物创伤及炎症疾病模型等实验探明其抑菌、抗炎促组织再生性能、作用机制与生物安全性。团队以临床治疗为导向，针对解决和探索临床治疗重大需求的关键前沿科学问题，已研发出多种具有自主知识产权的新型生物医用高分子材料，并为该领域的发展提供原创性策略与理论基础。

D09-07**多级结构纳米纤维自增强复合材料的制备及其应用**

隋坤艳*

青岛大学

材料的增强增韧是高分子材料的重点研究方向，也是一直以来的研究难点。天然蜘蛛丝具有优异的力学强度、延展性、韧性等，其优异机械性能主要源于其多级结构，通过模仿蜘蛛丝结构来实现材料增强增韧一直是研究热点。本研究通过自组装制备多级结构纳米纤维，进而将其与本体材料进一步复合，实现“分子-介观-宏观”多尺度自增强海藻酸钠纤维和芳纶薄膜的制备。

D09-08**碳纳米管纤维：进展与思考**

吕卫帮*

中国科学院苏州纳米所

高性能纤维材料是空天飞行器、新能源装备、人形机器人、以及可穿戴电子织物等领域发展的重要物质基础，也是驱动新材料产业发展的主要力量。高性能化、功能/智能化、以及绿色低碳成本化是当前高性能纤维材料发展的重要主题。一维纳米材料碳纳米管具有密度低，力学、电学、热学性能极其优异等特性，将其进行纤维化组装，有望开发出兼具优异力学、电学和热学性能的新型高性能多功能纤维材料。过去 20 余年间，碳纳米管纤维吸引了学术界和工业界的广泛关注，并在该领域取得了一系列重要成果。本报告将对碳纳米管纤维的国内外研究进展进行概述，简要介绍碳纳米管纤维常用的制备工艺、结构与性能、初步应用探索、以及存在的主要挑战。同时，本报告将对碳纳米管纤维的未来发展进行展望。

D09-09**可穿戴化学传感织物及其安全供能单元**

何思斯*

哈尔滨工业大学（深圳）

可穿戴织物化学传感器融合了化学传感技术与电子织物，可无创、原位检测人体汗液中的靶标分子，实现多模态化学状态信息的获取，展现出巨大的日常健康监测潜力。然而，在实际应用中，由于受力学作用、溶液环境及电场等复杂因素的影响，传统生物功能材料及多重复合界面在复杂环境下易发生不稳定性，导致信号漂移甚至失效，影响传感器的检测准确性。围绕上述挑战，开展了以下系统研究工作：建立了原位共聚合的普适性合成方法，合成出兼具分子识别能力和高结构稳定性的聚合物材料，有效克服了传统酶和抗体作为功能材料时存在的稳定性差、成本高和检测环境要求严苛等难题[1, 2]；制备了具有互渗稳定结构的分子识别聚合物复合纤维电极，阐明了电极/溶液界面电荷传输稳定机制，实现了高灵敏度和高界面稳定性，突破了功能材料在微米尺度纤维基底上动态形变下稳固负载的瓶颈[3, 4]；构建了基于三电极体系的纤维状化学传感器，初步制备了柔性可穿戴织物化学传感器；此外，利用复合纤维材料制备了安全纤维状水系电池作为能源供给[5]。相关研究工作为新型智能织物提供了可借鉴的研究思路，促进了材料、化学、生物、纺织、信息电子等学科的交叉融合发展。

D09-10**聚酯纤维工程仿真与智能制造**

王华平*、谢锐敏

东华大学

2025 年作为人工智能应用元年，中国凭借庞大的制造业基础成为“人工智能+制造”的主阵地。在纤维强国战略下，聚酯纤维产业作为国际竞争的重点领域，其智能制造转型亟需突破“人、机、料、法、环、测”互联互通瓶颈，融合成形机理模型与生产大数据，构建全流程智能制造体系。本文系统综述了聚酯纤维熔融纺丝成形机理的研究进展，包括纺丝物理信息神经网络构建、喷丝板流场仿真、多场耦合成形过程模拟及结构-性能关联模型开发等关键技术，为智能制造奠定理论基础。同时，首次明确定义了纤维智能制造的内涵，提出以数字孪生为核心，通过机理与数据双驱动实现聚合-纺丝全流程智能化，涵盖智能模型、检测、生产、物流及管控五大模块。研究进一步展望了纤维智慧研究平台的未来方向，强调通过强化工业

“五基”、拓展新体系及开发智慧制造模式，推动我国纺织产业由规模化向高质量转型，提升全球竞争力。本研究为聚酯纤维产业的智能化升级提供了理论框架与技术路径。

D09-11

烯碳纤维纺丝物理化学及功能应用

邵元龙*

Peking University

纤维在人类社会中扮演着重要的角色，从国防科技到航空航天，从城市基建到休闲用品都有纤维的身影。随着社会不断的进步发展，人们对高性能、多功能纤维的需求与日俱增。作为碳基纤维领域的最新成员，烯碳纤维在初次制备至今一直广受关注，并已在能量转换、传感响应等智能领域开发相关应用。本报告将从烯碳材料湿纺机制角度出发，详细分析烯碳材料在溶液状态下分散机制以及流变性能，探索烯碳材料的纺丝流体行为以及双扩散纤维成型机制，发展了烯碳材料在复合纤维体系内的增强机制，最终形成高取向度且结构致密纤维，并研究其在热管理以及生理环境电子-离子耦合应用场景

D09-12

汗滴为媒，纱线为器：面向可穿戴应用的纱线基汗液微流控器件

鲁志松*、巨俊、裴凌威、李端、齐秀磊

西南大学

纱线是由两条或更多长丝缠绕而成的材料，在纺织工业中有着悠久的历史。由于扭曲细丝之间的间隙可以作为毛细管通道来输送液体，因此它已被用作制造无需外部泵的微流控诊断系统。汗液是由小汗腺分泌到皮肤表面的一种生物液体，含有多种物质：包括离子、生物代谢产物、激素和肽。在本报告中，报告人将首先介绍液体沿纱线流动的基本原理。随后，将汇报课题组在基于纱线的可穿戴液体输运系统用于人体汗液显色分析方面的工作。其次，将讨论三代汗液激发纱线电池的结构、性能及其潜在应用。最后，将汇报纱线基汗液激发电池与纤维状摩擦发电机结合用作织物电子干湿双模态供能，伤口渗出液激发纱线电池在促进伤口愈合以及纱线基湿气发电机等方面工作。作为服装的重要组成部分，纱线可以通过缝纫、编织、打结和缝合等方式融入到贴身衣物中。因此，基于纱线的汗液激发电池在主动健康监测方面展示出极佳的前景。

D09-13

基于碳纳米管的电化学红外调控器件

李克睿*

东华大学

红外光学特性的可控调节已成为发展自适应热伪装、热管理、热舒适等方向的理想技术手段，为了解决现有材料体系在调控幅度、可控程度、结构复杂度等方面的局限，报告人聚焦于兼具高电导率及良好力学柔性与强度的一维碳纳米管材料，简化器件结构与工艺，面向红外调控器件的多功能化发展方向，首先通过对碳纳米管改性，提升了碳纳米管功能层的红外调控能力；利用网格化电极结构设计，复合 PEDOT 涂层，所组装的红外电致变色薄膜器件展现出可见-红外双波段调控效果；开发了红外致动双响应薄膜，设计了具有红外伪装能力的软体机器人；融合皮芯与平行电极结构策略，保障了电化学长程可控性以及红外光-电化学特性在纤维形态的高效表达，实现了高性能红外电致变色纤维的连续构筑，电致变色纤维在百米长度上表现出高发射率调控范围($\Delta\epsilon\approx 0.3$)和良好循环稳定性(2000 次)

D09-14

基于冷冻湿法纺丝的气凝胶纤维制备关键技术及其应用研究

郭静

Dalian Polytechnic University

D09-15**液体门控膜材料**

侯旭

表界面化学全国重点实验室，厦门大学化学化工学院，厦门大学物理科学与技术学院，厦门大学向自然学习是新材料和新体系发展的永恒主题，通过生物材料微纳结构和功能的研究，特别是界面仿生为设计制备复合功能材料带来全新思路。受生物肺泡孔的启发，将液体作为结构与功能材料，利用液体的动态性与固体结构稳定性，提出了“液体门控机制”，并逐步将液体门控技术的概念与理论发展具体成形。2020年，液体门控技术被国际纯粹与应用化学联合会评选为十大新兴技术之一。液体门控技术将传统膜的基本科学问题从固液和固气界面扩展到固液-固液和固液-固气界面。通过对液体材料和固体材料的协同设计，开发了一系列液体门控膜材料，具有自适应性、抗污染、节能减阻等优势，广泛应用于空气净化、污水处理、物质检测、生物医学导管、智慧农业、智能气阀等多个领域。

D09-16**基于丝蛋白纳米纤维的生物活性材料设计**

吕强*、杨化祥

苏州大学

根据不同组织的特定微环境进行生物材料的仿生设计，是提高材料生物活性，实现不同组织功能修复的可行策略。高晶丝蛋白纳米纤维是具有普适性应用价值的组织修复基质和载体材料，其优异的可设计性使其成为实现不同组织多维度仿生的合适基质。按照不同组织修复的需求，利用丝蛋白加载不同活性成分，提高创面修复的血管化能力、抑制疤痕的能力和毛囊的再生，提高创面愈合的质量，实现皮肤的功能修复。将丝蛋白纳米纤维载体同丝蛋白基骨材料复合，构筑适宜骨组织再生的血管化微环境，改善骨的再生能力；利用不同丝蛋白纳米纤维响应性不同，进行骨材料个性化设计，不仅能够融合物理/化学信号，优化血管化和骨诱导性，同时可实现不同调控因素的时空调控，改善骨组织的再生进程，实现骨的功能再生。利用丝蛋白加载神经生长因子，制备取向丝蛋白凝胶，在取向和生长因子协同作用下，主动调控神经干细胞分化行为，形成有利于神经再生的微环境，抑制疤痕组织形成，再生中枢神经组织具有同正常组织相似的取向结构，运动功能恢复良好。最后，通过不同丝蛋白纳米纤维的响应性调控，实现小血管内皮层和平滑肌层的仿生，有效调控细胞行为，实现小血管再生，再生血管结构和组成同正常血管基本相同。上述的研究证明，以丝蛋白纳米纤维同时作为载体和组织修复的基质材料，可针对不同组织实现微环境的可控设计，提高不同组织的功能性修复。

D09-17**高强烯碳纤维制备技术**

蹇木强*

北京石墨烯研究院

轻质高性能材料是材料发展的永恒追求之一。烯碳材料（如碳纳米管、石墨烯）与传统纤维材料复合，以及由烯碳材料组装而成的烯碳纤维有望提升传统纤维的性能或实现其优异性能从微观到宏观的有效传递，为新型纤维材料的发展提供了方向。首先，烯碳材料可用于提高生物质纤维的性能或赋予其独特的功能，采用添食育蚕法和湿法纺丝法调控生物蛋白微纳结构，提升纤维的力学性能，为高性能改性生物质纤维的规模化制备和应用奠定基础。然后，作为烯碳纤维的典型代表，碳纳米管纤维具有低密度、高强度、高韧性、高导电导热等特性，但纤维中一般存在较多空隙，且管间作用力较弱，使其力/电/热性能普遍低于其本征性能。我们开发了碳纳米管多尺度界面工程策略，结合机械训练和致密化过程制备紧密排列、高取向和强管间作用的纤维，纤维在高应变率条件下表现出超高动态强度和优异的能量耗散能力，为制备具有高强、优异抗冲击性能的碳纳米管纤维提供了新思路。

D09-18

基于 X 射线显微技术的复合材料三维无损表征解决方案

卢宝

卡尔蔡司

多尺度，多模态，跨平台的显微表征技术在材料研究中越来越受到学者们的重视。蔡司超高分辨率 X 射线成像技术来源于同步辐射光源，可以在实验室实现微纳米级别的三维无损成像。它可以表征复合新材料，高分子材料，纤维材料，锂电池，固态燃料电池等新能源材料的三维内部结构，分析样品内部缺陷。利用其无损高分辨的特征，可以原位观察不同工况和环境状态下材料裂纹的产生变化及失效机理，在充放电下观察电池的结构变化。蔡司 X 射线显微镜结合光学显微镜，扫描电子显微镜以及聚焦离子束显微镜，可以形成多尺度，跨平台的综合显微表征系统，在复合材料，新能源材料等的研究领域有着广泛应用。

D09-19

碳纳米材料基柔性纤维复合电极结构设计

陈旭丽*

湖南大学

纤维电极是发展柔性可穿戴储能器件的关键。纤维电极的经典制备方法是在导电纤维表面沉积电活性物质，形成芯鞘结构，所得电极具有良好的柔性、可编织性，通过优化导电纤维和活性物质可以在很大程度上优化其电化学储能性能，但通常受限于复合均匀度、界面相互作用强度等导致其性能在一定程度上低于相应的非纤维复合电极。针对以上问题，报告人进行了“树状”结构、“三明治基元”式均相复合结构等纤维电极复合结构设计，以实现活性物质负载量、传荷传质过程及稳定性、力学性能的同时提升。对于碳纳米管纤维电极，设计“树状”复合结构：以取向碳纳米管纤维为“树干”，为纤维电极提供良好的力学支撑性、柔性、可编织性，并为电荷的高效传输提供通道；在纤维表面，通过化学气相沉积法原位生长掺氮碳管作为“树枝”，扩大纤维电极表面活性物质可沉积面积，为提升活性物质有效负载量并改善负载效果提供基础，并确保快速传荷，同时通过调控其生长密度、长度，形成多孔结构，确保充放电过程中的快速传质，为高倍率性能提供保障；进一步通过电化学聚合法原位沉积具有良好储能活性的导电高分子聚苯胺作为“树叶”，充分提升电极比容量，同时聚苯胺与掺氮碳纳米管间可形成更强的相互作用，同步提升循环稳定性；由此，通过取向碳管纤维、掺氮碳管、聚苯胺三者间的有效协同，提升纤维电极综合性能。对于石墨烯纤维电极，设计“三明治基元”式均相复合结构，解决常规石墨烯纤维电极因依赖石墨烯片层间 $\pi-\pi$ 相互作用必须先组装纤维再沉积活性物质的问题，提出先复合制备“三明治基元”再通过基元间 $\pi-\pi$ 相互作用组装纤维的策略，实现均相复合纤维电极的成功构建：先将导电高分子生长在氧化石墨烯(GO)片层上形成复合片层 PGO，将 PGO 夹在两片 GO 之间构筑 GO/PGO/GO 三明治基元，通过其表面 GO 间相互作用组装成型并还原即可得“三明治基元”式均相复合纤维，其活性物质均匀分布在纤维内部，有效提升了活性物质负载量和传荷传质效率，同时解决活性物质易脱落问题，发展高性能均相复合纤维，提升纤维电极综合储能性能。综上所述，通过“树状”复合结构和“三明治基元”式均相复合结构设计，不仅可以提升纤维电极活性物质负载量，还可以改善充放电过程中的传荷传质过程，进而实现比容量、倍率性能的同时提升，同时，得益于更高的复合均匀度及界面相互作用，改善负载效果，有效提升电化学储能稳定性和力学柔性。

D09-20

具有高效抗菌和高强度的细菌纤维素纳米晶/石墨烯/聚乙烯醇/香草醛复合纤维

拜永孝*

兰州大学

抗菌活性是功能缝合线不可或缺的特性之一。然而，制备抗菌缝合线的传统策略不可避免地会损害纤维的固有机机械强度。开发具有平衡抗菌和机械性能的先缝合线是非常必要的，但也具有挑战性。本研究通过物理交联、分子排列和表面涂层，成功构建了一种新型细菌纤维素纳米晶体 (BCNCs) 和氧化石墨烯 (GO) 增强的涂有香草醛 (V) 的聚乙烯醇 (PVA) 纤维。得益于 BCNCs 和 GO 薄片之间强烈的氢键相互作用和高度定向的分子排列，这些纤维表现出高机械强度 (2386.72 MPa)，是纯纤维的 2.45 倍。同时，V 作为表面涂层和 GO 作为纳米填料的协同抗菌作用使纤维对大肠杆菌和金黄色葡萄球菌的抗菌率超过

99%。此外，体内实验研究表明，BCNCs GO/PVA@V 基于其优异的生物相容性，可以促进伤口愈合，减少炎症反应，增强胶原蛋白再生。该研究为构建下一代功能性生物活性纤维提供了一种新的设计策略。

D09-21

医疗健康用导流非织造材料的一步成形

黄晨*

东华大学

由纤维直接形成的非织造材料及其制品具有结构多样、功能丰富、生产高效等特点，在医疗、卫生、护理领域应用广泛。针对医疗健康用非织造材料须兼顾安全、功能和舒适的需求，将导流功能的实现集成至聚合物原料改性、溶解、纺丝、纤维成网与加固工序中，在不使用后整理的前提下即赋予同种纤维不同的本征润湿性和取向导流结构。进一步递延至多纤维排列分布控制，以纯物理法构建兼具面内/面外定向导流功能的二维平面、多维管状非织造材料，实现匹配面内扩散与面外渗透的最终目标，并讨论在医疗健康中的应用。

D09-22

纤维膜的表面亲疏水改性和应用

毛晓卉*、刘青青、朱丽萍

东华大学

具有多级结构、优异力学性能和易功能化的纤维膜材料在多个应用领域备受关注。通过界面工程调控表面润湿性对提升服装、分离等领域的应用性能至关重要。发展刺激响应性结构可赋予材料动态环境下的自适应性能，满足工业界对多场景应用的需求。本研究通过聚多巴胺（PDA）与功能聚合物协同修饰纤维膜，构建了润湿性可调的表面体系。在疏水性 HDPE 纤维膜单侧依次沉积 PDA 和超亲水聚电解质，成功制备出具有显著疏水/亲水异质结构的 Janus HDPE 纤维膜。该膜展现出优异的水传递速率 ($577.61 \pm 72.66 \text{ g m}^{-2} \text{ h}^{-1}$)、水蒸气透过率 ($131.62 \pm 24.34 \text{ g m}^{-2} \text{ h}^{-1}$) 和气体渗透率 ($17,496 \pm 235 \text{ m}^3 \text{ m}^{-2} \text{ h}^{-1} \text{ bar}^{-1}$)，性能显著优于商用 Tyvek 膜(水传递速率 $518.93 \text{ g m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ ，水蒸气透过率 $53.09 \text{ g m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ ，气体渗透率 $2,871 \text{ m}^3 \text{ m}^{-2} \text{ h}^{-1} \text{ bar}^{-1}$)。同时该膜保持卓越力学性能(拉伸强度 $17.00 \pm 4.26 \text{ MPa}$ ，断裂伸长率 $45.49 \pm 8.75\%$)，并通过多种油水混合物的分离实验验证了其双侧不对称润湿特性。进一步地，通过在 PDA 修饰滤纸(FP)表面锚定嵌段聚合物，成功构建了具有液下双疏特性和 pH 响应性的功能表面。改性后表面在空气中水接触角达 115.5° ，油中水接触角和水下油接触角分别达到 157.5° 和 151.2° 。随着 pH 值升高，体系 zeta 电位、空气中水接触角及油中水接触角降低，而水下油接触角增大。本研究不仅为纤维膜在油水分离和服装领域的多功能应用提供了新思路，更为开发可规模化、环境友好的液-液分离系统解决方案提供了重要参考。

D09-23

胶体气凝胶纤维：设计、制备及应用

张学同*

中国科学院苏州纳米技术与纳米仿生研究所

气凝胶是利用溶胶-凝胶转变形成无序的连续胶质网络，并采用特种干燥工艺脱除凝胶内的溶液成分，而不改变其凝胶状结构，由此得到的多孔、无序和具有纳米量级连续网络的低密度固体材料；纤维是形态学上的概念，是指一种长度与截面直径比较大、具有一定柔性和强度的细长物体。气凝胶纤维是气凝胶结构在纤维形态上的具体体现。在本次报告中，我们将通过具体实例，演示如何从各种纳米级构筑单元获得功能性无机胶体气凝胶纤维、高分子胶体气凝胶纤维和石墨烯胶体气凝胶纤维，并展示这些胶体气凝胶纤维在能源、纺织等领域的应用前景。

D09-24

用“芯”成丝—微纳纤维及其宏量制备

陈苏*

南京工业大学

微流体纺丝技术是生产各向异性有序微纤维的理想微反应器平台，具有传质传热高效和制备过程绿色

等独特的优势，且所构筑的微纤维形状、尺寸及组成精准可控，近年来受到广泛关注。本文将微流控技术与传统纺丝技术相结合，通过微流体芯片的调控及外场作用，实现反应物在线混合、在线组装及在线原位反应，该方法打破了传统微流体纺丝纯物理过程的局限性。本文提出了纤维纺丝化学理论，成功构筑了一系列纤维基纳米杂化电极材料（石墨烯、碳纳米管，MOFs 等），半导体量子点、钙钛矿纳米晶掺杂聚合物纤维膜。在此基础上，发展了一系列微流体纺丝技术（微流体静电纺丝技术、微流体气喷纺丝技术和多功能涂膜技术），通过微流体纺丝技术与微流体芯片相结合的方式构筑了多种形貌可控的多功能微纳纤维，并应用于微反应器、人造皮肤、柔性穿戴、四季服和光学传感等领域。基于中试微流控气喷纺丝设备和多喷头芯片，实现了功能性微纳纤维的宏量制备及产业化。

D09-25

丝素蛋白基柔性脑机神经接口

张耀鹏*、姚响、范苏娜、牛欠欠

东华大学

使用脑机神经接口采集/监控患者皮质脑电图（ECoG）、局部场电位（LFP）等信号，对相关脑部疾病诊疗和机制研究具有重要意义。丝素蛋白（SF）具有免疫原性低、力学柔性可调和加工性优异等特性，成为构筑生物物质脑机神经接口的理想天然高分子材料之一。然而，SF 脑机神经接口的发展仍存在诸多挑战。本论文通过调控 SF 分子和 PEDOT:PSS 分子互穿与锁合过程，显著提高了基底/电极间的界面结合牢度，为电极图案制备及转移至 SF 基底提供了可行性支撑。基于优化的喷墨打印技术和激光扫描技术，分别构筑了可满足不同需求的 PEDOT 电极图案，进而结合热温辅助图案转移技术和电极封装技术，制备可用于 ECoG 或 LFP 信号采集（监测）的多通道、高精度 SF 柔性脑机神经接口。相关工作作为优化传统神经接口的性能和拓展 SF 脑机神经接口的应用提供了新的策略。

D09-26

线性可拉伸应变传感器及其仿生触觉应用

崔泽群，迟力峰

仿生界面材料科学全国重点实验室，功能纳米与软物质研究院，苏州大学

可拉伸应变传感器因其力学柔性，能够与柔软、不规则物体表面实现完美共形和大形变测量，在机器人、健康医疗和人机交互等领域拥有独特优势。线性可拉伸应变传感器能够消除预应变的干扰，对器件的实际应用有着关键作用。然而，目前尚无构建兼具线性和高灵敏度器件的系统理论和方法。我们结合裂纹式和导电网络式电阻型结构的优势，通过发展跨尺度异质结构，实现了兼具线性和高灵敏度的可拉伸应变传感器。我们基于该高性能可拉伸应变传感器，结合触觉式杨氏模量测量方法学的建立，发展了指尖模量传感器，实现了临床触诊的量化。该工作为临床诊断和机器人触觉提供了创新的核心技术，有望推动智慧医疗的发展和智能机器人的拟人化进程。

D09-27

基于生物纳米纤维的小口径人工血管及其复合改性策略

洪枫*

东华大学 先进纤维材料改性国家重点实验室，上海，201620

东华大学 生物与医学工程学院，微生物工程与医学材料研究组，上海，201620

中国纺织工程学会 细菌纳米纤维制造与复合技术科研基地，上海，201620

现有材料用于小口径（ $<6\text{ mm}$ ）人工血管时，易产生血栓、内膜增生、内皮化速度慢、长期通畅率低等问题，因此全球无临床可用的小口径人工血管产品。细菌纳米纤维素（Bacterial nano-cellulose, BNC）主要由醋酸杆菌培养合成，与植物纤维素的化学组成相同，但具有独特的类 ECM 三维纳米纤维网络结构，以及纯度高、比表面积大、生物相容性好、湿强度高优势特性，是一类医用前景广大的生物纳米纤维，在心脏搭桥等小口径血管移植领域潜力巨大。我们构建了具自主知识产权的 BNC 小口径管材的生物反应器[1-2]，并率先在国际上报道了利用静态微生物培养技术高效制备出内外表面光滑、结构致密均匀的一体化 BNC 小口径人工血管[3-4]，详细比较了国内外三种生物反应器在小口径 BNC 管材合成和性能上的差异[5]。本次报告拟简要介绍该类小口径人工血管的国内外进展，并分享团队独树一帜的原位生物合成和复合改性

等技术成果[6-17]。针对纯 BNC 管的不足，总结归纳了目前我们提出的有特色的改进策略。

D09-28

超高强度 PAN 基碳纤维微观结构与力学性能的相关性

刘勇¹，张辉¹，俞建勇²

1 东华大学材料科学与工程学院

2 东华大学纺织科创中心

碳纤维的结构性能关联关系尚未完全明确，系统研究碳纤维的构效关系对于实现碳纤维的超高性能化具有重要意义。本研究基于 Griffith 断裂理论和 Pearson 乘积-矩相关系数定量研究了拉伸模量相似但具有不同超高拉伸强度的 PAN 基碳纤维的微观结构相关性。结果表明，高拉伸强度碳纤维具有更大的微晶长径比、更低的非晶碳含量和更小的孔径，且类石墨条带、微晶及孔隙沿纤维轴的取向程度更高。这些结构变化将导致碳纤维在受载断裂时，沿着纤维轴向延伸的裂纹比例增加，裂纹在径向和轴向的裂纹扩展路径延长，从而对碳纤维拉伸强度的提高产生积极影响。

D09-29

基于纳米纤维构建生物分离多孔材料研究

刘轲*

武汉纺织大学

纳米纤维材料的功能性孔结构为生物过滤分离应用提供了新的实现途径。面向生物医药产业的高端过滤分离需求，针对生物物料液中组份分离效率及通量的协同难题，团队基于纳米纤维及其分散液，开展分散液功能化、可控干燥构筑纳米纤维集合体材料的研究。采用纳米纤维浆料化、涂覆干燥及功能化的方法，制备结构可控的纳米纤维多孔材料，用于生物大分子及微生物的分离研究。近年研究结果显示，通过湿法涂覆功能浆料和多样干燥工艺条件下，制备出致密小孔的纤维过滤膜材料及纤维基大孔层析整体分离材料，满足高密度细菌绝对拦截及高容量生物大分子的快速分离提取，相比现有除菌膜的通量提升 50% 以上，层析填料的吸附容量提升 10 倍以上，表现出优异的生物分离性能。通过改变浆料中纳米纤维及其聚集态的形态尺寸，可实现对纤维过滤分离材料孔道结构的精细调控；结合结构性能表征手段，揭示了料液在纤维集合体孔道内部的传输机制，为纤维基生物分离材料的设计和应用提供了新的思路和方法。

D09-30

高性能准固态纤维锂离子电池的设计与构建

王兵杰*、程翔然

复旦大学

可穿戴电子设备与智能织物的发展亟需兼具高能量密度、长循环寿命与高安全性的柔性储能器件。纤维锂离子电池凭借其独特的一维构型与可编织特性，已成为柔性储能领域的研究热点。然而，传统纤维锂离子电池普遍采用液态有机电解液，存在泄漏以及燃烧爆炸的安全隐患。凝胶电解质通过将电解液束缚在聚合物网络中能有效防止泄漏，然而其较高的粘度导致在高曲率的纤维电极上浸润性较差，界面接触不稳定，进而在形变过程中易出现界面剥离与性能衰退问题。

针对上述关键瓶颈，本论文围绕“电极结构设计-凝胶电解质原位聚合-高性能准固态纤维锂离子电池构建-连续化制备与集成应用”的全链条体系展开研究，深入探讨电极/电解质界面对电池电化学及力学性能的影响机制，并建立起二者之间的内在关联。针对高曲率纤维电极在浸润性与界面电荷传输方面的局限，提出多级通道结构设计策略，从而达到高活性物质负载与高活性物质利用率。为改善凝胶电解质与电极之间的接触问题，采用三羟甲基丙烷三缩水甘油醚与四氢呋喃开环聚合方法，原位构建具有拓扑交联结构的聚酯凝胶电解质，纤维电池剪断测试亦未出现电解液泄漏，展现出优异的稳定性。为构建高能量密度纤维锂离子电池，通过自由基聚合聚乙二醇二甲基丙烯酸酯原位制备出兼具高电化学稳定性与弹性的聚酯凝胶电解质，在充放电、高低温及形变条件下，聚酯凝胶电解质均能与纤维电极保持稳定的动态界面，获得超过 120Wh/kg 的能量密度。为进一步提升安全性，采用三乙二醇二甲基丙烯酸酯原位自由基聚合，并引入乙氧基五氟环三磷腈阻燃剂，制备出具有高阻燃性能的凝胶电解质。所制备的防火级纤维电池在剪断、点

燃测试中不燃烧，并在多种热、机械及电滥用条件下无热失控现象发生，安全性显著提升。研究成果不仅突破了纤维锂离子电池在能量密度、安全性和长期稳定性方面的瓶颈，也为其在可穿戴电子、智能织物及其他特殊应用场景中的推广奠定了坚实基础。

D09-31

仿生可逆纤维束网络水凝胶

门永军*、郑浩楠

东华大学

自然界中广泛存在着纳米纤维网络结构，特别是在生物组织内，这些网络赋予了组织独特的响应性和力学特性，例如应力致硬化行为。然而，如何设计并合成能够可逆形成此类仿生纤维网络的聚合物体系，仍然缺乏清晰的指导原则。我们开发出基于刚性聚电解质的可逆纤维网络水凝胶。该水凝胶由具有双螺旋构象的聚(2,2'-二磺酰基-4,4'-联苯胺对苯二甲酸) (PBDT) 和季磷盐离子液体四丁基溴化磷 ([P4444]Br) 构成。该体系不仅展现出具有高硬化指数的显著非线性力学响应（应力致硬化），而且能够在惰性表面上快速发生凝胶化形成均匀涂层，预示其在智能涂层、森林灭火等前沿领域具有广阔的应用前景。

D09-32

界面工程策略制备柔性热电纤维

张坤*

东华大学

将热电转换原理与纤维成型技术结合，有望开发兼具穿着舒适性和高热电输出性能的柔性热电纤维材料。本报告将聚焦热电纤维难以兼具热电性能及机械柔性的关键科学问题，分享近年来课题组发展的几种界面工程策略制备柔性热电纤维，系统理解其力学柔性和热电性能协同提升机制。

D09-33

CNT 纱线和深共晶离子凝胶用于柔性可穿戴器件

顾鹏*

江南大学

With the spectacular physical properties, carbon nanotube (CNT) fibers are favored in many fields such as sensing and thermoelectric devices. However, the lower tensile properties and small production scale of CNT fibers limit their further application. Collaborated with colleagues from AVIC Beijing Lab, large-scale continuous production of CNT filaments has been achieved through floating catalytic chemical vapor deposition (FCCVD) technology. In the meantime, the CNT filaments were hybrid with Kevlar fibers to obtain hybrid CNT yarns with the strength over 168.4 MPa and the electrical conductivity of $7.78 \times 10^4 \text{ S m}^{-1}$. The strength of the hybrid CNT yarns produced by this method is higher than that of 60 count cotton yarns, which is perfectly suited for the fabrication of textile devices. Based on the fact above, we did a series of work on wearable textiles sensing, electric heating and thermoelectric devices.

In the meantime, gel (hydrogel and ionic-gel) material is another target material that we focus on, due to its unique properties of self-healing and ionic conductivity. Currently, conventional hydrogels are not sufficiently durable for use and do not respond sensitively to environmental stimuli. Accordingly, the development of a hybrid hydrogel exhibiting self-healing ability and environmental responsiveness is of critical significance in broadening its application on smart wearable devices. In this part, a series of work on polyacrylate hybrid hydrogel and ductile eutectogels were conducted in our group and showed promising sensing, adaptive camouflage and thermoelectric features.

D09-34**用于人体低热收集的纤维基离子热电材料**

李沐芳、王栋*

武汉纺织大学

可以收集人体余热并将其转化为电能的纤维基热电 (TE) 器件正在迅速发展,对可持续发展具有重要意义。尽管离子热电 (i-TE) 离子凝胶被认为是下一代 TE 材料,但构建具有协同增强机械性能和 i-TE 性能的离子凝胶纤维仍然是巨大的挑战。在此,通过提出的反溶剂-掺杂-混合协同策略构建了具有 47.5 mV K^{-1} 的超高离子塞贝克系数和 43.7 mS cm^{-1} 离子电导率的聚(偏二氟乙烯-共六氟丙烯)/1-乙基-3-甲基咪唑鎓二氰胺/乙醇/NaTFSI/SiO₂ (PH/ED-E-Na-SiO₂) 电离凝胶。增强的 i-TE 性能主要归因于低晶体结构以及离子解离、迁移和扩散差异的改善。PH/ED-E-Na-SiO₂ 电离凝胶薄膜的相应功率因数高达 $9845.8 \mu\text{Wm}^{-1} \text{ K}^{-2}$,这几乎是有史以来报道的最高值。基于此,通过简单的涂层工艺制备了具有相当 i-TE 性能并显著增强的拉伸强度和应变(从 327 Kpa 和 47% 的薄膜到 17.7 MPa 和 70% 的纤维)的离子凝胶纤维。它可以编织成可穿戴的 i-TE 设备,产生高热电压并点亮发光二极管(LED)灯泡,显示出其作为可穿戴能源供应设备的巨大应用潜力。

D09-35**丝素蛋白基忆阻器的设计与研究**

范苏娜*

东华大学

丝素蛋白(SF)兼具优异的生物相容性、生物降解性及质轻、价廉等优点,在生物电子领域具有广阔的应用前景。但如何有效调控 SF 的凝聚态结构及组装结构,以提升其载流子传输能力并拓展在忆阻器中的应用,依然存在较大挑战。以 SF 为主体材料,通过诱导其内部微晶形成,促进载流子传输,实现了器件稳定性的提升,有效降低工作电流和启动功率至 $1 \mu\text{A}$ 、 $0.7 \mu\text{W}$ 。以丝素纳米带为构筑材料,通过 3D 打印辅助刷涂法构筑厚度仅为 8 nm 的超薄忆阻功能层,结合其优异的离子导电性,获得了工作电压低至 0.1 V 、数据保持时间超过 105 s 的生物忆阻器,并实现了图像存储与逻辑运算功能。为拓展在柔性可穿戴领域的应用,采用电沉积法制备了启动电压与功耗分别仅为 0.1 V 、 10 nW 的 SF 纤维忆阻器,将其与压力传感器集成,实现了对压力刺激的全方位实时感测,可仿生神经突触的伤害感受功能,为生物基多功能忆阻器的设计与构筑提供新的思路。

D09-36**三维编织形状记忆复合材料电热驱动变形行为**

张威,孙宝忠

东华大学

形状记忆聚合物复合材料克服传统聚合物强度低、响应方式单一等局限,在航空航天、生物医疗和汽车等智能结构领域具有广泛应用潜力。本研究以三维编织碳纤维增强形状记忆聚合物复合材料为对象,通过结构设计、试验表征与数值仿真,揭示其形状记忆行为及热力耦合机理。研究采用连续碳纤维/聚氨酯复合纱线,结合四步法编织与热压浸渍工艺,制备电热驱动三维四向/五向编织复合材料板与圆管结构。研究发现:编织角显著影响编织复合材料性能,小编织角(15°)使储能模量达纯聚氨酯的 3.7 倍,回复力为 35° 试样的 1.7 倍,但易脆性断裂;大编织角则增强圆管径向承载能力,回复力最高达 13.1 N 。轴纱分布于两侧的三维五向编织试样,回复力提升 37.2% 。圆管结构中, 45° 编织角试样横向压缩回复效率最佳。通过构建细观粘弹性有限元模型,数值计算表明,小编织角试样保载降温后冻结应力更高,加速回复过程;外侧轴纱应力约为内侧的 3 倍,优化轴纱位置可提升回复效率。该研究为设计智能复合材料结构提供了新思路,为复杂载荷下智能变形结构的性能预测与工程应用提供重要支撑。

D09-37**聚焦交叉研究，探索科学前沿：AIP Publishing 期刊助力纤维材料改性与复合技术研究发表**

李颖

AIP Publishing

本报告将介绍 AIP Publishing 旗下重点期刊体系，聚焦其在纤维材料改性与复合技术领域的覆盖方向与发表优势。通过期刊内容特色与经典发表案例，展示科研成果如何在 AIP Publishing 平台实现高质量传播。同时介绍 AIP 为作者提供的支持服务，助力研究者提升选刊效率与国际影响力。

AIP Publishing 是美国物理联合会(American Institute of Physics, AIP) 旗下的非营利性机构，全球知名的物理学出版商。旗下包括一系列高质量经典期刊，如 Applied Physics Letters (APL), Journal of Applied Physics (JAP), The Journal of Chemical Physics (JCP), Review of Scientific Instruments (RSI)等，以及全球最具影响力的物理杂志 Physics Today，同时在材料科学、机器学习与 AI、化学物理、生物工程、流体、能源、流体、数学科学、教育学等众多领域发展了系列有影响力的特色期刊。

D09-38**高性能有机纤维标准体系建设路径探讨**

王玉萍*

国家先进功能纤维创新中心

高性能有机纤维是支撑国防现代化建设和国民经济发展的重大战略材料，随着我国对芳纶、超高分子量聚乙烯纤维、高强高模聚酰亚胺（PI）纤维等品种生产工艺关键技术的相继突破，产品种类不断丰富，下游市场逐步开拓。

然而高性能有机纤维在工艺生产、产业应用、方法检测等环节存在牌号体系不健全、关键性能测试方法缺失、纤维织物与复合材料关键性能传递关系不清晰等问题，对产品国际竞争力提升、产业链协同发展等方面产生了一定程度的阻碍。报告将在深入分析高性能有机纤维国内外发展态势，标准体系现状的基础上，从高性能有机纤维技术、产业发展的战略性、基础性特点出发，探讨高性能有机纤维的标准体系建设路径和发展方向。

D09-39**一种纤维素直接溶剂及其在再生纤维生产中应用**

周祚万*

西南交通大学

Here we show that cellulose can be efficiently dissolved in a new solvent system, comprising tetra-butylammonium hydroxide (TBAH) and water, at room temperature. The dissolution of cellulose was adjusted by controlling the concentration of TBAH, dissolution temperature, addition of additives such as urea or DMSO. The mechanism for the dissolution was realized as regulating the amphiphilic property of the solvent system, as well as matching to the amphiphilic property between cellulose and the solvent for the minimization of the interfacial resistance between the amphiphilic crystal surface of natural cellulose and the solvent. Besides, works on the processing and industrialized enlargement of wet-spinning of cellulose were carried out with the new solvent system. Subsequently, a pilot-scale experiment of wet-spinning was carried out, and the microstructures of the regenerated cellulose fibers were characterized by 2D wide angle X-ray diffraction and small angle X-ray scattering, indicating a good orientation in the structures of crystals and micro-voids. Additionally, the new solvent system was applied in preparing series cellulose-based materials such as all-component biomass films, biodegradable bamboo foam, bamboo strip laminated composite, etc.

D09-40**基于生物基 PA56 的聚酰胺材料结构和性能研究**

刘瑞刚*

中国科学院化学研究所

生物基聚酰胺材料近年来发展迅速，其加工和应用性能与基本物理化学性能密切相关。本报告以生物

基聚酰胺 56 (PA56) 为基础, 探讨 PA56 物理化学性能与其加工工艺相关性, 阐明了 PA56 纤维制备过程中的相结构和相转变过程及其牵伸和热定型条件对 PA56 纤维结构和性能的影响。进而通过共混和共聚改性, 成功制备了系列基于生物基 PA56 材料, 探讨了化学结构对其相转变及其物理化学性能的影响。本研究对新型功能聚酰胺材料制备具有借鉴意义。

D09-41

智能高分子复合材料及其应用

张风华*、刘彦菊、冷劲松

哈尔滨工业大学

形状记忆聚合物及其复合材料作为一种智能高分子材料, 在受到外部刺激时可以改变形, 具有快速响应、轻质、长寿命、低成本、高弹性和易于加工等优点。基于形状记忆材料制备的智能结构兼具了独特的形状记忆特性和轻质高强的特点, 具有主动变形、自感知、自驱动、自修复等功能。在形状记忆聚合物复合材料及其智能结构设计和应用方面开展系列研究, 团队研发了一系列 4D 打印气管支架、骨支架、智能变形结构等, 其形状随环境变化而变化。设计了多种形状记忆智能结构, 在航天、生物医学、4D 打印等领域得到初步应用。

D09-42

用于宽温域锂金属电池的仿生凝胶聚合物电解质

朱申敏*¹、刘朔含¹、沈洁清¹、权恒道²

1. 上海交通大学 材料学院金属基复合材料国家实验室, 上海闵行东川路 800 号, 200240;

2. 北京理工大学 化学化工学院, 北京市海淀区中关村南大街 5 号, 北京, 100081

采用凝胶聚合物电解质的锂金属电池在较宽的温度范围内稳定运行是备受关注的。然而, 离子传输动力学的不足和极端温度下不稳定的电解质-电极界面极大地阻碍了其实际的应用。受生物适应自然环境的结构与功能匹配的启发, 我们报道了一种仿生凝胶聚合物电解质, 使高能量密度的锂金属电池能够在 $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ 至 $80\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的宽温度范围内稳定工作。宽温凝胶聚合物电解质是通过使用支链聚合物与其不对称类似物双耦合的设计而制成的。双偶极子耦合调节 Li 配位环境, 形成弱溶剂化结构, 在极端温度下提供快速均匀的 Li 沉积。因此, 这种含氟不易燃的凝胶聚合物电解质的离子电导率在 $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 达到 $1.03\times 10^{-4}\text{ S cm}^{-1}$, 离子迁移数为 0.83。当采用 $\text{LiNi}_{0.8}\text{Co}_{0.1}\text{Mn}_{0.1}\text{O}_2$ 正极的锂金属电池在 $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时, 能够提供 121.4 mAh g^{-1} 的初始比放电容量 (18.8 mA g^{-1}), 在 $80\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时提供 172.2 mAh g^{-1} 的放电容量 (188 mA g^{-1})。此外, 软包电池可提供高达 490.8 Wh kg^{-1} 的比能量。

D09-43

纤维状储能器件的结构与性能调控

程建丽*

电子科技大学

随着可穿戴设备的快速发展, 传统的能源器件结构已经无法满足可穿戴设备微型化、便携化、集成化的需求。新型纤维状能源器件具有一维结构, 在柔性和集成性方面具有明显优势, 是一种较为理想的可穿戴电源, 能为可穿戴智能设备的发展提供强有力的支持。然而, 目前的制备方法难以在有限元空间内实现纤维能源材料表界面结构的均匀调控, 其性能无法同时满足可穿戴设备机械性能和电化学性能的要求。

本课题组围绕研发高容量、长寿命、高柔性的可穿戴能源器件这条研究主线, 构筑低成本、高性能、长时间稳定的可穿戴纤维状能源器件, 研究材料界面结构与能量储存和电荷传输的协调关系, 主要有以下几方面的创新: (1) 提出构建高度有序、多重液/固界面纤维电极的制备方法, 揭示了有限元空间多重界面结构促进电荷传输和储存的机制; (2) 解决了聚合物纤维表界面难均匀调控的问题, 获得了多功能纤维电极的调控方法, 发展出一系列多功能集成纤维器件; (3) 利用表界面调控与掺杂协同构筑高效催化剂的策略, 实现了长寿命、柔性纤维状 Li-CO₂ 电池的研发, 开辟了可穿戴高能量密度能源器件的新方向。

D09-44**高分子纤维复合传感材料**

万鹏博*

北京化工大学

高分子纤维复合传感材料与器件在人体运动健康监测、智能电子皮肤、人机界面交互感知和智慧医学诊疗等方面展现了潜在的应用前景。通过高分子纤维网络与二维导电纳米材料之间的界面超分子作用，可控制备了透气的导电高分子复合材料网络，并组装了系列柔性传感器。所组装的高分子纤维复合传感材料与器件展现了宽检测范围、高灵敏度、快速响应性能、良好传感循环稳定性、优异的机械性能、生物相容性、透气透湿性能和穿戴舒适性，可与人体皮肤实现良好接触并用于高性能人体运动信号监测和远程人机交互感知；并在光热治疗关节炎等疾病治疗方面展现了巨大的潜力，为可穿戴传感诊断-治疗一体化材料与器件发展提供了新思路。

D09-45**人工肌纤维驱动器及应用**

邱江涛*

中国科学院苏州纳米技术与纳米仿生研究所

近些年，人形机器人在高端制造、医疗康复、极端环境作业、日常生活等方面的需求快速增长。驱动系统决定其运动性能，而传统电机或液压传动结构复杂、能耗高、刚性大，难以满足低功耗、轻量化、柔顺驱动的需求。受生物肌肉启发，人工肌纤维驱动器可在电、热、化学刺激下实现高功率密度收缩，并可集束、编织满足复杂驱动需求，为人形机器人提供新方案。然而，驱动量低、控制精度低、闭环控制难度大等问题仍限制其工程应用。突破这些瓶颈，将推动人形机器人向更加仿生发展，并加速制造技术变革。本报告介绍我们近年在人工肌肉纤维驱动器的可控驱动与应用方面的进展，主要包括（1）针对螺旋人工肌纤维驱动器的驱动循环过程做功为零的问题，发展了可在无外力作用下自恢复纤维驱动结构，实现纤维驱动器的大行程（>60%收缩率）、高功率（功率密度 7.0 kW/kg）、快速（收缩速率最高 1522%/s）稳定且有效的循环驱动。（2）提出低功耗电化学离子插层驱动的新方法，解决了目前纤维驱动器控制精度低的瓶颈，实现了纤维驱动器的精准步进驱动以及在零能耗的条件下保持高应力收缩态。（3）针对实际应用，发明了感知-驱动-反馈等多功能耦合的人工肌纤维驱动器，实现了接触和非接触信号的感知、驱动触发、驱动状态的无回滞反馈等功能，为纤维驱动器的闭环控制提供基础。

D09-46**面向能量转换与存储的纳米纤维结构**

方剑*

苏州大学

静电纺丝纳米纤维材料因其制备工艺简便、纳米尺寸纤维直径、纤维结构丰富、高比表面积和功能多样性而在各个研究领域得到广泛应用。本报告将介绍纳米纤维材料在能量收集和能量存储中的相关应用。首先，得益于静电纺丝工艺中的高倍纤维牵伸和高静电场，由压电高聚物制得的纳米纤维能够在纤维成型过程中收到机械牵伸和电场极化而具有良好的压电性，无需任何后续加工即可用于机械能收集与柔性传感应用。此外，静电纺丝纳米纤维是构筑电化学电极的理想材料，除了利用常规加热方式制备各种碳纳米纤维网膜，我们利用微波加热的新工艺来制备氮掺杂的多孔碳纳米纤维，具有单原子 Fe-N4 活性位点的碳纳米纤维电极展示了出色的 ORR 活性。高聚物纳米纤维基底也是负载活性电极材料装配柔性电池的理想选择，我们基于同步静电纺丝和静电喷涂技术制备了厚度仅为 88 μm ，具有孔隙率和导电率双重梯度柔性三维纳米纤维锌（Zn）阳极。纳米孔结构与双梯度设计相结合，促进了 Zn 自下而上致密沉积，减缓了枝晶的形成。双梯度纳米纤维阳极能够显著提升锌离子电池的弯曲测试和电化学循环稳定性。

D09-47**二维功能高分子材料**

徐宇曦*

西湖大学

备受瞩目的石墨烯是具有单原子厚度的二维碳原子晶体，也是一种独特的二维天然共轭高分子。受石墨烯二维大分子结构和特性的启发，研究人员希望从原子和分子水平理性设计合成具有新的骨架连接方式和多样化分子结构的二维晶态高分子，拓展二维功能高分子的研究范围，获得更多具有优异性能的新型二维材料，这一研究领域已成为高分子学科和材料学科新的生长点，充满巨大机遇和挑战。本报告将介绍我们在二维功能高分子尤其是二维三嗪高分子方面取得的一些研究进展，通过发展材料的精准可控制备方法和有序组装加工策略，理解二维高分子独特的构效关系，探索二维功能高分子材料在能源存储和转化方面的实际高效应用，为解决当前能源、催化和环境的重要问题提供新思路。

D09-48**智能纤维材料及其湿热管理应用**

龚维*

安徽农业大学

纤维材料在人类社会中扮演着重要的角色，从医疗保健到航空航天，从装备制造到休闲用品都有纤维的身影。随着科技的飞速发展，新型智能纤维在材料、纺织、电子等领域掀起了一场创新浪潮，吸引了大量研究人员致力于开发全新的功能纤维与智能织物。本报告将在纤维和织物层面引入新颖的功能性设计，以开拓更广泛的应用场景。基于本研究团队在智能纤维领域的研究基础，从加工性、舒适性以及功能性三个角度来探讨未来智能纤维的发展与现有技术之间的联系。通过在纤维加工与设计过程中，借助现有的熔融、湿法、静电纺丝等技术制备形态、功能各异的智能纤维。探讨体表微环境温湿度对人体舒适性的作用机制，解析纤维在人体与环境交互期间的演变规律。

D09-49**温度自适应热调控纺织品**

黄云鹏*

江南大学

被动辐射冷却（PRC）作为新一代热管理技术备受关注，现有 PRC 纺织品因夜间持续降温效应易导致人体失温、穿着不适[1-4]。本研究基于双层织物结构设计，创新性地整合 PRC 技术与相变储/释热策略，成功开发出智能温度自适应的热调控（STATR）纺织品[5]。该体系通过构建以相变微胶囊（PCM）为核、氮化硼纳米片为致密壳层的温度敏感型储热微粒，并将其均匀封装于超拉伸非织造微纤维中，实现了日间热能存储与夜间相变热释放的智能切换。进一步在储热层表面组装高红外发射率（>97%）且具有多孔结构（太阳光反射率>90%）的 TiO₂ 复合纤维，构筑的双层 STATR 纺织品展现出优异的日间被动冷却性能（较原始织物与普通 PRC 织物分别降低 10.6°C 和 4.2°C）与持续夜间保温性能（较原始织物提升 2.1°C）。同时，双层结构中的非对称多孔结构与梯度润湿性协同实现了高效汗液管理，保障了人体皮肤的持久干爽舒适。该温度自适应热调控纺织品为零能耗全天候热管理技术开辟了新路径。

D09-50**基于牺牲键的超强韧弹性纤维的制备及性能研究**

屠迎锋*、陈杰、汪胜

苏州大学

材料的强度和韧性（断裂伸长率）通常是互斥的。因此，制备超强韧弹性体材料一直是材料学的难题，也是追求的目标。近年来，通过对蜘蛛丝、蚕丝、贻贝足丝等天然超强韧弹性纤维的研究发现，引入氢键或配位键等牺牲键可制备超强韧材料，并由此引发了广泛的研究兴趣¹⁻³。然而，尽管通过引入不同种类牺牲键制备的超强韧材料已有不少报道，牺牲键的种类、强度等因素与超强韧材料性能的研究仍然较为困难。这是由于缺乏一种在其它因素保持不变的条件下只调控牺牲键强度的方法。基于本课题组近年来建立的开环-缩合级联聚合方法⁴，我们制备了侧链含三联吡啶配体的聚酯基多嵌段共聚物热塑性弹性体。通过熔融

纺丝制备了该类多嵌段共聚物的弹性纤维，将其在含有金属离子的溶液中浸泡，通过金属离子与三联吡啶的配位超分子交联，获得具有物理交联和超分子交联的双交联网络的高强 (~300 MPa) 超韧 (~100 MJ/m³) 弹性纤维。在该体系中，通过改变过渡金属离子种类 (Mn²⁺~Zn²⁺)，即可调节配位牺牲键的强度。研究发现，随牺牲键强度的提高，弹性纤维模量增加，但强度和韧性呈先增加后下降的趋势，而断裂伸长率变化不大，这是由于配位键强度太大时，其相应的牺牲键的性能被遏制。在此基础上，通过在聚酯中引入酰胺键作为牺牲键，可制备高强韧的聚酯酰胺弹性体纤维。通过调控酰胺含量，从而对聚酯酰胺弹性体的性能进行调控。上述结果提供了一种工艺简单、环境友好的制备性能可调控的超强韧弹性体纤维的方法^{5,6}。

D09-51

聚乙烯微细纤维非织造材料的生产工艺、特性及应用研究

何力军¹, 朱倩沁^{1,2}, 朱慧飞¹, 罗章生¹

¹ 厦门当盛新材料有限公司; ² 东华大学材料科学与工程学院, 先进纤维材料全国重点实验室

聚乙烯微细纤维非织造材料是一种通过独特纺丝工艺制备的高强透气膜材料, 以杜邦公司 Tyvek®及厦门当盛新材料有限公司 Dawnsens®系列产品为代表, 具有优异的力学强度、微生物阻隔、防水透气和多样灭菌适应性。本文以闪蒸纺丝法为例介绍了其生产工艺原理, 包括纺丝溶液组成、工艺流程及相分离机制; 详细分析了闪蒸法非织造材料的特性及其在医疗包装、建筑防护、个人防护装备、工业包装、印刷设计等领域的典型应用。通过对比传统透气膜材料, 阐述了闪蒸法非织造材料在各应用领域的性能优势; 最后探讨了该材料的经济发展潜力与社会价值。总之, 闪蒸法非织造材料凭借其独特的结构和性能, 在高端应用领域具有不可替代的地位, 其国产化研发对打破技术独占、保障国家医疗卫生安全具有重要意义。

D09-52

连续流电化学固液耦合反应技术回收/制备电池材料

元家树*

宁波工程学院

为减轻废 LiFePO₄ 电池不当处理对环境的影响并减少资源浪费, 发展 LiFePO₄ 回收技术至关重要。近年来, 氧化回收 LiFePO₄ 技术备受关注, 为缓解废弃 LiFePO₄ 电池不当处置造成的环境影响并减少资源浪费, 开发 LiFePO₄ 回收技术至关重要。与此同时, 钠离子电池中橄榄石结构的 NaFePO₄ 因其 154 mAh g⁻¹ 的高理论比容量和优异稳定性而备受关注。然而, 橄榄石型 NaFePO₄ 只能通过橄榄石型 LiFePO₄ 转化获得。因此, 本研究旨在开发基于连续流动电化学固液耦合反应器的金属离子嵌入技术, 利用从 LiFePO₄ 回收的橄榄石结构的 FePO₄ 合成 NaFePO₄。该技术不仅能够选择性提锂, 而且不会破坏 FePO₄ 的结构。该方法具有再生还原试剂的能力, 因此在 NaFePO₄ 合成的过程中能够维持还原剂的浓度促进反应的进行, 并减少实际还原试剂的使用量。借助第一性原理计算阐明了合成材料中钠缺陷的形成机制。研究还发现固溶体反应动力学机制随循环过程改善且具有温度敏感性。通过在电化学反应器中仅使用微量还原剂, 我们成功实现了 NaFePO₄ 的合成。该创新方法为利用回收 LiFePO₄ 制备 NaFePO₄ 提供了一种新型、经济且环境友好的技术策略。

D09-53

生物制造细菌纤维素

卢翊*

中国科学院过程工程研究所

细菌纳米纤维素 (BNC) 是一种具有广泛应用前景的结构材料。BNC 可以在含氧相和含营养相的界面上发酵产生。自然地, BNC 的形状是由细菌生长界面的宏观结构控制的。在本文中, 我们报告了一种多相生物制造原理, 使用乳液体系, 有效地将任意多相活性体系转化为可持续的高性能纳米纤维素水凝胶和/或复合材料。特别是, 近年来非平衡体系结构的发展, 使得直接界面组装生物物质的途径成为可能, 提高了纤维素生产微生物的活性和 3D 成型潜力, 并通过微生物活性制备核壳结构细菌纤维素长丝。

D09-54**Smart Fiber with Overprinted Patterns to Function as Chip-like Multi-threshold Logic Switch Circuit**

范兴*

Chongqing University

近年来，人们对精准健康管理的生活方式的需求日益增长，这要求对身体各个部位进行毛细管式的差异化监测和分析。因此，迫切需要开发一个覆盖人体的护理网络，其中每个节点不仅能够执行包括多种体征监测，还能实现异常指标的识别、预警和管理的原位逻辑计算，以减少云端数据传输冗余，显著降低云端计算负载。基于此，我们开发了一种基于多层图案嵌套结构的智能纤维，其功能相当于多阈值逻辑开关电路芯片。该智能纤维由许多长度 $< 0.3\text{ mm}$ 的微型电路单元组成，每个单元相当于一个电阻器和晶体管组成的电路。通过精确调控液滴曲面与纤维曲面的接触，开发了一种可扩展的多层功能材料图案套印加工技术，能够沿一根长纤维实现大规模电路单元的一体化高效集成，集成密度达到每米 3000 个单元以上。通过将这种智能纤维与纤维型传感器编织在一起，形成一种覆盖全身的织物型体域网。其中，每个交织节点都展示了原位多阈值逻辑开关运算的能力，可以执行远程室内环境控制或室外健康管理，而无需将传感数据移交给云计算。此外，网络节点之间可通过复杂的逻辑关系进行互连，为未来开发纤维或织物结构计算机奠定了技术基础。

D09-55**机电纤维与自供能可穿戴器件**

董凯*

中国科学院北京纳米能源与系统研究所

基于摩擦电效应机电转化纤维材料是新型机械能收集利用技术——摩擦纳米发电技术与传统纺织材料的无缝结合，不仅赋予了传统纺织以自主式供电和自驱动传感功能，而且保持了服装原有的透气、舒适和健康安全属性。针对基于摩擦电效应机电转化纤维材料的起电机理不清、电输出性能不高、自驱动传感品质不高和智能化应用场景有限等诸多关键科学技术问题，我们探究了基于特定聚合物纤维材料及其结构的摩擦/接触起电机理，通过表界面材料改性、界面微结构调控、三维织物结构设计、直流发电模式设计、自充电技术等策略，提升了摩擦电效应机电转化纤维材料的输出功率密度和压力传感品质。借助于缠绕、涂覆、纺纱等纤维制备手段和机织、针织、编织等织物织造工艺，探索了高性能摩擦电效应机电转化纤维材料的规模化制备方案。通过电路管理、程序开发和界面设计，研究了摩擦电效应机电转化纤维材料在多种场合下的应用，包括可穿戴自充电发电衣、复杂人体运动识别、水下超声定位与追踪、生理信号监测与个性化健康诊断、智能安防系统、人机交互设备等，并积极推进摩擦电效应机电转化纤维材料的产业化应用。

D09-56**基于生物多级纤维结构的韧化机制与仿生设计研究**

权浩诚*

南京大学

本研究通过定量表征与机理解析，系统揭示多种生物纤维材料（鱼鳞、鱼刺、松塔）的多级结构设计原则。采用非线性断裂力学首次精确量化鱼鳞的断裂韧性，确认其为自然界顶级韧性柔性材料；聚焦腔棘鱼鳞，发现其独特的三维 Bouligand 胶原纤维结构，结合原位同步辐射小角衍射阐明该结构通过纤维束滑移与重定向实现的韧化机制。对比鲤鱼二维 Bouligand 结构，明确束间纤维相互作用对三维韧化的核心贡献。进一步解析鲶鱼胸鳍刺梯度结构韧化机理及生物刺针形貌优化策略，并总结生物湿度响应变形共性机制，其中松塔叶片研究首次揭示梯度孔洞结构与纤维素倾角协同调控湿度驱动变形的新机理。该系列工作为发展高性能纤维复合材料（如三维编织优化、梯度界面设计及智能响应材料）提供关键仿生设计依据。

D09-57

杂环芳纶结构与纤维制备研究

罗龙波*

四川大学

杂环芳纶具有轻质、高强高韧、高耐热等优异性能，在我国航空航天、防弹防护、高端缆绳等领域得到了实际应用。相比于传统的芳纶 II (Kevlar®) 纤维，杂环芳纶中引入了不对称的苯并咪唑结构，其力学强度比芳纶 II 还要高出 30% 以上。随着相关行业的发展，其对于高性能纤维的性能要求越来越高，迫切需要进一步开发高强高模有机纤维。本文建立了纤维取向模型，通过分子模拟计算了一百余种芳杂环聚合物取向结构与性能，筛选并合成出新型杂环芳纶，并制备成高性能纤维。通过同步辐射 SAXS/WAXS、声速取向、红外、原位拉伸 SEM 等手段表征了杂环芳纶纤维的多层次结构。结果表明，芳纶 II 的结晶度达到 70%，而杂环芳纶结晶度为 30%，但杂环芳纶的晶区取向度更小 (~4°)，芳纶 II 的晶区取向角还更大 (~7°)，这说明杂环芳纶的取向度明显高于芳纶 II。微聚焦二维 WAXD 结果表明，杂环芳纶的皮-芯层取向度几乎无差异，而芳纶 II 的皮层取向度比芯层更高。这说明杂环芳纶纤维的结构更加均匀。原位拉伸 SEM 结果表明，芳纶 II 更易在表面出现裂纹，进而引发纤维断裂。而杂环芳纶纤维则在拉伸过程中，微纤出现细颈化，展现出良好的拉伸韧性。以上结果说明，杂环芳纶的结构更加均匀，皮-芯结构差异更小。这些结构的差异可能是两者纺丝工艺不同带来的结果，这对高性能纤维制备具有理论指导意义。

D09-58

类聚苯胺共轭微孔聚合物基纳米纤维催化膜及其新兴污染物降解研究

吕伟

东华大学

饮用水和污水中有机污染物的治理对人体健康和生态环境保护具有重要意义。开发高性能水处理材料，提升污染物治理性能，为降低高能耗、缓解能源紧缺、减少碳排放提供了有效的途径。本研究基于类聚苯胺结构丰富的活性位点、一维纳米纤维材料的高长径比和比表面积、和多孔材料独特的孔限域和扩散增强作用，设计并构筑了系列新兴污染物治理用类聚苯胺共轭微孔聚合物(PTPA)基纳米纤维催化膜。主要内容有：1) 受生物淋巴管结构启发，开发亚胺键合共轭微孔聚合物催化膜(BPTPA@PAN-NFM)。其氮介导微孔可高效吸附过硫酸盐(PMS)并限域生成近 100% 单线氧，分级孔结构提升传质效率，实现超高通量(2574 L/(m²h bar))下持续 120 小时降解污染物效率超 95%；2) 提出了一种电荷转移增强型类聚苯胺共轭微孔聚合物催化剂(TPBT)的精准合成策略，通过 Buchwald-Hartwig 偶联反应将缺电子受体(BT)与富电子供体(TPA)结合，构建分子内电荷转移体系。TPBT 不仅具有独特氧化还原性质，其 D-A 结构维持了分子内电荷转移特性，并保留了丰富的-NH-位点以增强 PMS 吸附。结合其窄带隙、低导带值和导电性，TPBT/PMS 在 18 分钟内实现了近 100% 的双酚 A(BPA)降解效率(k = 0.349 min⁻¹)，催化活性是无受体合成的 PTPA 的 13.5 倍。进一步地，利用 TPBT 与碳纳米管(CNT)之间的 π - π 堆积作用，制备了 TPBT@CNT 复合纤维膜，该膜在 105 小时内表现出高氧化活性(k = 1227.9 min⁻¹)和 100% BPA 降解效率；3) 开发了一种基于 PTPA 自模板碳化新方法(NSCS)，用于制备高性能氮掺杂多孔碳催化剂。该方法通过前驱体微孔中的氮介导催化位点，揭示了 200-1400 °C 碳化过程中活性氧物种(O₂·-/¹O₂ 为主)的演变机制。1000 °C 碳化样品表现出最优降解活性(k=0.170 min⁻¹)，并首次发现埃级限域空间内的 PMS 自分解产 O₂ 机制。基于该材料制备的自支撑纳米纤维膜(CPTPA-CNT)性能显著优于传统碳纳米管纳米膜(降解速率提升 6 倍，通量提高 3 倍，120 小时持续去除率达 99.4%)。

D09-59

智能纤维异质界面的多场协同调控与功能增强

朱宇文*

东华大学材料科学与工程学院&先进纤维材料全国重点实验室

智能纤维凭借其易编织集成和共形贴合的特性，将成为机器人大面积环境感知、分布式信息交互及人机交互界面的关键材料。然而其多组分体系异质界面调控不足严重制约了纤维性能的进一步提升。本次报告将聚焦力/磁/电/光等多场协同调控异质界面的动态响应，实现界面结构与物性的同步优化，突破

现有感知灵敏度、信号传输稳定性及多模响应能力等性能瓶颈。主要研究内容有：1) 设计织物力传导网络，力-磁耦合放大磁响应智能纤维的巨磁弹性效应，实现高空间分辨、高精度力感知；2) 设计螺旋异质界面结构，开发可拉伸导线，力-电耦合实现螺旋拓扑结构的自适应调控，维持分布式信号传输的导电稳定性与电磁屏蔽效能；3) 设计多尺度异质界面，实现形状记忆合金丝电-光-热多模激励下的快速可逆响应。

D09-60

聚脲氨酯适应性共价交联纤维

张璐之^{*1}、游正伟²、崔家喜^{1,3}

1. 电子科技大学长三角研究院（湖州）
2. 东华大学
3. 电子科技大学

纤维广泛存在于日常生活与各类新兴应用中，发挥着不可替代的重要作用。当前应用最广泛的纤维多由聚酯、聚烯烃和聚酰胺等热塑性聚合物制备而成。相比之下，热固性纤维因其优异的力学性能以及耐热、耐化学腐蚀等特点，在高性能应用中展现出巨大潜力。然而，传统共价交联聚合物由于其永久性的三维交联网络结构而表现出不熔不溶的特性，难以采用与热塑性聚合物相似的加工方式，从而成为制备共价交联纤维的主要障碍，亟需开发便捷高效的制备策略。我们提出了一种基于共价适应性网络（CANs）的熔融纺丝策略，用于制备适应性共价交联纤维。与干法或湿法纺丝相比，熔融纺丝工艺简便高效、成本低廉，无需使用凝固浴或有机溶剂，避免了环境污染与溶剂残留，更加绿色环保。在加工温度下，CANs 中的动态共价键可逆解离与重组行为加速，显著降低聚合物熔体黏度，从而实现加工；而在使用温度下，这些动态键被“冻结”，赋予纤维优异的力学性能与结构稳定性。我们基于脲氨酯基团构建的 CANs 验证了该策略的可行性，成功制备出力学性能优异（拉伸强度 87 MPa，最大伸长率 2639%，拉伸 800% 后几乎完全回复）、耐溶剂的聚脲氨酯适应性共价交联纤维。该策略具有拓展性，有望适用于已被广泛研究的多种动态共价键体系的 CANs。

D09-61

纤维增强树脂基复合材料界面工程及其应用

许鹏*、吴侯姍、冯唐锋、秦发祥、彭华新
浙江大学

界面科学是复合材料工程技术研究的关键与难点。复合材料的界面性能直接决定了复合材料的宏观力学性能甚至极端环境下材料的适应性与可靠性。从纤维增强树脂基复合材料界面强化方法入手，到复合材料环境适应性界面设计、复合材料界面表征新方法等展开叙述。其中复合材料的强化方法包括纤维表面处理、界面相设计与匹配性树脂基体的制备。复合材料界面相环境适应性设计包括湿热、耐高温、耐低温等极端环境下的服役与应用。最后采用基于磁性纤维应力阻抗效应开发了复合材料界面监测新方法，在复合材料固化过程、界面剪切强度预测和服役状态等实现复合材料结构健康监测。复合材料界面工程不仅仅只是力学优化、更是复合材料功能化的拓展，因此复合材料界面结构功能一体化设计成为了未来复合材料设计的重要方向。

D09-62

基于仿生装甲策略的高透气性芳纶纤维及其轻量化抗穿刺防护性能研究

尹华模¹，朱桂英²，毛超英¹，徐欢²

- 1 中国工程物理研究院化工材料研究所；2. 中国矿业大学材料与物理学院

受甲虫坚硬外骨骼的启发，本研究创新性地采用原位锚定策略，在芳纶纤维表面构筑了均匀的 ZIF-8（沸石咪唑酯骨架-8）晶体防护层，为芳纶织物打造出强韧的仿生装甲。该仿生设计实现了穿刺力的多级耗散与优化分布，使芳纶织物的透气性提升 54.0% 至 63.305 mm/s，穿刺强力显著提高 129.9% 达 56.20 N。经 20 小时装甲处理后的芳纶织物（T2A-20）仅以 0.1987 kg/m² 的超低面密度即可实现纤维的完整包覆，展现出优异的轻量化特性。傅里叶变换红外光谱（FTIR）分析不仅证实了 ZIF-8 防护层的可控生长，更揭示了其与芳纶纤维基体间牢固的分子级相互作用。值得一提的是，T2A-20 在保持 261 MPa 超高拉伸强度的同时，仍具备出色的柔韧性。这项仿生装甲技术成功突破了防护材料“高防护-高透气”难以兼得的传统局限，

为开发新一代兼具卓越防护性能与穿戴舒适性的智能纺织材料提供了新思路。

D09-63

静电纺丝纳米纤维基柔性传感材料结构设计与性能研究

陈建闻

杭州师范大学

本研究系统性地探索了静电纺丝纳米纤维基柔性传感器的设计与应用,通过多层次的创新实现了传感性能、功能集成和环境适应性的协同优化。研究首先从离子液体/热塑性聚氨酯(IL/TPU)离子凝胶纤维网络的构建入手,创新性地采用定向排列纳米纤维结构,开发出具有优异透气性的双模应变/温度传感器。该传感器通过独特的垂直导电通路设计,显著提升了离子传输效率,实现了对人体运动、呼吸等生理信号的精准监测,同时解决了传统穿戴设备透气性不足的问题。在此基础上,研究进一步拓展至全纳米纤维离子电式压力传感器的开发。通过构建 AgNWs/TiO₂/TPU 电极与 IL/TPU 介电层的三层复合结构,不仅利用界面双电层效应大幅提升了传感器的电容灵敏度,还通过引入 TiO₂纳米颗粒赋予传感器紫外屏蔽、自清洁和抗菌等多重功能,有效解决了穿戴设备长期使用过程中的卫生防护问题。最新研究聚焦纳米纤维基自供能传感系统,从自然界获得灵感,在 PVDF/ZnO 纳米纤维表面成功构筑了仿荷叶微球阵列结构。这一创新设计不仅赋予传感器超疏水特性,使其在高湿度环境下保持稳定工作,更通过电场诱导晶相转变、ZnO 纳米棒压电增强和微球应力集中效应的协同作用,显著提升了压电输出性能,为开发自供能柔性传感器开辟了新途径。该系列工作从基础传感功能出发,逐步融合防护性、环境鲁棒性与能量自主性,系统性推进了纳米纤维柔性传感器从实验室创新至实用化穿戴电子的跨越。

墙报

D09-P01

单宁莱赛尔大生物纤维的制备及其性能研究

刘彦明^{*1}、黄效华¹、池姗¹、刘翠²、李萌萌³

1. 百草未来健康科技(青岛)股份有限公司
2. 中科纺织研究院(青岛)有限公司
3. 青岛百草新材料股份有限公司

为了减少单宁在纺丝过程中的损失,采用分子巢对其进行装载、保护,再与纺丝原液混合、纺丝,制备单宁莱赛尔大生物纤维。对制备的分子巢进行扫描电镜、透射电镜、BET、装载量测试;对制备单宁莱赛尔大生物纤维进行力学性能测试、单宁含量检测、抑菌检测、抗氧化活性测试。结果表明:分子巢尺寸(100±5) nm,比表面积为 518.4 m²/g,装载量为(65.4±0.5)%;制备的单宁莱赛尔大生物纤维表面光滑,断裂强度为(3.2±0.2) cN/dtex;单宁含量为 279.54 mg/kg;对金黄色葡萄球菌、白色念珠菌和大肠杆菌的抑菌率均≥99%,洗涤 50 次后均≥88%;抗氧化活性 ABTS 自由基清除率≥99%。

D09-P02

儿茶素粘胶大生物纤维及布料的抗过敏活性分析

刘翠^{*1}、黄效华¹、池姗¹、刘彦明²、李萌萌³

1. 百草未来健康科技(青岛)股份有限公司
2. 中科纺织研究院(青岛)有限公司
3. 青岛百草新材料股份有限公司

近年有越来越多的纺织、无纺等接触皮肤产品引起皮肤过敏反应的报道出现,通常可引起皮肤发红、瘙痒、脱屑等症状。随着纤维材料的不断创新,具有舒敏功能的各类化学纤维新材料及其纤维制品也走进了人们的日常生活。本文采用局部封闭涂皮法对儿茶素粘胶大生物纤维及布料的抗过敏活性进行分析,包括小鼠皮肤过敏状况评分及对小鼠皮肤中炎症因子 TNF- α 和 IFN- γ 水平检测。结果显示:在使用 1-氯-2,4-二硝基苯(DNCB)21 天后,普通纤维组过敏状况评分 2.83±0.68、普通纤维布料组过敏状况评分 2.92±0.66、模型组过敏状况评分 3.50±1.38,与之相比,儿茶素粘胶大生物纤维组过敏状况评分 1.58±0.49 和儿茶素粘

胶大生物纤维布料组过敏状况评分 1.75 ± 0.82 均有显著性降低, 说明儿茶素粘胶大生物纤维对由 DNCB 引起的小鼠皮肤过敏反应有较好的缓解作用。与模型组相比较, 儿茶素粘胶大生物纤维组与儿茶素粘胶大生物纤维布料组小鼠的 TNF- α 和 IFN- γ 含量均显著降低, 表明儿茶素粘胶大生物纤维组与儿茶素粘胶大生物纤维布料均能降低 DNCB 对小鼠皮肤刺激造成的炎症过度表达, 说明儿茶素粘胶大生物纤维及布料均具有一定的抗皮肤炎症作用。本研究可为今后天然活性成分改性纤维的抗过敏研究提供参考。

D09-P03

集成人工智能和物联网功能的柔性可持续丝素蛋白离子触摸屏

叶超¹、张豪²、单奕诚²、傅君皓²、高文丽²、任婧²、曹雷涛²、凌盛杰^{*3}

1. 盐城工学院
2. 上海科技大学
3. 复旦大学

电子设备的日益普及导致电子垃圾 (e-waste) 显著增加, 这迫切需要开发用于柔性电子设备的可持续材料。本研究引入了丝素蛋白离子触摸屏 (SFITS), 这是一个将天然丝素蛋白 (SF) 与离子导体相结合的新平台, 可创建高弹性、环境稳定且多功能的触摸界面。通过湿度诱导结晶策略, 精确控制丝素蛋白的分子结构, 实现机械强度、电导率和生物降解性的平衡组合。SFITS 的组装和操作可靠性在各种环境条件下得到了验证, 同时通过绿色回收方法实现了其可重复使用性。此外, 通过融入物联网 (IoT) 和人工智能 (AI) 技术, 探索了 SFITS 的智能设计与应用。这种集成实现了实时触摸感应、手写识别和先进的人机交互。SFITS 的多功能性还体现在远程控制系统、分子模型生成和虚拟现实界面中的应用。研究结果突显了可持续离子导体在下一代柔性电子设备中的潜力, 为设计更绿色、更智能的设备提供了途径。

D09-P04

Light/glutathione-ignited nanobombs integrating azo and tetrasulfide bonds for multimodal therapy

Shining Niu*

Donghua University

Reactive chemical bonds are associated with the generation of therapeutic radicals and gases under internal-external stimuli, which are highly attractive for cancer treatments. However, designing multifunctional nanostructures that incorporate multiple chemical bonds remains a significant challenge. Herein, novel core-shell nanobombs integrating azo (-N=N-) and tetrasulfide bonds (-S-S-S-S-) have been constructed with sensitive ignition by both near-infrared (NIR) laser and tumor microenvironments (TME) for treating colorectal tumors. The nanobombs (GNR/AIPH@MON@PVP, GAMP) were prepared by the in-situ growth of tetrasulfide-contained mesoporous organosilica nanoshell (MON) on gold nanorods (GNR) as the photothermal initiator, the load of azo compound (AIPH) as the radical producer and polymer modification. Upon NIR irradiation, the GNR core exhibits stable and high photothermal effects because of the passivation of the MON shell, leading to the thermal ablation of cancer cells. Simultaneously, the local hyperthermia ignites AIPH to release alkyl radicals to cause extensive oxidative stress without oxygen dependence. Moreover, the MON shell can be gradually decomposed in a reduced environment and release therapeutic H₂S gas because of the cleavage of -S-S-S-S- bonds by the glutathione (GSH) overexpressed in TME, causing mitochondrial injury. Owing to multifunctional functions, the GAMP significantly inhibits the growth rate of tumors upon NIR irradiation and achieves the highest efficacy among treatments. Therefore, this study presents activatable nanoagents containing multiple chemical bonds and provides insights into developing comprehensive antitumor strategies.

D09-P05**Biomimetic Design of Photothermal/Electrothermal Fabric Composed of Carbon-core/Nanorod-array-shell Fibers for Efficient All-weather Seawater Evaporation**

Xiaolong Li*

Donghua University

Sunlight/electricity-driven thermal evaporation has been demonstrated as a promising strategy to obtain distilled water from seawater, but their practical applications are still limited by unsatisfactory photoabsorption and serious water-electrolysis during photothermal/electrothermal evaporation. Inspired by Paradisaedae's feather and electric kettle, we report on the biomimetic design of photothermal/electrothermal fabrics for realizing all-weather evaporation. The fabrics are composed of fiber bundles with carbon fiber (CF) as core and polypyrrole-decorated TiO₂ nanorod-array as shell. Such CF/TiO₂/PPy fabric exhibits broad-spectral (280-2500 nm) photoabsorption with an efficiency of 95.5% due to the light-trapping effect, and it shows an evaporation rate (2.2 kg m⁻² h⁻¹) under 1 sun. Additionally, CF/TiO₂/PPy fabric demonstrates good electrothermal performance with suppressed water-electrolysis owing to the conductivity of CF and shielding effect of the nanorod-array-shell, resulting in high evaporation rate of 7.9 kg m⁻² h⁻¹ under 3 V. Importantly, by the combined effects of 1 sun and 3 V, CF/TiO₂/PPy fabric achieves an exciting evaporation rate of 9.1 kg m⁻² h⁻¹, even without solid-salt accumulation in the long-term evaporation process (10 h), benefiting from efficient photo/electrothermal conversion and sufficient water-supplementation from thermosiphon effect. Thus, the present biomimetic design of photothermal/electrothermal fabric supplies a new path to realize efficient all-weather seawater evaporation.

D09-P06**聚多巴胺-原卟啉壳聚糖水凝胶光热氧化灭菌用于感染伤口治疗**

王宵、陈志钢*

东华大学

光疗治疗细菌感染伤口存在纳米材料细菌捕获能力弱、单次光疗易过度损伤正常组织等问题。为此，我们开发了具有细菌捕获和光热/光动力协同灭菌功能的壳聚糖水凝胶（CS-PpIX-PDA）。该水凝胶以壳聚糖（CS）为基质，原卟啉（PpIX）为光敏剂，聚多巴胺（PDA）为光热剂，经戊二醛化学交联制得。其具有多孔结构（平均孔隙率= 60.9%）、优异的溶胀性能（溶胀率= 1855%）和流变性能（G' > G''），且具备良好的光热（808 nm）和光动力（660 nm）性能。808/660 nm 激光协同照射可致 99.9999% 大肠杆菌和 99.9999% 金黄色葡萄球菌死亡。应用于伤口时，多孔结构和壳聚糖上的氨基使其具有显著的细菌捕获能力。在 660/808 nm 光激发下，光热与光动力结合能够有效灭菌。

D09-P07**Soft Fiber Electronics Based on Semiconducting Polymer**Fengqiang Sun¹, Hao Jiang¹, Haoyu Wang¹, Yueheng Zhong¹, Yiman Xu¹, Yi Xing¹, Muhuo Yu¹, Liang-Wen Feng², Zheng Tang¹, Jun Liu³, Hengda Sun¹, Hongzhi Wang¹, Gang Wang^{*1}, Meifang Zhu¹

1. Donghua University

2. Sichuan University

3. National Key Laboratory on Electromagnetic Environment Effects and Electro-Optical Engineering

Fibers, originally from nature, mastered by humans, run through and string the entire history of human civilization. The recent development of semiconducting polymer materials has further endowed fibers and textiles with various electronic functions, that are particularly attractive in applications such as information interfacing, personalized medicine, and clean energy. Due to the ability of easily integrated into daily life, soft fiber electronics based on semiconducting polymer have become increasingly popular for wearable and implantable applications during the past few years. Here, we present a review that covered early and current progress of semiconducting polymer-based fiber electronics, specifically targeting on smart wearable and implantable fields.

We first briefly introduced semiconducting polymers from the materials view, on the basic concepts and the functionality requirements in different devices. Then we examined the existing application and the related devices, including energy conversion and storage, healthcare and medicine, and information interface. Importantly, the working principle and performance of semiconducting polymer-based fiber devices were summarized, according to difference application scenarios. Subsequently, we focused on the fabrication techniques of fiber devices. Based on the continuous fabrication of one-dimensional (1D) fiber and yarn, we further introduced the fabrication methods of two-dimensional (2D) and three-dimensional (3D) fabrics. In the last section, challenges and relevant perspectives were concluded, as well as possible approaches to address the related problems.

D09-P08

Strain-insensitive fiber sensors bioinspired by spider silk with a multilevel helical structure

Du Nie¹, Zijian Yan¹, Jitian Chen¹, Yaoxian Zheng¹, Xinling Hu¹, Haichuan Ning¹, Yuexiang Wu¹, Jiamu Dai², Wei Chen¹, Wei Zhang², Xiang-Yang Liu¹, Naibo Lin*¹

1. Xiamen University

2. Nantong University

The emergence of wearable electronics has greatly stimulated the exploration of fibers due to their inherent wearing comfort. However, the manufacturing of conductive fibers with both exceptional mechanical strength and stable conductive properties remains a formidable challenge. Inspired by the helical structure of spider silk, we propose a strain-insensitive conductive fiber with a multilevel helical structure by helically arranging carbon fibers on the surface of helical polyurethane nanofibers, which is further employed in the fabrication of fiber sensors. The resulting fibers demonstrate outstanding strain stability with a resistance change rate ($\Delta R/R$) of less than 0.09 when the strain reaches 100% and a resistance change rate below 0.3 at the 200% strain level, significantly outperforming previous reports. Through experimental investigations and computational analysis, we elucidate that the underlying mechanism of the superior conductive performance and stability is attributed to the redundant helical structures and polyurethane nanofiber core layer contraction. Moreover, the fiber devices fabricated on the basis of our strain-insensitive conductive fibers exhibit distinguished performance in various health-related physiological signal monitoring tasks, such as respiration heat monitoring, voice recording, and electrochemical detection of sweat constituents.

D09-P09

Strategies for Enhancing Charge Density Output of Triboelectric Nanogenerators at the Molecular Scale Within Confined Fibrous Tribolayers

Hao Duo*, Yang Liu, Hiroaki Sakamoto

University of Fukui

Enhancing the charge density output at the molecular scale within confined tribolayer regions is a promising strategy for optimizing the triboelectric nanogenerator (TENG) performance. While conventional methods primarily focus on enhancing current density by modifying the surface properties of tribo-surfaces, choosing suitable methods and promoting electron transfer within the materials can substantially enhance the current density output. Our study revealed that intermolecular dipole-dipole interactions, mediated by hydrogen bonding between chitosan and nylon66 molecular chains, serve as effective bridging mechanisms that substantially boost TENG current density. The structure we constructed achieved an optimized performance with a high voltage of 335 V, current density of 194.5 mA m⁻² and power density of 65.1 W m⁻². Finally, the prepared SWS-TENG was attached to the fingertips, wrist, and neck to track the physiological signals of the human state during standing, walking, and running. Furthermore, through ion-ion and polymer-ion interactions achieved by incorporating KCl into nylon66 in varying ratios via electrospinning. Fourier-transform infrared spectroscopy (FTIR) and X-ray diffraction (XRD) analyses revealed that KCl disrupts hydrogen bonding in nylon66, facilitating its integration

into the polymer's molecular chains. Kelvin probe force microscopy (KPFM) demonstrated that pure nylon66 exhibits a relatively low positive static potential. Upon the incorporation of KCl, the surface positive potential of nylon66 increased significantly; however, excessive KCl content resulted in a shift to a negative potential due to the accumulation of chloride ions on the fiber surface, leading to an electrostatic shielding effect that hinders electron transfer. Additionally, instead of using a conventional metal film electrode, a breathable and antibacterial electrode was developed by coating the tribolayer surfaces with silver nanowires (AgNWs). The optimized KCl ratio resulted in a significant enhancement, achieving a maximum output voltage of 322.6 V and a current density of 180 mA m^{-2} with a working area of 9 cm^2 . Ultimately, the improved TENG was seamlessly integrated into wireless healthcare systems, offering an innovative communication solution for individuals with speech impairments or mobility limitations. This functionality highlights its potential as a transformative innovation for personalized and accessible healthcare solutions.

D09-P10

基于表面光刻技术的高性能纤维状垂直有机电化学晶体管

钟岳桁、梁淇城、孙恒达、王刚*

东华大学

结合纤维材料的柔韧性与韧性，以及有机电化学晶体管 (OEETs) 优异的电学性能，纤维状 OEET 器件在可穿戴电子领域展现出巨大潜力。然而，受当前主流薄膜器件制备技术的限制，在纤维曲面上实现电极和半导体沟道的微米级图案化仍然是一项挑战。此外，精确可控的短沟道长度对于缩小纤维状 OEET 与平面 OEET 器件性能差距也尤为关键。该项工作实现了在纤维表面上制备光刻图案化垂直结构 OEET 器件 (fiber-shaped vOEETs)，并首次获得了 n 型纤维状 vOEET 器件及高性能 p 型纤维状 vOEET 器件。纤维状 vOEET 器件以增强型模式工作，表现出优异的最大跨导 (p 型: 41.10 mS , n 型: 2.25 mS) 和电流开关比 (约 10^4)，同时具有良好的循环稳定性 (超过 500 次循环后性能保持在 90% 以上)。进一步利用针织和机织等织物结构，通过纤维状 vOEET 实现并展示了互补反相器、NAND 和 NOR 逻辑门。该方法展示了作为高性能半导体器件通用平台的应用潜力。

D09-P11

In-situ-coalescence strategy to continuously produce ultrastrong and tough carbon nanotube fibers

Xinyin Yang^{1,2,3}, Xiangyang Li^{1,3}, Muqiang Jian^{*3}, Zhengpeng Yang², Yongyi Zhang⁴, Jin Zhang¹

1. School of Materials Science and Engineering, Peking University

2. Henan Polytechnic University

3. Beijing Graphene Institute

4. Suzhou Institute of Nano-Tech and Nano-Bionics, Chinese Academy of Sciences

Carbon nanotube fibers (CNTFs) hold a great promise as next-generation high-performance materials, yet their properties are hindered by porosity, poor alignment, and weak inter-tube interactions when produced via floating catalyst chemical vapor deposition (FCCVD). Herein, an in-situ dynamic assembly strategy is developed to incorporate highly oriented, crystalline poly(p-phenylene benzobisoxazole) (PBO) nanofibers into CNTFs, synergistically optimizing assembly structure and interfacial bridging. The resulting CNTFs exhibit a remarkable tensile strength of 7310 MPa , a Young's modulus of 280 GPa , and a toughness of $196 \text{ MJ} \cdot \text{m}^{-3}$, surpassing those of conventional high-performance fibers. This work demonstrates a feasible and scalable route to fabricate ultrastrong and tough CNTFs, enabling their application in advanced composites designed for operation under extreme conditions.

D09-P12**微量双交联添加剂实现直接光刻有机电化学晶体管的性能增强**

张靖灵、钟岳彬、孙恒达、王刚*

东华大学

类似于硅基电子学，实现微/纳米图案化以促进复杂器件结构和高密度集成，对于有机电子学的发展至关重要。在各种图案化技术中，直接微影（DML）在有机电子学中应用广泛且备受关注，例如在有机电化学晶体管（OEETs）中的应用。然而，传统的 DML 技术往往需要较高的交联剂浓度，这会导致电学性能受损。为了解决这一问题，我们提出了一种新策略，通过将聚轮烷超分子交联剂（PR）引入聚（苯并二咪喃二酮）（PBFDO）。PR 通过与 PBFDO 形成氢键网络，并在紫外光触发下在分子间进行共价交联，从而在微量负载水平（ $<0.1 \text{ wt}\%$ ）下实现溶剂抗性。这种方法实现了 PBFDO 的高精度图案化（特征尺寸低于 $1 \mu\text{m}$ ），同时保持了优异的电学性能。值得注意的是，PR 还作为性能增强剂，促进了 PBFDO 的分子有序性和离子传导性。基于 PR 交联 PBFDO 制备的 OEETs 表现出约一个数量级的开/关比增加， μC^* 提高了 42%（达到 $2460 \text{ F cm}^{-1} \text{ V}^{-1} \text{ s}^{-1}$ ），并且比原始器件表现出更高的操作稳定性。这种多功能交联剂为高性能、高密度有机电子学提供了一种可扩展的解决方案，同时为超分子化学在该领域的应用开辟了新途径。

D09-P13**具有慢回弹高支撑性特种复合织物研发及气步枪竞技服装应用**

王凯歌、孙恒达、肖茹、王刚*

东华大学

在我国竞技体育领域，尤其是射击项目中，装备服装系统的核心技术和数据依然高度依赖进口产品，面临着适应性不足、数据缺失以及技术制约等多重挑战。从射击运动技术要求-人体运动特性-服装材料-服装结构设计-工艺实现技术-整体着装功能效果这一完整的过程入手，对适合于射击运动状态下的功能性射击运动鞋服样板结构以及功能性新型复合材料的开发进行深入的理论研究和应用研究，基于有机/无机杂化理论，在复合织物成型过程中，引入硬质无机填料和软质高分子树脂前躯体，通过原位反应实现“软-硬”协同杂化策略构筑高支撑性和高慢回弹特性复合织物。实现织物厚度 2.4mm 厚度下，硬度可在 60s 内从 1.5mm 降低至 3.0mm （国际射联专用设备测试），打破射击比赛服在服装结构、服装材料方面专业性技术不足的壁垒，满足比赛规则的同时赋予服装高支撑性。此外通过对国家队运动员的一对一的定制射击装备研发，对射击鞋服的材料性能、舒适性、主客观综合评价进行物理、生理和心理数据的测试和收集，进行多元数据整合分析，改进完成射击比赛服与鞋装备系列产品与搭配方案。未来该研究成果整理和归档，可以推动国产化射击鞋服装备在全国的普及化，更好地满足国家及地方射击队对于射击鞋服装备地个性化需求，提升射击领域专业运动员的人才储备，服务国家奥运战略。

D09-P14**有机硅整理剂对提高织物抗污耐磨性能的评价**

刘怡帆、李光*、钱殷超

东华大学

纺织品的抗污性能对提高服用和产业用体验有积极的作用。本文使用两种不含氟的有机硅整理剂（DOWSIL™ IE-8749 乳液和 DOWSIL™ IE-9100 乳液），采用简单的浸渍和干燥法对不同织物进行了表面处理改性，考查了面织物表化学组成的改变，评价了处理后织物的抗污性能。结果表明整理剂成功负载在不同织物上，在织物上的优化负载量为 3% 左右，在此负载量下织物对水的接触角为 $135\text{-}138^\circ$ 。处理后的织物对于不同液体污染和泥污染都具有优良的抗污性能，耐污等价达到 4-5 级。而且这种抗污性在磨损、水洗、不同化学试剂处理后仍然能够保持，具有耐久性。

D09-P15**用于逻辑信号调制的训练增强型离子开关**

贾芮、王凯歌、孙奉强、王刚、孙恒达*

东华大学

高效的离子电导开关对于离子电子学的发展至关重要，其中适应性和动态控制对于智能器件的创新是必不可少的。该领域的主要挑战之一是开发不仅可以在不同导电状态之间转换，而且可以表现出可演化的特性以增强其性能的材料。针对这一问题，介绍了一种用于创新离子开关设计的可逆相变水合盐晶体离子凝胶。可逆相变水合盐晶体离子凝胶显示出非凡的调节离子电导率的能力，训练后开关比可以达到 5000 倍。这种训练效应可归因于增强的微晶与聚合物基体之间的协同相互作用，从而导致界面结构的热力学稳定，并诱导离子迁移的更高能量成本。同时，该离子凝胶具有响应相变而调整其阻容特性的能力，使其成为信号处理的通用组件。离子凝胶在智能锁存器和多功能混合电路中的进一步应用实现了有效的逻辑信号传输，显示出其在开发先进离子电子器件方面的潜力。

D09-P16**高缠结水凝胶光纤的设计与性能分析**吴攀¹、唐瑞璟¹、伍绍吉¹、严玉蓉*^{1,2,3,4}

1. 华南理工大学，广州，广东，510640
2. 广东省社会科联岭南传统纺织服装文化遗产研究中心，广州，广东，510090
3. 广东省新型聚酰胺-6 功能纤维材料研究与应用重点实验室，江门，广东，529100
4. 广东省高性能与功能高分子材料重点实验室，广州，广东，510640

水凝胶光纤 (Hydrogel optical fibers, HOFs) 因其优异的生物相容性、机械相容性和环境响应性在生物医学光学领域展现出广阔的应用前景，但其仍然面临着光传播损耗高和机械性能稳定性不足的挑战。本研究设计了一种具有双网络核层-单网络鞘层结构的 HOFs，其中核层由聚丙烯酰胺物理缠结网络与松散共价交联网络构成，而鞘层仅含松散共价交联网络。实验结果表明，鞘层的引入有效地将 HOF 的光传播损耗降低到 0.226 dB/cm。同时，通过引入高缠结网络，HOFs 的拉伸强度得到了显著提高 (783 kPa)。此外，通过调节预聚物溶液中引发剂和交联剂的浓度，可以实现 HOFs 杨氏模量 (10 至 677 kPa) 的调控。本研究不仅为高性能 HOFs 的制备提供了新策略，还进一步拓展了其在健康监测、光学治疗等生物医学领域的应用潜力。

D09-P17**增强玄武岩纤维表面处理研究**

周文坚、高昊昕、郭熙桃、严玉蓉*

华南理工大学

商用玄武岩纤维表面多含有热固性树脂上浆剂，导致玄武岩纤维用作复合增强纤维时出现纤维与基体树脂的不相容，因此需对其进行表面处理改性。对比研究高温煅烧和丙酮处理对玄武岩纤维进行表面退浆处理效果，结果发现：玄武岩纤维的抗拉强度降低 64%，断裂伸长率从 3.62% 降低到 1.78%。使用丙酮对玄武岩纤维进行退浆处理，上浆剂清除较为干净，力学性能保留率较高，其抗拉强度降低 37%，断裂伸长率降低到 3.06%。因此化学处理相对于高温处理具有相对优势。

D09-P18**双响应胆甾型液晶弹性体复合皮芯纤维**马楚浩¹、蔡幸好¹、胡栩连¹、李万江¹、谭佳兆¹、严玉蓉*^{1,2,3,4}

1. 华南理工大学材料科学与工程学院
2. 广东省社会科联岭南传统纺织服装文化遗产研究中心
3. 广东省新型聚酰胺-6 功能纤维材料研究与应用重点实验室
4. 广东省高性能与功能高分子材料重点实验室

胆甾型液晶弹性体 (CLCE) 可以通过响应热、化学物质、电场和机械应力, 而改变胆甾型液晶分子螺距, 实现外观结构色改变。然而, 在液晶弹性体与其他聚合物混合实现多功能化的研究中会存在胆甾型液晶相破坏从而影响高灵敏颜色响应的问题。本研究以 LC756 和 1-(2-羟乙基)-3-咪唑溴盐为原料, 利用一种简单的模板法, 制备了具有皮芯结构的胆甾型液晶弹性体复合纤维(PIL-CLCEF)。PIL-CLCEF 的胆甾型液晶层能够完整保留且具备力-色和力-电双响应特性。PIL-CLCEF 具有高灵敏度力-色响应性能(机械致变色灵敏度为 $-1.94 \text{ nm} \%^{-1}$)。在 0-80% 的应变范围内使用 PIL-CLCEF 进行传感检测, 显示相对电阻从 0 变化到 280%, 应变灵敏度为 1.15, 具备优秀的力-电响应。这项工作提供了一种制备 CLCE 复合皮芯纤维的有效策略, 为智能纤维、运动传感的应用提供了一种新的可能。

仅发表论文

D09-PO01

Research on modified nanolignin epoxy resin-based carbon fiber composite materials

Zhanpeng Jiang, Jiuyin Pang*, Zhanpeng Jiang

School of materials science and engineering, Beihua University

This study aims to explore the performance optimization and application prospects of modified nanolignin epoxy resin-based carbon fiber composite materials. Carbon fiber composite materials, known for their lightweight, high strength, and high modulus, have extensive applications in aerospace, national defense, and military industries. However, traditional epoxy resin matrices suffer from low toughness, high cost, and environmental hazards. To address these issues, this study employs modified nanolignin polyols as an alternative to epoxy resin matrices. Nanolignin polyols were successfully synthesized through techniques such as dynamic light scattering, transmission electron microscopy, and Fourier-transform infrared spectroscopy, and were incorporated into the epoxy resin matrix. Experimental results indicate that compared with traditional lignin-based epoxy resins, the modified nanolignin epoxy resin-based carbon fiber composite materials exhibit a 104.66% increase in flexural strength, a 65.23% increase in flexural modulus, and an interlaminar shear strength of 91.17 MPa. Additionally, the composite materials demonstrate excellent impact toughness and tensile strength, reaching 142.60 kJ/m^2 and 2337.50 MPa, respectively. These enhanced properties not only expand the application scope of carbon fiber composite materials but also provide new ideas for their biodegradability and recyclability. This research offers important theoretical basis and practical guidance for the development of high-performance composite materials.