

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

D18-仿生材料
D18-Bio-inspired Materials

主办单位

中国材料研究学会

会议网址: <https://cmc2025.scimeeting.cn>



D18. 仿生材料

分会主席：俞书宏、江雷、傅正义

D18 -01**仿生超浸润界面体系——基于量子限域超流的能量转换/化学反应/信息传输**

江雷*

中国科学技术大学

生物孔道离子和分子以单链的量子方式快速传输，我们将其定义为“量子限域超流体”。近期研究表明仿生体系也存在量子限域超流现象，例如离子通道和水通道内物质的快速传输。把量子限域超流体引入能源、化学和生物等领域将产生重大影响。量子限域超流体概念作为对传统理论的挑战，将开辟量子离子学的新领域，促进能量转换材料体系的发展和应用，颠覆对神经科学和脑科学中神经信号传输等问题的理解；并将推动界面催化化学理论的发展，为化学、化工和合成生物学等领域的未来发展开辟新的道路。

D18 -02**纳米绿色印刷制造技术**

宋延林*

中国科学院化学研究所

D18 -03**仿生细胞流体材料**

王钻开*

香港理工大学

D18 -04**基于仿生的固废资源化：新型温度/湿度调控功能材料的微纳结构与界面设计**

林璋*

中南大学

D18 -05**仿生材料——交叉科学的前沿**

俞书宏*

南方科技大学

D18 -06**离子-电子调控的仿生湿电及电化学反应**

曲良体*

清华大学

D18 -07**面向精准分离的高分子膜材料**

靳健*

中国科学院苏州纳米技术与纳米仿生研究所

D18 -08**天然生物黏液水下减阻实验研究**

胡海豹*

西北工业大学

D18 -09**金簇分子对新冠病毒的抑制机制研究**

高学云*

北京工业大学

D18 -10**仿生多尺度孔道**侯旭*^{1,2}

1. 厦门大学化学化工学院
2. 厦门大学物理科学与技术学院

D18 -11**生物矿化过程启发的复杂多级结构和优异力学性能生物材料**

邹朝勇*

武汉理工大学

生物矿化过程能在室温条件下高效和精准地制备具有复杂多级结构和优异力学性能的生物材料，如骨骼、牙齿、贝壳等。陶瓷在许多领域都有广泛应用。然而，陶瓷的制造通常需要在高温下进行粉末烧结，能耗极高，包括生物医用陶瓷及其他无机非金属材料等。因此，在温和条件下制造陶瓷的新技术近年来引起了研究人员的极大兴趣。通过从生物体内矿物（牙齿、贝壳等）的结构形成过程和体外晶体生长机制（磷酸钙、碳酸钙等）研究中汲取灵感，发展新材的材料室温制备新技术。近期团队提出引入了羧基功能化金纳米团簇作为类生物功能基元，作为聚合物的替代品，通过亚稳态“液态前驱体”研究碳酸钙结晶，实现了碳酸钙形成和结晶过程的原位可视化观察。通过无定形碳酸钙在低温、高压条件下的原位结晶和致密化，制造出了由纳米晶体组成的致密文石陶瓷。通过对致密化和结晶机理的研究，揭示了水在纳米颗粒融合和无定形相结晶过程中的关键作用。因此，我们的研究为高性能陶瓷材料的室温/低温制备提供了新的策略。

D18 -12**仿生微纳界面湿控材料**

郑咏梅*

北京航空航天大学

自然界生物界面材料（例如，蜘蛛丝，仙人掌）具有水收集特性，给人们带来灵感。通过设计仿生蜘蛛丝结构，探索了各种构筑方法，实现了大尺度材料的可控制备。在模拟雾流条件下，所制备的仿生材料实现了高效液滴的捕捉以及水滴的输运和收集。此外，进一步通过设计仿生多结构复合的界面材料，探索仿生材料在低湿度无雾下的大气集水特性、自然阳光下的光热水捕获特性。通过设计多复合结构的仿生界面材料，探索了在户外空气自然湿度下的水收集捕获特性。通过设计材料表面的仿生结构图案，探索了低温下仿生多结构界面材料的防覆冰、光热除冰特性。上述研究为设计新材料提供了参考，有望为工业用水、淡水采集、就地制水、防覆冰等应用提供储备。

D18 -13**仿生结构陶瓷中的微纳尺度预应力**

茅璩波*

中国科学技术大学

生物体通过多级结构设计，利用固有性能有限的原材料制备出高强韧的生物结构陶瓷。这些生物结构的设计原理，也为仿生结构陶瓷的创制提供了重要思路。然而，仿生陶瓷的结构设计虽能提升性能，但其提升程度相比生物陶瓷仍不够显著。究其原因，生物陶瓷具有比仿生陶瓷更精细的微观结构，这些精细结构可通过多种机制改善材料的断裂韧性。已有研究表明，微纳尺度的预应力是其中一种重要的性能优化途径。但由于传统陶瓷领域对微纳尺度预应力能否有效增韧仍存在争议，这一争议也延伸至仿生结构陶瓷的研究中。本报告将就这一问题展开介绍和讨论。

D18 -14**仿生液体绕流材料**

董智超*

中国科学院理化技术研究所

绕流现象普遍存在于生活和生产的各个领域，例如茶壶倒水时的勾水现象和农药液滴的喷洒沉积。1956 年，研究者首次提出了绕流的概念，并将其定义为“茶壶效应”。然而，由于研究工作者对材料化学在绕流操控技术方面的理解不足以及设计的固体曲率结构模型过于简化，现有研究未能有效调控实际的绕流状态。在实际应用中，液体在固体曲率结构表面普遍出现绕流和分离现象，包括流动、铺展和迸溅等行为。对这些影响因素的研究不足限制了人们对绕流操控原理的理解和应用。针对这些问题和挑战，我们课题组提出了一套新方法，通过在宏观尺度利用固体曲面的超浸润性来操控液体绕流，在介观尺度利用边缘

曲率来操控绕流，在微观尺度通过调控动态浸润性来操控液体的绕流和分离状态。本报告将重点介绍抑制和利用绕流效应在高效滴灌和农药靶向喷洒的新方案。

D18 -15

三维 X 射线无损成像在仿生材料研究的最新应用进展

卢宝*

蔡司 X 射线显微镜全国应用经理

D18 -16

基于一维纳米构筑基元的仿生材料的合成与性能研究

杨明*

吉林大学无机合成与制备化学国家重点实验室

具有各向异性的纳米结构是天然生物材料的重要特征，如何利用一维纳米构筑基元提升人工材料性能仍面临诸多挑战。本报告将介绍我们在仿生结构与功能材料构建方面的研究进展，重点包括对牙齿、贝壳、骨骼等多种生物组织结构与功能的仿生重建。所采用的一维纳米构筑基元主要包括无机纳米棒和高分子纳米纤维，可通过预合成、原位生长或两者结合的方式获得。通过调控有机-无机界面以及引入梯度结构，不仅显著提升了材料的力学性能，还实现了多种性能的协同优化。我们的研究为打破多性能间的耦合限制、实现高性能仿生材料设计提供了新的思路。

D18 -17

仿生刺激响应光谱调控节能窗

王金龙*¹、俞书宏²

1. 南方科技大学

2. 中国科学技术大学

太阳能是自然界中所有生命能量的主要来源，在植物光合作用、气和温度候调节、人类日常生活等方面分别起到不同作用，如何提高对太阳光谱的利用率已经受到科研人员广泛关注。自然界生命体经过亿万年的自然选择和进化已经产生了多种彩色材料，甚至具有优异的可见和红外光谱识别、调控和动态响应等功能。向自然学习，从自然界借用先进光学特性，发展仿生光学材料，可以为先进光学显示、传感、智能窗等光谱调控器件的构筑提供材料源泉和灵感。鉴于此，本团队通过借鉴自然生命体结构色和透明色的形成和转变机制，选择不同功能基元进行序构组装，构筑了具有热、电和力信号刺激响应的智能光谱调控材料，并探究了其作为建筑智能窗的节能效果。

D18 -18

高性能光热释电材料与光-电镊

杜学敏*

中国科学院深圳先进技术研究院

光镊及相关技术为物理、生物和医学等领域研究与应用提供了革命性的操控技术。然而，现有光镊及基于光响应性材料的衍生技术仍需高强度激光束、复杂的电极设计、额外的电源或低导电性介质，这些限制极大降低其操控灵活性和适应性，并阻碍了其实际应用。基于此，我们研制出了一种全新的光-电镊，基于高性能光热释电材料的光与电场的双重优势，显著提升了其操控灵活性与适应性，并拓展到各种工作场景下的操控应用。首先，我们介绍了这类新型光热释电复合高分子材料和器件的设计和制备；进一步，我们建立了一个理论模型来解释该光-电镊的操控原理；最后，我们展示了该光-电镊的操控灵活性和普适性，并将其拓展应用到跨尺度物体操控、微型机器人、细胞组装与神经调控等领域。通过克服传统光镊及衍生技术的局限性，光-电镊弥合了宏观和微观操控间的尺度差距，展现了在胶体科学、微型机器人、生物医学等领域中的巨大潜力。

D18 -19

利用渗透型微腔调控碳酸钙多层仿生结构的生长

姜源*

厦门大学

无机-有机多层结构是生物矿物中一种典型的层级化结构。这类结构的主要优势在于能够有效兼顾高

强度与高断裂韧性。尽管目前已有多种仿生策略成功实现了这种层级化结构的制备，但我们至今尚未利用离子和有机分子来生长这种仿生结构。

受软体动物通过生物微腔调控珍珠层形成策略的启发，我们设计了一种渗透型微腔，用于调控无机-有机多层结构的生长。具体而言，通过在玻璃基底表面旋涂氧化石墨烯分散液，构建了基于氧化石墨烯层状组装结构的渗透型微腔。本体溶液中的阴阳离子和阴离子型聚电解质通过跨膜运输，在微腔内部实现过饱和度积累，从而诱导无机-有机多层结构的自发生长。利用激光共聚焦显微镜可以对多层仿生结构的生长过程进行记录并完成定量统计分析。同时，我们采用动力学模型对该生长过程进行了定量描述，该模型还可通过调节边界条件，精确预测单层矿物层的平均厚度。此外，这种仿生策略能够有效调控矿物成分及其多晶型特征，以及有机纳米层的组成与厚度。例如，通过在多层结构中引入聚乙烯醇，我们成功制备了具有连续纳米层状有机质的无机-有机多层结构，该结构可通过裂纹偏转机制有效避免仿生材料的灾难性断裂。

总之，渗透型微腔可实现无机-有机多层结构的可控生长，并有效调控这种仿生结构的层级化结构及其界面特性。这一方法为构建具备多样化结构与功能特性的仿生多层材料开辟了新的可能性。

D18 -20

从限域纳米流体到分子分离

李连山*

国家纳米科学中心

通过筑网化学策略，构建了孔结构高度可控的分离功能膜材料，开展限域空间纳米流体输运机制的研究，并指导宏观分离功能膜材料的设计，从而突破传统膜分离材料分离通量和分子尺度选择性的瓶颈。1) 发展了多孔聚合物膜的制备策略，实现了单分子层有序多孔膜和刚性框架共轭微孔聚合物膜材料的制备；2) 提出了高孔密度纳米流体研究模型体系，发现了低孔间距和高渗透性导致的反常传质行为，包括孔-孔耦合效应及流体-电场耦合效应，丰富了限域空间中纳米流体的研究范畴和传质理论；3) 针对传统膜分离材料中低效的溶解-扩散模型传质，利用刚性框架材料的永久性微孔及埃尺度孔道，实现了限域空间中高效的孔流模型传质，提升了膜传质效率和分子/离子尺度选择性。

D18 -21

生物医用陶瓷材料的强韧化与抗疲劳设计与制造

高怀岭*

中国科学技术大学

在骨科与牙科领域的硬组织修复中，生物陶瓷材料（如磷酸钙、氧化铝、氧化锆等）展现出巨大的临床应用潜力。然而，陶瓷材料因缺乏位错滑移等塑性变形机制，普遍存在韧性较低、循环载荷下易发生脆性断裂与疲劳失效等问题。天然骨、牙等硬组织通过多尺度微结构设计及界面优化，实现了高韧性与优异抗疲劳性能的协同。本报告针对生物医用陶瓷材料的脆性与疲劳失效难题，以仿生策略为核心，通过跨尺度结构调控，在材料内部构建多重损伤抑制与能量耗散机制。同时，结合先进增材制造技术，开发兼具高强度、高韧性及抗疲劳性能的生物陶瓷基结构材料，为个性化骨科与牙科植入材料的临床应用提供理论基础与技术支持。

D18 -22

胶原纤维内无机材料的限域生长及功能应用探索

平航*、谢浩、傅正义

武汉理工大学

矿化胶原纤维是骨骼的基本构造单元，羟基磷灰石在胶原纤维内部取向生长。这类特殊结构使得骨骼具有优异的力学和功能特性。受骨骼结构形成过程的启发，我们在体外对胶原纤维内限域合成开展了系统性的研究工作，实现了一系列无机材料在胶原内的有序生长，揭示了限域空间内新材料结构形成动力学规律；实现了基于矿化胶原纤维的功能应用探索；还发现了胶原内材料合成过程中收缩预应力生成的新奇现象，并证实了兆帕级预应力生成的普适现象。上述工作不仅对揭示骨骼形成过程有生物学借鉴意义，对多功能复合材料的合成与制备也有重要指导意义。

D18 -23

仿生超疏水辐射制冷涂层及光学性能保护

薛朝华*1、柳冰莹 1、王慧迪 1、黄梦晨 2、马超群 3

1. 陕西科技大学轻工科学与工程学院
2. 西南科技大学制造科学与工程学院
3. 西安工程大学纺织科学与工程学院

在能源高度消耗的当今世界，零能耗且无污染的辐射制冷技术被视为替代传统电制冷的最可行方案之一。然而，辐射制冷材料在炎热天气下凭借高太阳反射率和强热红外发射率实现节能，却会在寒冷天气下导致不必要的过度降温。此外，由于灰尘污染、雨水浸泡和细菌滋生等问题，这些材料在户外长期应用时，其表面的光学性能会变差，从而降低其制冷功能，制约了该材料在实际应用中的持续有效性。为了满足全年热管理以及长期实际应用的需求，我们团队提出对辐射制冷材料进行超疏水化，并进一步地设计出了温度自适应超疏水辐射制冷涂层和多功能辐射制冷涂层，以实现夏季制冷、冬季制热，并可利用其超疏水自清洁作用对材料表面的光学性能进行长效保护。在本次报告中，我们将分享团队近五年来关于辐射制冷材料通用设计策略、可扩展的制备技术及其多种功能化的研究。这些研究旨在实现防止表面污染、抑制过度制冷、拓展应用场景，以期为大规模制造智能调温涂层开辟新的途径。

D18 -24

多肽的手性自组装及其在外伤修复中的应用

周云龙*

国科温州研究院

多肽作为模拟 ECM 的生物材料，在生物相容性、可降解性和功能设计方面具有显著优势，被认为是一种极具潜力的生物材料。然而在稳定性、组织在生活性、组织兼容性方面仍需系统验证。自组装一直被认为是一种有效构建寡肽序列及模拟多肽高级折叠结构的仿生方法，但在利用氨基酸手性调控自组装寡肽生物活性方面的研究一直未受重视。近年来，随着 AI 及生物技术的发展，D-构型氨基酸及其衍生肽被发现与 L-氨基酸衍生肽具有不同的生理调节功能和活性。基于此，课题组近年来开始了基于具有生物活性功能的自组装多肽体系的构建、组装机制分析、生物活性功能挖掘。重点工作包括（1）利用人工智能手段，对现有神经肽库进行整合与分析，预测具有神经修复功能的短肽序列；（2）与分子生物机制挖掘结合，利用现有功能肽进行自组装及手性调控的手段制备模拟细胞外机制材料，研究其在外伤感染中的智能性抗菌效果及手性依赖的炎症调控功能；（3）设计具有功能片段的活性肽自组装结构，挖掘了其在分子层次、纳米尺度对炎症和神经修复功能。

D18 -25

基于硅油基磁流体的仿生界面材料和软体机器人

王文冬*

上海交通大学密西根学院

D18 -26

柔性传感

牛利*

中山大学

面向柔性可穿戴器件研究及应用，利用碳材料、金属纳米材料及凝胶材料的化学惰性、高导电性、良好力学特性、容易构造成膜等特点，针对柔性储能、触摸感应、离子传感等应用，研制开发了多种柔性传感器件，并尝试将其应用于生命体征等多种监测体系中。

D18 -27

高稳定超疏液涂层——交叉研究、应用探索

张俊平*

中国科学院兰州化学物理研究所

仿生超疏液表面是一个高度跨学科研究领域，其仿生学、润湿性理论、制备方法和潜在应用等方面在过去 20 年取得了巨大发展。然而，由于综合稳定性差、制备方法复杂昂贵等共性技术瓶颈，其产业化和实际应用停滞不前。为此，我们以有机硅化学、聚合物/硅酸盐黏土纳米复合材料为基础，针对超疏液涂层的共性技术瓶颈及关键科学问题开展交叉研究：突破了上述瓶颈，制备了综合性能优异的超疏液涂层；探索

了在锂电池隔膜/固态电解质、太阳能界面蒸发等方面的潜在应用；实现了其产业化和在 5G 天线罩/雷达罩防雨衰、新能源设施防结冰、抗危化液体粘附等多个领域的实际工程应用。

D18 -28**液体活检微球分离材料**

宋永杨*

中国科学院兰州化学物理研究所

液体活检作为一种无创诊断技术，通过检测患者体液中的生物标志物，在癌症等重大疾病的早期筛查、动态监测和疗效评估中具有显著优势。其挑战在于复杂体液中标志物丰度极低，导致现有分离技术难以实现标志物的高效分离与精准鉴定，严重制约了临床应用转化。围绕“复杂样品中痕量分子的分离”这一挑战性难题，开展了异质结构分离材料的创制与分离应用研究，取得了如下创新性成果：1) 提出了异质结构分离材料模型，发展了乳液界面聚合制备方法，创制了系列异质分离微球材料，解决了表面修饰缺陷带来的非特异性吸附难题；2) 提出了分形结构表面设计模型，创制了系列纳米分形异质微球，实现了快速、高效、高纯分离；3) 构筑了系列基于新型分离微球的样品前处理装置，发展了代谢组分析耦合机器学习的检测技术，突破了早期胃癌的临床精准诊断难题。

D18 -29**仿生非共价协同聚合物材料**

刘小孔*

吉林大学

高分子材料是支撑人类社会与经济发展的重要基础材料。面向可持续发展社会以及人类社会对高新科技的需求，发展可持续性（可循环、可降解、可回收）与功能性的新型高分子材料成为高分子材料领域的重要发展方向。利用超分子科学的原理与方法创制可持续性 & 功能性高分子材料虽展现出巨大的发展空间，但却面临重要挑战。我们课题组将超分子科学理念融入到高分子材料创制中，围绕“如何利用非共价键的多重协同与动态可逆性调控并增强非共价及动态共价聚合物的力学性能与稳定性”这一科学问题，建立了“非共价协同与动态共价聚合物”研究体系；提出了“空间限域非共价交联”的策略，实现了聚合物体系中多重非共价键协同性与动态性的有机结合；突破了非共价交联聚合物力学性能与稳定性差的瓶颈，调和了高分子材料增强与增韧的矛盾；发展了系列具有超强超韧力学性能与近似于共价交联稳定性的可持续性高分子材料；构筑了系列具有定制化力学性能的导电高分子材料并开发了其在柔性电子、人机交互、智能制动器等方面的应用。

D18 -30**超疏管增强雾滴荷电性能和农业应用研究**

宋美荣*

河南农业大学

雾滴荷电性能的增强可提高对植物叶片的包抄沉积效率，有效降低和防止叶片背面病虫害发生率。将喷雾通过含氟超疏水管，可增强雾滴荷正电性能增强和在超疏水叶片的包抄沉积效率，但仍存低表面张力雾滴荷电属性不稳定及亲水叶片沉积效率低等问题。本项目拟通过超疏(超疏水/疏油-超疏油)管喷雾，耦合固液接触和诱导荷电效应，实现雾滴电荷正负可控、性能增强、在不同浸润性叶片包抄沉积效率均提高的目的。主要包括：1)考察超疏管本体(聚四氟乙烯、聚甲基丙烯酸甲酯等)和表面组成(氟碳链、巯基链等)对管式喷雾荷电性能的影响规律和机制；2)揭示少量添加剂(表面活性剂、无机盐及混合助剂等)对管式喷雾荷电性能影响的分子界面作用机制；3)阐明雾滴群荷电性能对不同浸润性叶片(超疏水、疏水、亲水、超亲水)包抄沉积的规律和机理，显著提升背面沉积效率。本项目有望创新喷雾技术，减少农用化学品流失和环境污染，促进农业绿色发展，具有重要意义。

D18 -31**仿生微型致动器的微流控制备和应用**

朱平安*

香港城市大学

仿生微致动系统作为新一代微纳机器人与智能材料的关键组成，近年来受到广泛关注。本报告系统介

绍我团队近期在仿生微型致动器方面的研究进展, 聚焦颗粒状和纤维状微致动器的微流控制备方法与多功能集成策略。针对纤维状微致动器, 我们构建了一种同轴双液流微流控平台, 制备出内部嵌有液滴和颗粒的各向异性水凝胶微纤维。该类微致动器在接触液体后可发生可编程的形变行为。通过调控流体动力学条件, 实现了微纤维结构、形貌梯度与响应方式的精准控制, 为构建具备方向感知与柔性驱动功能的一体化仿生器件提供了全新思路。针对颗粒状微致动器, 我们提出并发展了一种基于微流控纤维限域固化的构建方法, 成功实现了三维结构和组分分布高度可控的各向异性微粒马达的高通量制备。通过掺杂 Pt 和 Fe_3O_4 纳米颗粒, 赋予其化学推进、磁响应能力和光热效应, 并进一步结合可控自组装策略, 实现了微马达的多模式运动, 包括平移、旋转和协同集群运动, 用于完成如精准抓取、运输和定向释放等仿生任务。综上, 我们提出了一套普适的微流控制造策略, 实现了仿生微致动器在结构、材料与功能层面的高度集成与可编程设计, 将为智能微系统、柔性驱动和微操作等前沿应用提供坚实的技术基础。

D18 -32

Bioinspired Thermal Energy Storage Materials and Systems

Tao Deng (邓涛)*, Peng Tao, Wen Shang, Chengyi Song, Benwei Fu, Modi Jiang

School of Materials Science and Engineering, Shanghai Jiao Tong University

Thermal energy is one of the most abundant energy forms on earth. There are many different sources for thermal energy generation, including fire, sun, and nuclear reactions. Most energy consumption and dissipation processes also involve the generation of thermal energy. Thermal energy has wide spread applications as well. For example, many critical processes involve the utilization of thermal energy, including electricity generation, chemical processing, and house heating. During the process of utilization of thermal energy, storage plays key role in enabling the efficient use of thermal energy. There are recently rising interests in developing new approaches and materials for thermal energy storage. Among the various efforts, the learning from nature and the inspiration from similar processes in biological systems provide an alternative approach in developing advanced thermal energy storage materials and systems. In this presentation I will discuss our recent efforts in the design and synthesis of different functional bioinspired thermal energy storage materials and systems. Potential applications of these bioinspired thermal energy storage materials and systems will also be discussed in the presentation.

D18 -33

仿生扇虫鳃丝软材料: 自适应旋转机制及在微粒捕获中的应用潜力

吴嘉宁*

中山大学

在海洋环境中, 扇虫 (Annelida: Sabellidae) 作为一种固着性悬浮液食性生物, 凭借其独特的鳃丝结构在多变的水流条件下展现出卓越的滤食效率。本研究深入剖析了扇虫鳃丝的自适应旋转机制, 并从仿生材料角度探索其在微粒捕获领域的应用前景。

D18 -34

多尺度仿生构筑智能液晶弹性体复合材料

刘明珠*

仿生界面材料科学全国重点实验室, 北京航空航天大学

针对传统液晶弹性体合成中直接从分子到宏观材料的设计难以满足对材料微观结构和响应性能的精准调控的问题, 模仿天然智能材料中响应型分子先形成微区聚集再形成宏观智能材料的多级结构设计思路, 利用液晶弹性体微粒作为桥梁发展智能复合材料的逐级构筑策略。利用液晶分子与表面活性剂溶液的界面作用调控液晶分子在微液滴中的取向, 进而通过聚合液晶单体固定复杂分子取向场, 制备具有可逆形变能力的微米粒子。基于这些微粒的形变行为开发具有复杂形变能力的智能薄膜, 将微粒按照模板进行精确排列制备微阵列实现对太赫兹光波的原位调控。这种分子-微粒-材料的逐级跨尺度设计为基于液晶的智能材料提供了一种新的构筑策略, 有望推动新型液晶智能材料的研发和应用。

D18 -35

液基限域材料及其离子传输行为

张俭、江雷、张振*

中国科学技术大学苏州高等研究院

自然界中广泛存在以液体为基础的固液复合材料体系，如猪笼草叶片的超滑表面、膝盖关节间隙的滑液以及肺泡表面的液膜，这些系统在润滑、减阻、气体交换等方面展现出独特功能。受大自然的启发，我们构建了一类稳定的仿生液基限域材料，通过界面调控与空间限域实现液体在固体骨架中的稳定分布。在此基础上，我们系统研究了该材料中的离子传输行为，发现限域液体环境可显著调控离子迁移路径和传输速率，并利用液体在孔隙中的门控作用，实现外界压力的阈值响应。该研究不仅加深了对自然液基系统功能机制的理解，也为柔性电子、阈值检测、能量转换等领域提供了新思路与材料平台。

D18 -36**静电驻极体材料与传感应用**

陈翔宇*

北京纳米能源与系统研究所

发展微纳米尺度的能源系统从周围环境中自行收集能量，并且以此实现多功能的自驱动传感与微机械系统，具有重要的实用价值。报告内容聚焦于利用静电驻极体实现的微能源与功能化传感，着重介绍主动式微纳米系统以及可穿戴智能器件等方向的研究。我们基于电子云重叠和量子势阱的物理模型，研究了静电驻极界面的静态和动态接触过程中原子尺度的电子转移现象，揭示了聚合物驻极体材料的分子结构和官能团组成对驻极电荷稳定性的作用机制，进而提出一套完整的制备高性能静电聚合物的加工工艺和极化方法，最终实现了目前具有最高面电荷密度的静电驻极体薄膜，制备了高输出特性的微能源和力电传感器件。我们基于之前压电陶瓷驱动器的研究，将力电传感和微能量回收的研究拓展到以介电弹性体材料和电介质薄膜材料为主的柔性器件方向，制备了多种柔性传感系统和仿生肌肉器件，在健康监控，术后肌肉恢复等领域的实现了多个自驱动功能系统的应用拓展。

D18 -37**三维复合纳米纤维网络及生物集成器件应用**

徐立之*

香港大学

基于芳纶纳米纤维自组装网络，我们开发了一系列复合材料以模仿天然生物软组织的结构和特性。其中纳米纤维网络中的可重构相互作用对于仿生特性的实现非常关键。基于材料的优异力学特性和生物相容性，实现了软组织修复、生物电子界面等关键应用。

D18 -38**仿生纳流离子通道忆阻器**

侯雅琦*

厦门大学柔性电子（未来技术）研究

大脑是一种具备存算一体、超低能耗、高度并行处理能力的生物智能系统，成为人工智能发展的重要仿生对象。类脑智能作为模拟大脑神经网络结构与动态行为的新兴研究方向，不仅有望推动人工智能迈向更高层次的自适应计算，也将在生物医疗、人机交互等领域发挥重要作用。忆阻器因具备随刺激历史变化的可塑性电导特性，被视为类脑计算的核心器件。大脑中的离子通道天然具有忆阻特性，是学习与记忆的物理基础。受此启发，本研究提出“仿生纳流离子学”概念，利用纳流控技术构建以离子、小分子或神经递质为信号载体的纳流忆阻器件，仿生重构离子通道结构与功能，实现在水溶液环境下稳定工作的低能耗、高生物适应性器件。通过发展跨尺度理论方法，揭示固液界面调控下的离子富集与耗散机制，并构建忆阻性能可控的器件，实现逻辑运算和动作电位模拟。相关成果拓展了类脑材料体系与功能实现路径，为生物智能器件、人机界面及神经疾病干预提供新平台与新策略。

D18 -39**仿向日葵微锥表面液滴调控及防除冰应用**

刘光*

河北科技大学

精确控制液滴在各向异性功能表面上的自发定向输运在自清洁、药物输送和液滴发电等方面具有巨大的应用潜力，但也面临着巨大的挑战。本文以向日葵花心微锥结构为灵感来源，报道了一种纳米针修饰的

超疏水微锥阵列表面。通过快速精细地调整微锥的几何参数和倾斜角度，实现对液滴弹跳轨迹的精确控制。结果表明，液滴在图案化功能表面上实现可编程的多形态弹跳行为，包括逆重力跳跃和定向水输送。值得注意的是，这种功能表面同时具有延缓冻结和防冰效果。

D18 -40**触觉仿生柔性电子皮肤及其应用**

郭传飞*

Southern University of Science and Technology

电子皮肤是一类功能仿生器件，这类器件将外界刺激转化为电信号，既可帮助机器人实现类人的触觉功能，也可模仿“触诊”的方式，用于健康医疗领域。电子皮肤中，软材料的本征属性和界面特性使得器件的灵敏度、量程以及稳定性难以兼顾，同时也难对外界刺激进行精准计量。本研究通过材料、微结构、传感界面的创新设计，开发了超灵敏、大量程、高线性、高稳定性的电子皮肤，不但测得灵敏，还测得稳、测得准、测得快，为电子皮肤的性能提升及其实际应用提供了可行的解决方案。最后，本报告将展示电子皮肤在机器人触觉以及健康医疗上的特色应用。

D18 -41**水泥仿生超材料**

余伟*

东南大学

D18 -42**仿生手性水凝胶材料**

冯传良*

上海交通大学

D18 -43**基于纳米孔道的污染物高灵敏检测**

黄羽*

中国地质大学

D18 -44**超分子仿生金属蛋白的构建及其多机制协同抗肿瘤研究**

李雁涛*

青岛科技大学

D18 -45**手性圆偏振发光材料**

庄涛涛*

中国科学技术大学

D18 -46**有机光伏器件界面研究**

周惠琼*

国家纳米中心

D18 -47**抗冻蛋白设计及应用**

张雷*

天津大学

D18 -48**相分离诱导构建高性能硅氧烷超分子聚合物：兼具强韧、干/湿态粘附的多功能平台**

林玉才*、陈锋

福建师范大学

通过分级多重可逆动态键与可调微观相分离策略，成功实现了 PDMS 基材料的高强度机械性能构建。

基于强相互作用的四重氢键分子 (UPy) 和适宜的 PDMS 柔性链长度, 即使低分子量线性聚合物也能表现出塑性材料特性 (T_g 高于室温), 在具备高模量 (291.50 ± 24.24 MPa) 和强断裂韧性 (34.09 ± 5.58 MJ m^{-3}) 的同时, 该超分子聚合物还展现出温度依赖的自修复性能与可回收性。通过贻贝仿生的湿态粘附策略与强效基底粘附基团的引入, 该聚合物突破了传统胶粘剂的干燥环境限制, 其在不锈钢表面的湿态粘附强度最高可达 6.79 ± 0.37 MPa, 性能与结构胶相当; PUD 作为干湿两用胶粘剂, 更表现出持久稳定的湿态粘附性能。特别值得注意的是, Fe@PUD 材料不仅保持优异机械性能, 还兼具近红外 (NIR) 刺激快速响应特性——利用低链段运动能垒的特点, 实现了 PDMS 基材料的近红外响应功能化。在激光焊接应用中, 该材料表现出可靠的焊接强度和按需快速脱附能力, 同时激光精准修复技术可显著延长材料使用寿命。此策略对构建高性能多功能聚二甲硅氧烷材料具有重要价值, 在多场景适应性胶粘剂、智能材料及精准可修复材料等领域展现广阔应用前景。

D18 -49

高硬度仿生自修复聚合物材料

傅佳骏*

南京理工大学

D18 -50

实现复合材料强韧协同的三大仿生设计策略

原亚南*

武汉大学

针对纤维增强树脂基复合材料强韧互斥难题, 借鉴大自然中生物材料强韧统一的经验, 开展了三个方面的研究: 1) 建立了超薄铺层实现强韧统一的力学分析理论; 突破了传统依靠材料化学手段进行强韧改性的主流做法; 研究成果被欧洲航天局借鉴, 用于运载火箭储氢压力容器设计。2) 提出了软硬界面相协同竞争的新策略; 揭示了由树脂屈服/界面分层竞争诱导的压缩失效新机制; 提出的屈服强度和界面强度最优匹配公式被中美日等多国材料学家用于指导配方工艺优化。3) 首次提出“超生”设计新思想, 突破了复合材料传统结构下的性能极限和设计维度, 实现了强度韧性同步提升超 100%。

D18 -51

仿生微界面的能质转换与传递

李猛*

重庆大学

D18 -52

Machine-learning Facilitated Investigation of Bioinspired Materials for Biomedical Applications

Yuan Cheng (程渊)*, Changji Yin

Monash University

Silk fibroin possesses superior biophysical properties, including high strength, stretchability, biocompatibility, and biodegradability, attributed to its hierarchical structures like keratin.^{1, 2} Silk fibroin can be processed into various morphologies, such as hydrogels, films, sponges, etc., to facilitate its wide applications as surgical sutures, medical textiles, tissue engineering scaffolds, drug carriers, biosensors.^{3, 4} In this study, we conducted AI-guided largescale molecular dynamics (MD) simulations to integrate natural plant compounds, such as aromatic turmerone, with silk fibroin for developing novel skin-whitening biomedical materials. Three potential topical agents were screened from a set of 36 aromatic turmerone derivatives using machine learning. Molecular docking and MD simulations were conducted to elucidate the molecular mechanisms underlying their skin-whitening potential and interaction mechanisms, revealing that methoxy-modified derivatives exhibited superior binding free energy and tyrosinase inhibition. The dipalmitoylphosphatidylcholine (DPPC) lipid bilayer model was further employed to evaluate the permeability of these compounds across the skin barrier, predicting their potential for dermal topical applications. These findings highlight the potential of silk fibroin-aromatic turmerone materials in developing next-generation skincare products and provide a guideline for the future design of bioinspired materials for various applications including wearable devices^{3, 5}, energy storage⁶.

References

- (1) Koh, L.-D.; Cheng, Y.; Teng, C.-P.; Khin, Y.-W.; Loh, X.-J.; Tee, S.-Y.; Low, M.; Ye, E.; Yu, H.-D.; Zhang, Y.-W.; et al. Structures, mechanical properties and applications of silk fibroin materials. *Progress in Polymer Science* 2015, 46, 86-110.
- (2) Yin, C.; Feng, L.; Zhang, N.; Cheng, Y. How environmental factors affect the structural properties and biofunctions of keratin: A molecular dynamics study. *Materials Today Communications* 2023, 34.
- (3) Chen, G.; Matsuhisa, N.; Liu, Z.; Qi, D.; Cai, P.; Jiang, Y.; Wan, C.; Cui, Y.; Leow, W. R.; Liu, Z.; et al. Plasticizing Silk Protein for On-Skin Stretchable Electrodes. *Adv Mater* 2018, 30 (21), e1800129.
- (4) Du, C.; Du, T.; Chang, Z.; Yin, C.; Cheng, Y. On the interface between biomaterials and two-dimensional materials for biomedical applications. *Adv Drug Deliv Rev* 2022, 186, 114314.
- (5) Yin, C.; Yu, L.; Feng, L.; Zhou, J. T.; Du, C.; Shao, X.; Cheng, Y. Nanotoxicity of two-dimensional nanomaterials on human skin and the structural evolution of keratin protein. *Nanotechnology* 2024, 35 (22).
- (6) Sun, J.; Sun, Y.; Oh, J. A. S.; Gu, Q.; Zheng, W.; Goh, M.; Zeng, K.; Cheng, Y.; Lu, L. Insight into the structure-capacity relationship in biomass derived carbon for high-performance sodium-ion batteries. *Journal of Energy Chemistry* 2021, 62, 497-504.

D18 -53

基于磷酸钙离子团簇仿生构建类釉质材料

邵长鸽*

浙江大学

D18 -54

纤维增强复合材料界面仿生构筑与强韧化机制

穆正知*

吉林大学

D18 -55

生物医用微纳米机器人的构建与诊疗应用探索

马星*

哈尔滨工业大学（深圳）

微纳米机器人是以功能材料的结构设计制备与表界面修饰为核心，能够将其他形式能量转化成机械能实现自主运动的微小型结构与器件。凭借其小尺度下精准可控的运动性能，微纳米机器人被认为是未来生物医学领域的变革性技术之一。我们围绕生物医用微纳米机器人的构建及其诊疗应用展开研究，设计和制备了多种微纳米结构的生物医用微纳米机器人，揭示了化学驱动微纳米机器人的自驱动机理，发现了界面结构和物理化学性质对微纳米机器人高效驱动的作用机制，并以微纳米机器人为可移动载体开发了新型的自驱动生物医用诊疗体系，验证了自驱动微纳米机器人用于肿瘤抗癌和传感检测等生物医学应用的可行性，为智能化微纳米诊疗体系的研发和肿瘤等疾病治疗提供新的思路和策略，具有潜在的临床应用价值。

D18 -56

手性纳米材料与生命过程调控

匡华*

江南大学

手性对映体纳米材料与细胞表面蛋白亲和力存在差异，进而介导了差异性的免疫应答效应。最近，我们研制了多孔结构的手性氧化锰纳米颗粒，高效负载呼吸道合胞病毒（RSV）蛋白（L-Vac），通过鼻腔吸入疫苗，L-Vac 通过 TLR2/4 受体介导的内吞途径激活鼻黏膜上皮细胞 TNF 信号通路，显著提升 IL-6 和 CCL20 分泌水平。诱导高效黏膜 sIgA 应答与系统性免疫记忆，展现出增强黏膜免疫应答的应用潜力。此外，我们通过对传统铝盐佐剂进行改造，有效改善了其激活细胞免疫应答性能。

此外，我们根据靶向冠状病毒、呼吸道合胞病毒表面结构特征，相继研发了与病毒生物结构匹配的手性硫化铜、手性氧化钒纳米颗粒，展现了高效捕获并裂解病毒性能。

D18 -57**基于仿生设计的高强高韧微纳米复合材料**

赵赫威*

北京航空航天大学

D18 -58**具有优异力学性能水凝胶的仿生设计与制造**

梁翔禹*

中国农业科学院农业基因组研究所

D18 -59**仿生褶皱及其生物学应用探索**

侯鸿浩*

南方医科大学

D18 -60**石鳖正弦缝合线结构启发的材料强韧化仿生设计与防护应用**

牛士超*

吉林大学

D18 -61**光控多维瑞利波动的自动管状柔性执行器**

吕久安*

西湖大学

生物管状蠕动器官能够通过肌肉管壁的非对称、非平衡自振荡变形，在时空上周期性地变形其肌肉管壁，从而实现适应性强（适用物质种类丰富）且可持续的蠕动泵送。然而，当前人造管状柔性执行器的管壁运动具有单调性和互易性的特点，无法打破时间反演对称性和系统平衡，因此表现出较低的泵送性能。受生物力学原理的启发，我们成功设计和制备出一款具有多维瑞利（Rayleigh）波动特征的光控自动管状柔性执行器，能够实现多模态、非互易、自持续的管壁变形波动，这使得系统可以适用于种类丰富物质的高效蠕动泵送，有力推动了仿生管状蠕动泵送技术的进步。

D18 -62**自修复导电水凝胶的组装合成**

从怀萍*

合肥工业大学

D18 -63**仿生柔性声功能材料调控技术研究**

张宇*

厦门大学

经过自然选择，海洋生物在材料、结构与调控方式上适应复杂环境，为仿生材料与器件设计提供新思路，是仿生声学的研究前沿。例如海豚拥有小巧、柔性、高效的生物声纳，其探测能力远优于当前人工声纳，以及水母软组织展现出宽带高透声特性，具备优异的宽带声传播能力。本研究探讨生物超声传播调控机制，并开展仿生声学器件设计。首先，研究海豚、水母等生物软组织的声学-力学材料特性并重建其声学系统的三维结构，建立生物超声发射的多物理场耦合理论，揭示海豚超声波束指向性调控机制。此外，研制声学-力学材料参数可调的仿生柔性材料，揭示微观结构变化引起的声学特征宏观参数变化规律。进一步，构建仿生柔性声学器件，实现仿生声波束指向性调控、宽带阻抗匹配、经颅超声聚焦等功能。本研究为新型柔性声学器件研究提供了仿生学新思路，可应用于水下探测、超声检测等领域，对于生物超声、仿生声学、声纳技术等具有重要的科学意义和应用价值。

D18 -64**仿生布利冈结构材料的设计、构筑与力学性能研究**

陈思铭*

中国科学技术大学

D18 -65

激光微纳仿生制造及其应用

李国强*

西南科技大学

D18 -66

仿生超浸润油水分离膜材料

李健*

西北师范大学

D18 -67

液体橡皮泥创制与功能设计

李晓光*庞祥龙、刘恒

西北工业大学

液态物质因其流动性而无法像固体一样自由塑形，从而严重制约了液体功能材料的发展。我们基于界面微纳工程原理，创制了具有蚜虫蜜露仿生结构的液体材料体系——液体橡皮泥，突破了传统液态体系无法自由塑形的科学难题，为超疏水界面科学研究开辟了新方向。所制液体橡皮泥具有开放式容器功能，既突破了传统固体容器的封闭性和难以重构性，又突破了常规液滴体系的形态单一性，因此具有独特的应用潜力和广泛的前沿探索价值。本报告将具体阐述以下三方面内容：1) 基于“界面堵塞”效应的液体橡皮泥理论框架；2) 压印法、双液桥法、激光切割法等液体橡皮泥构筑方法；3) 基于液体橡皮泥的肿瘤培养、肿瘤检测、肿瘤体外治疗模型等应用验证。

D18 -68

智能形变液晶高分子及其软体机器

俞燕蕾*、汤彦甫、潘峰、秦朗

复旦大学智能材料与未来能源创新学院

硬体机器在人类社会发展中起着举足轻重的作用。其本质是刚性机械结构的被动形变，需借助外部控制系统操控的电机驱动，由此带来的缺陷（结构组件多、重量体积大、环境适应性与人体亲和性差等）极大限制了其在新兴领域的应用。与硬体机器相比，软体机器的核心是利用智能高分子的主动形变提供类肌肉驱动，具有“类生命体”的特点，可以实现感知-驱动-变形一体化。智能形变高分子材料的发展将极大地提高软体机器的自主性和适应性，是推动智能人体助力、医学诊断治疗、航空深海探测等应用领域实现创新突破的关键。

智能形变液晶高分子材料具有聚合物的熵弹性、比强度高、耐疲劳等特点，同时液晶的有序结构赋予了分子间的协同作用以及各向异性，极大地提高了材料响应时的应变、应力和速度。智能形变液晶高分子中有秩序的液晶基元与高分子骨架的构象互相关联，具有液晶和弹性体的性质，是一种在加热、光照等条件下可通过液晶态-各向同性态的相变实现形状改变的材料。它具有以下主要特点：(1)高可逆形变性：能够实现高达 100% 的形变，并且能够很好地恢复到原始形状；(2)高度可定制化：可以根据需要来控制材料的形状和性能；(3)良好的稳定性和耐久性：可以进行反复变形和回复，不易变形和退色。因此，智能形变液晶高分子材料在人工肌肉、软体机器人、微机电系统等体系的仿生构建方面具有独特的优势。

D18 -69

海洋生物功能蛋白应用探索

宋俊祎*

国防科技大学

D18 -70

仿生润滑界面在 3D 打印中的研究与应用

吴磊*

中国科学院化学研究所

3D 打印是一种区别于传统减材（切割、刻蚀等）制造方法的增材制造技术。光固化 3D 打印技术是目

前最先进的增材制造方法，并被广泛研究与使用，但受到聚合粘附和台阶效应等因素的影响，目前 3D 打印的制造速度慢、树脂利用率低、打印结构光滑度差。针对上述问题，报告人提出利用仿生润滑光固化界面替代传统的光固化固体表面的方法，消除了打印过程中树脂聚合粘附对打印速度和精度的影响，实现了高速连续 3D 打印过程；优化固-液粘附并提出了单墨滴 3D 打印的策略，显著提高了打印的精度，抑制台阶效应，实现一滴树脂 3D 成型和目前最高的树脂利用效率；成功创制了连续 3D 打印原型设备，构筑了一系列传统工艺难以制造的 3D 结构，用于定位盐结晶增效太阳能蒸汽的产生及其在高效海水淡化领域的应用。

D18 -71**拓扑凝胶机器人及其自发持续运动**

吴子良*

浙江大学

自然界有机生命体具有突出的自主持续运动能力，这些生物系统从环境中获取能量，通过返回回路实现自我调节。然而，人工的软体机器人常依靠动态刺激或额外的控制系统实现连续变形和运动。如何在恒定条件下实现自发持续运动是软体机器人领域的关键难题。最近，拓扑结构设计、对称性破缺为响应性软材料提供了用于驱动、控制的物理智能，为具有自主运动能力的软机器人设计提供了新思路[1]。在此，我们展示具有拓扑结构的水凝胶机器人的设计构筑，这些凝胶机器人在恒定条件下表现出可持续的运动能力。一系列绳结结构的软机器人（例如，三叶结、五叶结、所罗门结、大卫之星结）[2]。这些凝胶机器人由光响应性柱状水凝胶构筑而成，在均匀光照条件下发生连续滚动和旋转运动。实验和模拟均表明，持续的非平衡过程受到光响应凝胶的结构约束、快速变形、自遮挡效应的协同调控。基于以上原理，我们还设计构筑了一系列闭环扭带机器人，在恒定光照条件下表现出持续翻转和旋转运动机能[3]。莫比乌斯环、Seifert 带状机器人均由各向异性凝胶条带扭转后连接而成，该凝胶对来自任何一侧光照展示出快速弯曲响应能力。研究表明水凝胶机器人的自我调节运动与凝胶的快速响应、自遮挡效应以及拓扑结构导致的光照区域自发更新有关；水凝胶机器人自主运动源于拓扑结构介导的动态驱动和响应性材料的自我调节。以上研究结果表明了几何形状、拓扑结构在实现软体机器人物理智能方面的独特贡献。此类水凝胶机器人的设计原理和运动机制应该适用于其他响应材料。

D18 -72**纳米孔石墨烯基纳流体：从机理到应用**

王路达*

北京大学

D18 -73**高选择性仿生离子通道及应用**

高军*

中国科学院青岛生物能源与过程研究所

生物离子通道可以高选择性筛分特定碱金属离子。如果我们在仿生材料中实现这种优异的离子传输性能，则有望极大促进海水或盐湖水贵金属离子（如锂等）提取、水处理等众多领域的发展。然而，仿生离子通道材料一直面临选择性低的挑战。针对该问题，我们利用尺寸匹配与结合能-脱水合能匹配的材料设计方法，实现了仿生高选择性碱金属离子筛分。我们设计的材料孔径与离子尺寸相当，并且与目标离子的结合能恰好可补偿离子的脱水合能，从而实现目标离子近乎无阻的输运。所设计的材料选择比超过传统材料、甚至超过生物离子通道。基于高选择性离子筛分，我们可以为多个领域中一些重要问题的解决提供新方法。比如，我们针对废水处理能耗高的问题提出了基于仿生钠离子通道的废水同步处理与发电方法，可以实现负能耗、负碳废水处理；另外，我们针对我国锂资源短缺的问题提出了基于仿生锂离子通道的高选择性海水及盐湖水提锂方法，极大提升锂离子选择性；最后，针对原油采收率低的问题，我们发展了基于离子调控的石油增产技术。

D18 -74**生物质基无机/有机杂化材料的构筑与应用**

陈立锋*

中国科学技术大学

生物质基材料因其多级结构、可降解性、丰富官能团、成本低及本征柔性，在构筑高性能无机/有机杂化材料中具有独特优势。然而，这类材料仍面临界面相容性差、导电-柔性难以协同优化、规模化制备受限等挑战。鉴于此，我们课题组可控合成、宏量制备出一维、二维、三维无机纳米材料，并采用限域交联、离子渗透、诱导组装等策略，构建出柔性纳米复合材料且开发出电化学性能优异的系列可拉伸的电化学储能器件，包括离子热电池、光辅助固态金属电池、水系锌离子电池与超级电容器。同时，结合理论模拟与原位表征手段，揭示了界面相互作用对电荷传输、能量传递和力学性能的调控机制，建立了“制备-结构-性能”的定量构效关系，为柔性储能器件的关键材料设计与制备提供了新思路。本报告主要介绍生物质基无机/有机杂化材料的设计方法、规模化制备工艺及其在新型柔性储能器件中的应用与构效关系解析。

D18 -75

生物启发的光热调控材料设计与应用

李垚*

哈尔滨工业大学

在全球能源危机加剧与环境治理需求日益迫切的背景下，光热调控材料作为实现能源高效利用与环境智能管理的关键技术，已成为国际科研领域的前沿焦点。自然界历经亿万年进化，孕育出众多具备卓越光热调控能力的生物范例：撒哈拉银蚁通过特殊皮肤微结构实现高效散热以适应沙漠高温环境；变色龙的动态变色伪装、翠鸟与蝴蝶的绚丽色彩，均源于独特微纳结构与光波的相互作用。这些生物特性为材料科学研究提供了重要灵感源泉。

团队师法自然，引入前沿的仿生超结构设计，获得自然材料不具备的超常光学性能。报告聚焦两大核心研究方向：其一，基于对蝴蝶鳞片、银蚁细须以及白甲虫鳞片等生物光热调控机制的系统解构，提出仿生多级微纳结构设计策略，研制出生物结构色启发的超反射/透射/吸收材料及宽谱段（覆盖可见光-红外-微波波段）光谱选择性调控超材料。通过对光学材料亚波长结构的设计与控制，协同优化太阳光反射、红外辐射及微波透过/反射性能，推动相关材料在激光防护、电子热管理以及航天光学系统等高端领域取得重要应用突破。其二，针对复杂环境下的动态响应需求，创新性地将微结构设计 with 智能响应机制相结合，开发出生物应激性启发的自适应仿生智能光热调控材料。通过构建电致变色与热致变色智能材料体系，实现结构与功能的深度耦合，进而达成对光热的动态精准调控，为航天智能热控、多波段自适应伪装以及节能建筑等领域提供了创新性自适应解决方案。研究成果紧密对接国家“双碳”战略、航天工程及国防建设重大需求，为光热调控技术的智能化与工程化发展提供了全新范式，有力推动科技强国建设与全球可持续发展目标的实现。

D18 -76

生物合成可持续仿生材料

管庆方*

中国科学技术大学 仿生与纳米化学实验室

D18 -77

仿生膜界面的质子扩散和信号传导

林艺扬*

北京化工大学

物质运输与能量转换是维持非平衡生物体系稳态的基本条件。细胞与环境之间的物质交换确保了营养物质的摄取与代谢产物的排出。光合作用能够将光能转化为化学能，并储存在糖类、脂肪和蛋白质等高分子有机物中。模拟生命体系中的物质传输与能量转换过程，是构建复杂仿生体系所面临的核心挑战之一。基于生物膜界面中的光酸反应与光物理化学过程，建立了不同膜界面上质子扩散的模型，揭示了磷脂头基结构对质子扩散速率与扩散维度的调控作用。在此基础上，利用生物膜界面的光能收集和光化学转换能力，构建了具备光信号传导功能的人工细胞体系；该体系可将光信号转化为膜界面的化学信号，通过分子的自由扩散完成信号的跨膜传递，并借助催化反应实现信号的二次放大，最终诱导人工细胞内液-液相分离及类细胞器结构的形成。进一步地，将跨膜信号传导与人工细胞外部的物理化学环境及酶催化反应相耦合，成功构建了能够响应多种物理和化学信号的分子逻辑门体系。系统总结了膜流动性、信号分子结构以及环境温度等物理化学因素对人工细胞中光信号跨膜传导效率的影响。

D18 -78

微生物-纳米材料互作机制与功能调控

赵峰*

中国科学院城市环境研究所

地球上的微生物直接参与了元素的地球化学循环,是地球表层生态系统中最为活跃的力量。近年来的系列研究发现,微生物和功能材料互作可以发生一系列先前认为很难在温和条件下发生的反应。

微生物的代谢过程的核心是氧化还原反应以及电子传递。我们从微生物电化学入手,结合组学、谱学等关键技术,揭示了菌体与纳米材料的互作机制以及电子转移的调控方法,服务于污染控制与固碳减排。

D18 -79

铝基跨尺度 3D 制造及传感应用

文燎勇*

西湖大学

D18 -80

基于纤维素纳米晶体自组装的可持续光学材料及其应用

申清臣*

宁波东方理工大学(暂名)

自然界中广泛存在不涉及光吸收的结构色,如波利亚·康登萨塔(*Pollia condensata*)植物果实的蓝色即源自胆甾相纳米结构对光的选择性反射。从自然界纤维素中提取出的纤维素纳米晶体(CNC)可自发组装成相似的胆甾相结构,产生绚丽的结构色。如今,基于 CNC 等天然生物质来源的光子颜料,正逐渐成为一种替代吸收型颜料的可持续方案。然而,现有的 CNC 光子颜料制造方法,如研磨薄膜或乳液法生产,通常需要多个加工步骤。这增加了生产的成本、时间和对环境的影响,从而限制了其商业化进程。为了解决这些挑战,我们提出一种利用超疏水表面一步法制备可持续光子颜料的新策略。通过将 CNC 水性悬浮液雾化微液滴,并用超疏水的基底收集,在室温下自然干燥后,即得到具有胆甾相结构的 CNC 光子颜料。相关研究成果以“*Spray-Assisted Fabrication of Cellulose Photonic Pigments on Superhydrophobic Surfaces*”为题发表于《*Advanced Materials*》。此外,围绕辐射制冷材料色彩单一的问题展开研究,我们基于纤维素材料制备了具有结构色的双层薄膜:上层为具有胆甾相结构的 CNC 层用于在镜向方向产生结构色;下层为多孔的乙基纤维素(EC)层用于将透过 CNC 层的光再散射回去。从而得到兼具绚丽结构色和高太阳光反射率(>90%)的新型辐射制冷材料,避免了白色辐射制冷材料的光污染,且实现了高性能被动制冷和美观装饰的双重功能,极大地拓展了辐射制冷材料的应用场景。相关研究成果以“*Structurally Colored Radiative Cooling Cellulosic Films*”为题发表于《*Advanced Science*》。

D18 -81

水泥基材料仿生设计

曲政尧*

武汉理工大学

D18 -82

仿生结构表面的设计构建与性能调控

薛龙建*

武汉大学

自然表面都具有一定的粗糙度或微结构,这些结构对很多动植物在自然界中的生存至关重要。例如,低表面能物质的微纳复合结构化是荷叶表面具有超疏水性的原因,壁虎脚上多级刚毛是其可以和接触表面形成强力黏附的核心因数。受壁虎刚毛启发的微纳复合柱状阵列有效降低了材料的表观模量,使得其可以和不同表面形成良好接触,产生强黏附力。面向工程应用,微纳复合的精细结构在循环使用过程中易被破坏而导致性能大幅下降。因此,我们设计构建了一系列结构简单的黏附材料,在实现黏附力增强的同时,保证了可逆黏附的稳定性和耐久性。

我们合成了复合水凝胶,其在无定型状态下与黏附表面形成共形接触并发生相转变,模量大幅提升与接触表面形成结构互锁,获得强黏附力。而在水凝胶中引入疏水性基团则可以将界面水排除出去,实现固态接触,进而实现水下的强黏附。构建了具有径向和轴向模量梯度、末端微纳米凹坑和硬核软壳结构的微米柱状阵列,实现了分离界面应力分布、裂纹产生和传播的精细控制,同步提高了粘附性能和结构稳定性。

在微柱中耦合多孔结构，可向接触界面动态传输液体，实现了黏附从干态向湿态的转变，揭示了仿刚毛微结构与液体耦合所带来的生物进化优势。而微柱的不对称设计，将黏附表面的应用扩展到液滴操控和软体机器人等领域，为结构化黏附材料的应用铺平了道路。

D18 -83**单向导湿纺织多孔材料的研究进展**

张阁*、郭文龙、侯力强、陆瑶、陈文豆

西安菲尔金属过滤材料股份有限公司

本文对单向导湿纺织多孔材料的导湿机理进行分类，即毛细效应、横截面润湿梯度效应、植物蒸腾效应；整理出实现纺织多孔材料单向导湿功能的四种技术手段，即结构设计法、化学整理法、等离子体处理和光催化法。总结了单向导湿在纺织多孔材料中的三种应用类型：油水分离、雾/水收集和功能/智能纺织材料。结合单向导湿纺织多孔材料的最新进展，提出该领域目前存在的问题与未来的发展方向，最后对提高纺织多孔材料的环保性和单向导湿性能作出展望。

D18 -84**仿生结构材料在高比能锂电池中的应用**

崔光磊*

中科院青岛生物能源与过程研究所

由于目前商业化液态锂离子电池存在能量密度低、安全性差的瓶颈问题，发展高安全、高比能锂电池势在必行。近年来，围绕高比能锂电池在电化学性能方面的提升瓶颈，我们基于仿生结构设计，开发了仿酶活性氧清除、仿骨骼肌响应/限制双网络结构等电极粘结剂，提升了高电压正极、高比容量硫基电极的电化学性能，并揭示了聚合物结构对电极性能的改善机制；发展了仿蛛丝蛋白分级结构、仿贻贝足丝硬-软段协同增效粘结剂，仿蜻蜓翅膀相分离结构原位固态化聚合物电解质以及仿蛙表皮压电涂层，有效改善了高比容量硅基电极的电化学性能，并研究了仿生结构对硅基电极电化学性能的提升机制。

D18 -85**面向 Micro-LED 全彩显示的量子点图案化技术研究**

王树立*

厦门大学

D18 -86**柔性电子封装**

于严昊*

南方科技大学

柔性封装材料是可植入诊疗和可拉伸显示等多种柔性电子器件规模化应用的基础，但面临大形变与水氧阻隔、微纳加工、集成整合的多维度挑战。本报告将介绍一类兼具选区软硬和强界面粘附属性的可拉伸封装基底，解决形变与器件集成及材料复合之间的矛盾。该基底能与多种有机或无机组件进行模量匹配，可对金属、陶瓷、高分子等表面进行普适性粘接，实现 600%拉伸形变下多组件的稳定集成，将可拉伸发电和传感器件的体内工作寿命延长至 10 周以上。同时，该基底具有较低的水汽透过率，能显著提升水凝胶寿命，且不改变水凝胶力学性能。此外，我们基于该基底材料提出了界面复合策略，解决无机材料复合导致的高分子熵弹性下降问题，适用于氧化物颗粒、纳米线、纳米片等多种光热磁功能基元。进一步提出界面渗流网络设计理念，大幅降低银纳米线、液态金属、二维碳材料的导电渗流阈值。

D18 -87**抗病毒细胞膜仿生纳米诱饵（暂无）**

孟艳斌*

宁波工程学院

D18 -88**离子型 MXene 电活性人工肌肉驱动器及仿生应用**

胡颖*

合肥工业大学

D18 -89

仿生生物陶瓷基复合材料的制备及性能研究

薛健民*

中国科学院上海硅酸盐研究所

目的：制备兼具良好生物活性和力学性能的生物医用材料一直是研究热点问题。特别是，不同组织缺损部位对于相应的修复材料具有特定的力学需求。因此，设计制备力学匹配的生物活性材料对于进一步提升组织修复效果具有重要意义。

方法：受到自然界中天然材料的多级结构和优异性能之间关系的启发，通过构筑仿生有序结构或利用天然生物模板的策略，并结合生物陶瓷组分，发展高性能仿生生物陶瓷基复合材料。

结果：在结构仿生方面，受到骨组织中纤维有序取向结构的启发，采用一维的超长羟基磷灰石纳米线（HAP）作为组装基元，通过“定向组装-仿生矿化-压力辅助致密化”相结合的方法，成功制备了仿骨羟基磷灰石基生物陶瓷，展现出了与密质骨相似的强度和弹性模量，解决了传统生物陶瓷与骨组织力学匹配性差的问题；受到墨鱼骨非对称 S 型壁单元结构的启发，通过 3D 打印并结合聚合物衍生陶瓷策略，获得微结构致密的仿墨鱼骨多孔生物陶瓷支架，极大地改善了多孔生物陶瓷支架力学强度，并证明了生物陶瓷支架中仿墨鱼骨结构有利于促进细胞增殖和成骨相关基因的表达。此外，基于天然材料多级结构的生物模板，进一步开发了多种生物陶瓷基复合材料。利用具有多孔竹基生物模板并结合生物矿化的方法，实现了高强度的磷酸钙矿化竹基生物材料的制备；竹基模板的多孔结构和矿化引入的磷酸钙活性组分赋予了材料良好的细胞输运性能和骨整合性能。为了进一步满足颅骨、眼眶骨等薄壁骨组织修复的需求，通过低温水热法在硅质天然海绵骨架表面引入生物活性硅酸钙，制备出柔性生物陶瓷，可满足薄壁骨组织手术修复中的各种加工操作，并能有效加速血管及骨组织再生。

结论：通过构筑仿生有序结构或利用天然生物模板，并结合生物活性陶瓷组分，实现了多种高性能生物医用材料的可控制备，可满足不同部位组织修复需求，并证明了生物医用材料中多级结构的构建对提升其力学性能和生物学性能具有重要意义。

D18 -90

蚂蚁生物矿化及其功能

李鸿杰*

浙江大学

D18 -91

液基材料界面粘附调控与功能化传感研究

李维军*

厦门理工学院

仿生是开发新材料的重要创新源泉，生命体创造的很多功能表界面材料多来自于液体，由此发展的液基材料为解决传统材料无法应对的挑战提供了更多可能性。生物电子皮肤传感器其作为一种新兴技术，正在医疗健康监测、运动分析以及智能人机交互等领域展现出巨大的应用潜力。然而，当前生物电子皮肤传感器依赖于传统的固-固界面传感机制，这种设计在灵敏度和与人体组织贴合性方面仍存在显著缺陷。为突破这一瓶颈，我们创新性地提出了液基生物电子皮肤传感器，通过引入固-液界面传感而突破了传统固-固界面不匹配的问题，带来了全新的传感设计思路。基于可编程设计不同固液界面、拓扑结构、排列方式、界面粘附性和导电性等实现传感器灵敏度的有效调控。该液基传感器不仅具备卓越的粘合性能、优异的机械强度、高透明度以及高灵敏度，还展现出良好的生物相容性和极低的细胞毒性，使其能够安全地直接贴附于皮肤表面，作为可穿戴电极传感器用于捕捉人体运动信号。此外，其高拉伸性、即时自愈能力以及抗冻特性，使其在复杂环境下仍能稳定运行，适用于防汗可穿戴设备，能够实时监测微小动作和剧烈运动下的电生理信号，并为疾病风险提供预警。这种基于固-液界面的液基传感器综合了多种优异性能，不仅为可穿戴电子传感器的设计提供了新的可能性，还通过对其动态特性和结构优势的深入研究，进一步拓展了先进材料的应用范围，有望成为未来人机交互和医疗监测领域的核心技术。

D18 -92

受生物启发的多维设计以实现高效颗粒物捕获的透明空气过滤器

郭朝阳*

中国科学院城市环境研究

透明空气过滤器 (TAFs) 因其在空气净化和个人呼吸保护方面的潜在应用而引起了广泛关注。为了实现高光学透明度, 传统 TAFs 通常通过减小纤维直径和层厚来制造, 但这种方法往往会牺牲机械强度, 并且仍然受限于过滤效率和压降之间的固有权衡。受蜻蜓翅膀复杂结构的启发, 这种翅膀以其卓越的强度和高透明度而闻名, 我们通过电纺技术设计了一种具有增强机械性能和优异过滤性能的仿生透明滤材。通过多维度的结构设计策略, 从一维 (1D) 到三维 (3D) 配置 (即, 1D 为双模纳米纤维直径分布, 2D 为密集和稀疏纳米纤维层区域的不规则分布, 3D 为通过电场调整的蓬松纳米纤维层结构), 仿生 TAF 实现了卓越的性能。具体而言, 该滤材的可见光透过率超过 70%, 对 PM0.3 和 PM1.0 的过滤效率均超过 99.50%, 压降低于 80.0 Pa, 确保了光学清晰度与有效空气过滤之间的平衡。此外, TAF 表现出显著的机械韧性, 断裂伸长率约为 232%, 最大拉伸强度为 5.3 MPa, 使其能够承受实际应用中可能出现的显著机械应力。本研究探讨了潜在的生产策略, 为多维结构设计的多功能 TAF 的大规模应用铺平了道路。

D18 -93

纳米团簇诱导的液相前驱体形成与结晶: 原位可视化及三维重建

陈晋*

武汉理工大学

揭示有机分子调控无机材料结晶机制在生物矿化、晶体学和材料科学领域具有重要意义。然而, 直接观测有机分子参与无机材料结晶过程仍面临重大挑战。本文引入羧基功能化的金纳米团簇 (Au NCs) 作为聚合物的替代物, 通过瞬态的“Au NCs 诱导的液相前驱体”相 (类似于 PILP — “聚合物诱导的液相前驱体”) 研究 CaCO_3 的结晶过程。基于 Au NCs 的超小尺寸、高密度和稳定自发荧光特性, 该方法可以通过光学显微镜直接原位观测液相前驱体形成及动态结合/解离过程。结果表明, Au NCs 被包裹入液相前驱体, 且液相前驱体的数量随时间近乎线性增加, 直至溶液中的游离 Ca^{2+} 离子因方解石的结晶而耗尽, 随后, 液相前驱体的溶解为晶体的后续生长提供离子。此外, 利用共聚焦荧光显微镜可追踪 Au NCs 在整个结晶过程中于 CaCO_3 内部的包裹行为及三维空间分布, 揭示其在 CaCO_3 特定晶面的优先吸附现象。该研究显著增强了对不同晶面生长速率差异及纳米团簇在晶体内部空间分布的理解。

D18 -94

Cellulose nanofiber-supported electrochemical percolation of capacitive nanomaterials with 0D, 1D and 2D structures

Chen-Chen Hang (杭臣臣) 1,2†, Chao Zhang2†, Qing-Fang Guan1, Liqing Ye2, Yude Su1,2,4*, Shu-Hong Yu1,3*

1Department of Chemistry, Institute of Biomimetic Materials and Chemistry, Anhui Engineering Laboratory of Biomimetic Materials, New Cornerstone Science Laboratory, Division of Nanomaterials and Chemistry, Hefei National Research Center for Physical Sciences at the Microscale, University of Science and Technology of China, Hefei, Anhui, 230026, China

2School of Nano Science and Technology, Suzhou Institute for Advanced Research, University of Science and Technology of China, Suzhou, Jiangsu, 215123, China

3Institute of Innovative Materials, Department of Materials Science and Engineering, Department of Chemistry, Southern University of Science and Technology, Shenzhen, Guangdong, 518055, China

4Key Laboratory of Precision and Intelligent Chemistry, University of Science and Technology of China, Hefei, Anhui, 230026, China

†These authors contributed equally to this work.

Cellulose nanofiber (CNF) represents a promising support material to strengthen the mechanical property of free-standing supercapacitor electrodes comprised of conducting nanomaterials. Although efforts have been focused on improving the performance of the CNF-supported electrode, the percolation of capacitive nanomaterials within the insulating CNF matrix, and its correlation with the nanomaterial's dimensionality are still underexplored. In this work, we fabricate membrane supercapacitor electrodes by incorporating CNF with 0D,

1D and 2D capacitive nanocarbons respectively to study the impact of their dimensionality. We found that the percolation pathway of the nanocarbons is dependent on their dimensionality. By introducing a new definition termed as electrochemical percolation threshold, the threshold weight percentages to realize effective electrochemical percolation are determined to be 60.0%, 14.3% and 66.7% for 0D, 1D and 2D nanocarbons, respectively. Increasing the weight percentage beyond the threshold typically results in improved electrochemical percolation but reduced mechanical strength, and both trends are dependent on the nanocarbon's dimensionality. Our results provide guidance to design efficient and robust CNF-supported supercapacitor electrodes by controlling the dimensionality and density of the active material. The insights regarding the electrochemical percolation threshold can be applied to other energy-storage nanomaterials to advance the development of insulator-supported supercapacitors.

Reference

[1] Chen-Chen Hang†, Chao Zhang†, Qing-Fang Guan, Liqing Ye, Yude Su*, and Shu-Hong Yu*, Cellulose nanofiber-supported electrochemical percolation of capacitive nanomaterials with 0D, 1D, and 2D structures, *Adv. Mater.*, 2025, 37, 2414904

D18 -95

生物过程启示的分级多孔 Fe-N-C 双功能催化剂设计及其锌空气电池性能优化

卢浩、邹朝勇*

武汉理工大学

低成本、稳定高效的氧还原反应(ORR)和析氧反应(OER)电催化剂对推动可充电锌空气电池(ZABs)的大规模应用至关重要。Fe₃N 活性位点虽具有优异的 ORR/OER 催化活性,但其纳米颗粒在反应过程中易聚集失活的问题严重制约性能提升。沸石咪唑唑酯骨架材料(ZIFs)凭借高比表面积与可调功能特性,成为抑制金属氮化物聚集的理想载体,但其结构精准调控(尤其是分级多孔构建)仍具挑战。受生物分级多孔结构合成机制的启发,本研究基于模板导向自组装策略,开发了一种分级多孔 ZIFs 的构建方法,成功制备了具有高度分散 Fe₃N 活性位点的分级多孔 Fe-N-C 催化剂(Fe₃N-HPZIF-8)。该催化剂得益于单分散 Fe₃N 位点、吡咯氮掺杂及分级孔结构的协同效应,展现出卓越的双功能催化性能(ORR/OER 过电位差 $\Delta E=0.619$ V)。本研究不仅拓展了 ZABs 阴极催化剂的设计策略,也为 Fe-N 活性位点的理性构建提供了新视角。

D18 -96

水性可复涂透明超疏水涂料及其自清洁和防尘性能

涂书画、张乐乐、张威振、冯杰*

浙江工业大学

针对超疏水涂层通常使用有机溶剂制备以及耐磨稳定性差的双重挑战,本研究创新开发水性可复涂超疏水涂层体系。通过分子结构设计,将合成的水溶性氟化丙烯酸酯聚合物与疏水改性二氧化硅纳米颗粒复合,同时实现水性环保特性与超疏水功能。本工作首次提出水性可复涂修复机制,涂层表面受损后无需移除旧涂层,仅通过涂覆水性涂料即可修复达到超疏水效果。超疏水涂层的可见光透过率约 94%,较空白玻璃提升 2.3%。光伏长期防尘测试表明,超疏水涂层可有效抑制灰尘沉积,提高光电转换效率。本研究实现了超疏水涂料的水性化、磨损后可便捷修复功能,为光伏表面抗灰尘防护提供可持续解决方案。

D18 -97

同心冰模板法制备具有仿生环向纤维结构的强韧、高抗压水凝胶

谷文熙、李奕雯*

澳门大学

在自然界中,许多生物组织或器官内包含环向排列的纤维状结构,如椎间盘、血管、鱼鳔等;这类生物材料往往具有优越的力学性能,其中的微观结构却难以通过现有技术手段复制。冰模板法是一种利用冰晶生长在材料中生成微观孔隙的新兴技术,虽然已被广泛应用于仿生材料的制备,但其所能实现的结构仍局限于蜂窝状、层状和放射状等简单形式。在本研究中^[1],我们开发了一种独特的冰模板技术,通过低速冷冻在聚乙烯醇水凝胶中构建出环向纤维结构,并针对这一结构设计了旋转压缩退火方法对水凝胶的力学性能进行强化。得益于环向纤维结构和旋转压缩退火的双重强化,该类水凝胶在保持 85 wt.%含水量的前

提下同时实现了强大的拉伸性能（抗拉强度达到 14 MPa）、抗疲劳性能（疲劳阈值达到 2,320 J/m²）、可压缩性（500 次 60%应变压缩后残余应变为 8%）以及高爆破压（1.6 bar）。这些特性为水凝胶材料在机器人领域中的应用带来了新的可能性。作为示例，我们使用含有环向纤维结构的聚乙烯醇水凝胶成功制备了超柔软的气动夹爪，以及具有高输出力和高可靠性的无线气动机器鱼。综上所述，我们开发的同心冰模板法不仅丰富了人工材料中仿生结构的多样性，还通过跨尺度结构设计实现了卓越的力学性能，进一步提升了水凝胶材料的应用价值。

本研究受到澳门特别行政区科学技术发展基金（项目编号：0119/2022/A3、0009/2023/TP1 和 0113/2024/RB2）、澳门大学与澳门大学发展基金（项目编号：SRG2022-00038-FST 和 MYRG-GRG2023-00225-FST-UMDF）的资助支持。

[1] Gu, Wenxi, Shuqi Yang, Dazhe Zhao, Yiwei Zou, Chonghao Chen, Peiqi Niu, Xiangyu Liang, Chi Tat Kwok, Bingpu Zhou, Chunming Wang, Yan Yan Shery Huang, Ji Liu and Iek Man Lei*. "Concentric ice-templating of ultra-compressible tough hydrogels with bioinspired circumferentially aligned architecture." Science Advances (In press).

D18 -98

仿生界面材料的空间应用技术研究

曹莹泽*、董珂琪、赵少凡

中国空间技术研究院

本研究重点关注仿生防尘材料与抗结冰材料的制备与应用研究。在月球与火星的探索任务中，月尘与火星沙尘对航天器的影响都是被重点关注的问题之一。在月面/火表的防尘技术体系中，疏尘材料的源头防控优势显著，仿生超疏尘材料通过纳米级微结构实现的粉尘自主滑落，降低尘粒的附着率，同时为后续主动除尘方法节约能耗。针对不同的任务场景和需求，我们设计了不同体系的防尘材料与涂层，并在地面进行了相关性能测试和模拟研究，研究结果表明材料具有良好的防尘性能，自主防尘率提稿了 75%。此外，通过结构设计和材料改性，优化了材料的耐磨蚀、耐高低温和透光率等方面性能。其次，针对空间站的抗结冰材料需求，结合模板法和气相沉积方法，制备了另一种抗结冰材料。该材料表面在低温环境（-20℃）可有效延缓结冰时间约为 400s，并具有良好的稳定性，经过 150 次结冰/除冰循环后依旧具有良好的抗结冰性能。

D18 -99

Ion-Exchanged Zeolite-Based Coating for Biomimetic Vegetation Spectral Camouflage

常圆玺*

国防科技大学

The development of materials capable of accurately simulating vegetation's visible-near-infrared (Vis-NIR) spectral characteristics remains a critical challenge in biomimetic camouflage. This study proposes a bioinspired strategy utilizing transition metal cation (Cr^{3+} , Fe^{3+})-exchange zeolites to regulate visible-light absorption properties through ion exchange, mimicking the spectral responses of chlorophyll and carotenoids in plant leaves. Experimental results demonstrate that Cr^{3+} - and Fe^{3+} -modified zeolites successfully replicate the reflectance profiles of green and yellow leaves in the 400–750 nm range, respectively. The specific surface area initially increased and then decreased with ion exchange concentration and cycles, achieving optimal values of 604.9 m²/g and 582.0 m²/g under optimized conditions. Notably, the modified zeolites exhibited maximum saturated water adsorption capacities of 20.8% and 20.3% at 25 °C and 60% RH, significantly enhancing their spectral similarity to vegetation in the 1300–2500 nm band. A biomimetic vegetation-spectrum camouflage coating fabricated using these materials demonstrated exceptional optical compatibility, with average spectral correlation coefficients of 0.95 and 0.96 against typical green and yellow leaves across the Vis-NIR spectrum (400–2500 nm). This investigation effectively broadens the application scope of zeolites, and the resultant biomimetic camouflage coating exhibits a remarkably extensive and highly potential application horizon in the realm of hyperspectral camouflage.

D18 -100

Bio-inspired chiral and basic locomotion modes of an active gel driven by internal chemical signalsLin Ren (任林)¹, Qingyu Gao^{2*}

1. College of Chemistry & Materials Engineering, Wenzhou University

2. Department of Chemistry, China University of Mining and Technology

Diverse biological locomotion is essential for their surviving and reproducing. A general understanding of the internal-dynamic origin of active locomotion has not yet been achieved. In our recent works, a widely studied self-oscillating polymer gel that hosts the tris (bipyridine) ruthenium-catalyzed Belousov–Zhabotinsky reaction (BZR), is used to design bioinspired locomotion. Our research reveals that: the asymmetry of internal chemical signals propagating in the gel account for the asymmetry driving effect (the push-pull effect) that generating basic modes of directional locomotion (retrograde and direct locomotion); the phase difference ($\Delta\phi$) between orthogonal components of kinematic quantities of the system, such as chemomechanical force, displacement, and velocity, determines rotational/helical chirality, i.e., chiral locomotion transition occurs when $\Delta\phi$ changes sign. Furthermore, when the internal dynamics of the system interact with differential illumination by mechanism of a nonmonotonic relationship between illumination and oscillatory frequency, chemical anchoring effect, homoclinic bifurcation and second Hopf bifurcation, can generate positive-negative phototaxis (imitate phototaxis locomotion of animals), retrograde and direct locomotion (analogous to the crawling mode of earthworm and snails, respectively), autonomous reciprocating migration (similar to anadromous migration of salmon) and angular locomotion (analogous to the “run-turn” mode of *Euglena gracilis* moves) of the gel, respectively. By using the self-oscillating gel system, we have proposed a way for the emergence of complex bio-functions, that may contribute to our understanding of natural and biological systems, and will benefit the design of soft robots and functional materials.

[1] H. Yu, L. Ren,* Y. Wang, H. Wang, M. Zhang, C. Pan, L. Yuan, J. Zhang, I. R. Epstein,* Q. Gao.* J. Am. Chem. Soc. 2025, 147, 6, 5182-5188.

[2] J. Wang, L. Ren, R. Teng, I. R. Epstein,* H. Wang, M. Zhang, L. Yuan, Q. Gao.* J. Phys. Chem. Lett., 2021. 12. 11987-11991.

[3] L. Ren, L. Yuan, Q. Gao,* R. Teng, J. Wang, I. R. Epstein.* Sci. Adv., 2020; 6: eaaz9125.

[4] L. Ren, L. Wang, Q. Gao,* R. Teng, Z. Xu, J. Wang, C. Pan, I. R. Epstein.* Angew. Chem. Int. Ed., 2020, 59, 7106-7112.

[5] L. Ren, M. Wang, C. Pan, Q. Gao,* Y. Liu, I. R. Epstein.* Proc. Nat. Acad. Sci. U.S.A., 2017, 114, 8704-8709.

[6] L. Ren, W. She, Q. Gao, C. Pan, C. Ji, I. R. Epstein.* Angew. Chem. Int. Ed., 2016, 55, 14301-14305.

[7] X. Lu, L. Ren, Q. Gao,* Y. Zhao, S. Wang, J. Yang, I. R. Epstein.* Chem. Commun., 2013, 49, 7690.

D18 -101**基于仿生离子通道的废水同步处理与盐差发电**

杨国夺*

东北师范大学

D18 -102**生物矿化启示的低温制备高硬度和高断裂强度的文石块体材料**

毛祎旻*

武汉理工大学

D18 -103**手性纳米粒子及组装体的生物效应**

刘堃*

吉林大学

D18 -104**功能蓝相液晶光子晶体**

王京霞*

中科院理化技术研究所

蓝相液晶因其独特的三维自组装超结构、多重外界刺激响应性、实时可重构性和优异的光学性能等吸引了研究者的广泛关注,在柔性光电器件中具有重大应用潜力。然而迄今为止,仍然缺乏对蓝相液晶多级结构和相变过程的实时观测,对功能特性的发掘仍然不足,从而限制了其实际应用发展。我们通过对蓝相液晶自组装过程的研究,引入可聚合液晶单体和非液晶性单体,实现了大面积、高质量、自支撑的多色单畴蓝相液晶光子晶体薄膜的制备;进一步通过合适的聚合物稳定体系拓宽了蓝相液晶的温域(-190~310 °C),并结合同步辐射、透射电镜等多手段详细研究了其相转变过程;利用蓝相液晶的刺激响应性研究了蓝相液晶光子晶体薄膜在形状记忆聚合物方面的应用;结合喷墨打印技术,发展了多色精美的蓝相液晶“活”图案,并通过调控打印参数及双手性蓝相模板的设计,实现了双手性具有时空可编程的蓝相液晶图案的制备。基于蓝相液晶谐振腔实现了高品质蓝相液晶激光,并进一步将其激光温域扩宽至超过 400 °C(-180~240 °C)。并进一步通过设计制备蓝相液晶弹性体,实现了宽温域的蓝相液晶膜的制备,并展示了其拉伸过程中的激光性能研究。这些工作极大的促进了功能性蓝相液晶在显示、防伪、激光等领域的应用拓展。

D18 -105

离子基类脑材料与器件

肖凯*

南方科技大学

智能生命的语言是“离子”,而人工智能的语言是“电子”。如何调控离子的精确输运行为进而构筑离子基类脑智能器件,最终实现生物智能和人工智能的无障碍沟通是我们未来面向脑-机混合智能的一个重要挑战。“神经仿生材料与器件”课题组围绕“离子基类脑智能”这一主题开展化学、材料、信息、生物等多学科交叉研究。通过仿生的手段构筑并调控材料/器件的结构和界面,探究可控离子-电子传输和耦合机制;构筑以“离子”为语言的电脉冲类脑计算硬件,搭载新型神经计算软件,实现了低能耗、高通量的感-存-算一体化功能;最后,验证了以“离子”为语言的类脑计算器件用于生物信号/信息调控和“人工智能-生物智能”无障碍沟通。

D18 -106

仿生高性能纳米复合材料

赵创奇*

中国科学技术大学苏州高等研究院

提高有机/无机界面应力传递能力是高强韧纳米复合材料领域重要挑战之一。实现纳米材料在高分子基体中的规整取向排列、提高有机/无机界面相互作用、调控高分子基体结晶度等都有利于提高材料内部的应力传递水平,实现纳米复合材料力学性能增强。然而,目前高分子纳米复合材料中对纳米填料的取向性及高分子结晶度的调控面临着诸多挑战。一方面,纳米填料在分子基体中的团聚及无序分布降低了增强效果;另一方面,缺乏对纳米复合体系中高分子结晶度及结晶形貌的有效调控方法,难以实现有机/无机协同增强。因此,如何实现纳米填料的取向组装、高分子结晶度的有效调控是高强韧纳米复合材料领域的关键科学问题之一。围绕关键科学问题,申请人提出了无机纳米材料结晶限域去浸润诱导高分子结晶的普适性策略。发展了超铺展剪切液流诱导纳米材料取向组装,去浸润诱导纳米材料结晶构筑纳米限域空间的普适性策略;利用无机纳米材料结晶限域去浸润诱导调控高分子结晶度,制备有机/无机共结晶结构;发展了有机/无机共结晶结构连续化制备技术,实现了多种高强韧层状结构纳米复合材料的规模化制备。推动具有超高力学性能纳米复合材料的规模化制备,服务国家战略需求。

D18 -107

面向多功能传感的仿生水凝胶与可持续湿气能源采集的落叶基器件

郭帅、陈瑞深 (Tan Swee Ching)*

新加坡国立大学 National University of Singapore

受自然界分子相互作用层级结构的启发,仿生材料在先进可穿戴电子领域展现出巨大潜力。我们首先展示了一种通过精确调控聚合物链内/链间相互作用(PPCIM 策略)来构筑的多功能水凝胶。该水凝胶在 PEDOT:PSS-PVA 基体中引入增塑剂与盐溶液处理,形成了独特的氢键-高分子链缠结网络,赋予材料皮肤

匹配的低模量 (~ 200 kPa)、优异的拉伸性 ($>180\%$)、出色的回弹性能 (能量损耗系数 <0.15) 及高的导电性 (>20 S/m)。这些特性使得水凝胶在高频率下能实现从微小 (0.2% 形变或 5 Pa 压力) 到大幅度形变的灵敏检测, 同时展现出高电压输出 (最高可达 90 V) 和高压敏性 (27.3 V/kPa) 的自供能触觉传感能力。

除了传感器件, 持续为可穿戴电子设备供能也是另一大挑战, 基于此我们进一步利用天然叶片的层级结构优势, 构筑了一种基于湿气能量采集的仿生器件。通过在脱木素并碳化处理的落叶基底表面不对称涂覆超吸湿铁水凝胶, 叶脉天然的阻隔作用帮助维持持久的水分梯度, 实现了持续的电压输出 (~ 0.5 V, 超过 240 小时)。其体积功率密度高达 $497 \mu\text{W}/\text{cm}^3$, 同时可以像电池一样利用水的蒸发和吸湿过程实现放电-自充电过程, 为微能量捕集设备提供了一种新的设计理念, 同时兼具可持续、低成本的优势。

D18 -108

铁钼氧化物修饰聚多巴胺近红外二区的光热杀菌研究

谢益骏*

上海大学纳米化学与生物化学研究所

D18 -109

仿生蛋白笼的设计及生物医学应用

任磊*

厦门大学

D18 -110

仿生介孔超粒子的可控制备与应用

赵再望、赵东元*

内蒙古大学

制备新型仿生介孔超粒子在应用中潜力巨大。设计和合成具有特定官能团的嵌段共聚物, 并利用其构筑超稳定的胶束基元软模板, 程序化调控组装行为和方式, 在不同的界面进行超组装, 可制备具有全新孔道结构、结构规整的仿生介孔超结构材料, 并应用于高效地水系电池、光电催化等领域。实现仿生介孔材料结构的精准操控, 揭示作用机制和构效关系。

D18 -111

竹篮子精准可控打水

张艺媛*

香港理工大学

D18 -112

仿生构建硅化修饰的羟基氧化铁复合材料及应用

丁春梅*

四川大学

铁氧化物凭借其可调控的电子结构、多样的晶型、丰富的表面活性位点, 以及独特的氧化还原活性、光响应性和磁性, 在环境治理与生物医学领域展现出巨大应用潜力, 成为光催化降解污染物、磁共振成像和骨修复等重要材料。然而, 在实际应用中, 传统铁氧化物存在诸多问题: 其带隙较宽, 导致载流子复合速率快, 降低了对太阳光的利用率; 同时, 高表面能引起的纳米颗粒团聚不仅掩盖了活性位点, 进一步削弱了光催化性能, 还会在生物体内引发局部铁过载, 诱导炎症反应。

本文通过仿生策略可控构建硅化修饰的羟基氧化铁复合材料, 基于水热-溶胶凝胶协同法, 调控无机相的成核-生长过程, 实现了材料光热转换效率与催化活性的协同增强, 并开发了其在光热-催化联用体系中的多功能应用。

(1) 设计了刺状铜掺杂羟基氧化铁@介孔二氧化硅 ($\text{Fe}(\text{Cu})\text{OOH}@\text{SiO}_2$) 纳米净化器。内核 $\text{Fe}(\text{Cu})\text{OOH}$ 模拟“深色皮肤”, 通过窄带隙效应 (1.86 eV) 拓宽可见光响应, 并借助铜掺杂诱导氧空位增强光热转换与自由基生成; 外层 SiO_2 “毛发”发挥隔热与红外反射功能, 形成局部高温微环境, 使 H_2O_2 分解活化能降低。纳米净化器能实现油水乳液高通量分离 ($>3950 \text{ L}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{bar}^{-1}$)、吸附以及亚甲基蓝的高效降解 (30 min 去除率 $>95\%$)。 (2) 以生物相容性优异的壳聚糖 (CS) 为基底, 构建了 $\text{CS}/\text{Fe}(\text{Cu})\text{OOH}@\text{SiO}_2$ 多孔支架。 $\text{Fe}(\text{Cu})\text{OOH}$ 作为“叶绿体”, 在近红外光下产生温和光热 (42°C) 并释放 Cu^{2+} , 通过热疗-离子协同效应清

除 99.2%金黄色葡萄球菌和大肠杆菌(6 h),较单一光热效率提升 3.1 倍;其类抗氧化酶活性可清除活性氧,抑制炎症因子表达。CS 三维网络模拟“细胞骨架”,提供力学支撑,使铁氧化物在其表面均匀分散。外层 SiO₂“硅壳”增强铁氧化物光热转换性能的同时,调控其离子释放速率,Fe³⁺/Cu²⁺/SiO₄-缓释有利于长效促进血管生成与成骨分化,实现股骨缺损再生。

D18 -113

基于微纳米孔道的电分析化学

夏帆*

中国地质大学(武汉)

D18 -114

仿生异质 MXene 界面工程与水能转换应用

张宝萍*

香港理工大学

纳米限域空间内物质的快速输运可引发超越体相材料的独特界面效应。尽管在海水淡化、离子筛分及能量收集等领域已取得重要进展,现有研究多聚焦于单相液态输运,而缺乏对涉及动态相变过程的调控。受自然界多尺度水分响应现象的启发,例如松果的湿气响应缓慢开合,自埋种子的螺旋卷曲,豆荚的爆炸式释放,我们构建了兼具浸润性与刚度异质性的仿生 2D MXene 界面工程,实现了恒定湿气条件下快速连续可逆的湿气-机械能转换,并进一步展现了在湿气发电和可编程驱动领域的应用潜力。该工作深化了对纳米限域水输运的动力学认知,拓展了微观流体行为到宏观工程应用(如软体机器人、人工肌肉及湿气发电),为 MXene 基仿生材料在水能转化领域的创新应用提供了新范式。

D18 -115

仿生动态纳米通道材料及其应用

王苗*

厦门大学

D18 -116

仿生磁驱动柔性致动器的设计、构筑和应用

贾霜*

沈阳理工大学

天然生物纤毛在一系列生物生命机能中发挥着至关重要的作用,从帮助海洋生物捕捉食物和去除污垢,到促进哺乳动物卵细胞和呼吸道粘液的有效输运。受这些天然生物纤毛结构和功能启发的仿生纤毛,因在微流控、生物医疗、微型传感器以及微型机器人等领域的重要应用价值而成为研究的热点。仿生纤毛是一种微型驱动器,其结构和功能与天然生物纤毛类似,不仅能够实现对微流体(液体和气体)及固体微粒的有效输运和混合,还能够实现药物输送、传感、自清洁等实际应用。然而,目前制备的仿生纤毛在纤毛表面浸润性、驱动方式等技术层面上仍然存在一些不足,从而限制了其在能源、医疗、电化学和环境等领域的实际应用。如何采用简单的制备和驱动技术,构建能够精准操控微尺度物质的超浸润仿生纤毛柔性致动器,并将其应用于实际生产生活中,是一个具有重要研究意义的课题。本文从微尺度物体输运和操控的实际问题出发,采用聚二甲基硅氧烷为基底材料,以仿生策略为理念,提出了一种呼吸道纤毛结构与磁响应相结合的微尺度物体智能驱动柔性致动器,为微尺度物体微操作系统的设计、柔性致动器及软机器人在更多领域的应用提供了新思路。

D18 -117

仿生毛细力驱动的复杂微纳结构调控及组装

曾诚*、李喆

中国科学院苏州纳米技术与纳米仿生研究所

在介观和微观尺度,毛细力对物体的结构和运动起到主导作用。自然界中的昆虫可利用对身体形态的控制,改变液面曲率,从而驱动自身在水面上发生运动。借鉴自然界中存在的利用毛细力控制运动的方法,我们提出了一种新的组装机理,可实现复杂结构的微纳组装。我们利用 3d 打印的方法构筑宏观孔道。通过向亲水孔道内注水,并在液面上漂浮一个疏水的浮子。利用毛细力产生的排斥作用,即可对浮子产生限

域,并进一步控制其位置和运动。通过将纤维与浮子相连,我们进一步实现了对纤维的控制。基于此原理,我们将展示一系列“简单机器”,并将其组合成复杂的器件,用于对纤维进行加捻、以及“麻花辫”结构的编织。我们也进一步将该方法直接用于控制单个微观粒子和聚集体。该方法的装置简单、成本低、迭代快,有望应用于微纳控制和加工。

参考文献

[1] Zeng, C.*; Faaborg J. M.*; Sherif, A.; Falk, M.; Hajian, R.; Xiao, M.; Kara, H.; Bar-Sinai, Y.; Brenner, M. P.; Manoharan, V. N. (*equal contribution) 3D-printed machines that manipulate microscopic objects using capillary forces. *Nature* 2022, 611, 68-73.

[2] Sherif, A; Faaborg, M. W.; Zeng, C.; Brenner, M. P; Manoharan, V. N. Braiding, twisting, and weaving microscale fibers with capillary forces. *Soft Matter* 2024, 20, 3337-3348.

D18 -118

仿生粘附凝胶的设计——从经验到数据驱动

范海龙^{*1,2}、龚剑萍²

1. 深圳大学

2. 北海道大学

数据驱动方法已成为加速材料开发的新范式,在催化、药物研发和高熵合金设计等领域取得了显著成功。然而,软物质材料的结构-性能关系高度复杂、多尺度特征明显,使得数据驱动策略在该领域的应用面临巨大挑战。传统的功能性仿生软物质材料开发依赖于科研人员的经验和直觉,采用反复试错的方式合成与性能优化,存在数据不完备、合成随机性高和效率低下等问题。因此,如何高效利用生物数据库中丰富的数据,通过数据挖掘与机器学习,构建数据驱动的功能仿生软物质材料开发新范式,是当前亟待解决的关键科学问题。

本研究围绕开发复杂水环境下高粘附性能水凝胶展开:首先,建立了基于仿粘附蛋白特征序列的凝胶设计框架,利用单体竞聚率的精确调控,实现特征序列凝胶的定制化高效合成,揭示了序列结构对界面粘附性能的协同增强机制,为高质量软物质数据集的构建提供了理论依据。在此基础上,创新性地提出了基于粘附蛋白数据库挖掘的人工智能驱动凝胶设计新范式,通过构建蛋白序列特征描述符,生成功能导向材料设计方案。结合理想共聚合成方法,实现蛋白特征序列的统计复刻,并构建了高质量的水凝胶材料小型数据集,进而通过序贯模型优化算法,显著提升了凝胶性能的预测精准性与优化效率。本研究为功能仿生软物质材料的高效精准设计提供了新思路,并推动了数据驱动材料开发方法在更广泛软物质材料领域的应用。

D18 -119

飞秒激光制备功能微纳结构在能源领域的应用——从核能到氢能

叶丰玮¹, 金瑞伯¹, 何耀文¹, 张帅², 杨颖², 陶海岩^{1*}

1 长春理工大学物理学院, 吉林 长春 130022;

2 长春理工大学化学与环境工程学院, 吉林 长春 130022;

面对“双碳”目标与全球能源转型压力,提升清洁能源(如核能和氢能)的转化效率及推进应用至关重要。表面润湿功能性微纳结构已被证实能显著提升能源转换效能,飞秒激光微纳加工作为一种兼具“冷加工”特性、微结构精确可设计性及易于集成自动化产线的先进制造技术,为面向能源应用的润湿功能性微纳结构制备提供了极具前景的解决方案。本报告以飞秒激光微纳加工技术构建润湿性表面调控气泡动力学为基础,进行了核能、氢能领域的创新应用研究:在核能应用方面,核能热力循环效率高度依赖沸腾传热性能,采用飞秒激光微纳制造技术,针对石墨烯基复合材料和金属传热表面,开展了沸腾气泡管理功能微纳结构设计、制造及其沸腾传热特性优化的相关研究,为沸腾传热提供了全新的优化方式;在氢能领域,提出了一种独立于负载材料本征形貌的飞秒激光微纳加工构筑超疏气电极新策略,将超亲水/超疏气润湿性微纳结构表面应用于产氢电极,使得润湿性设计及催化剂负载实现协同优化,这极大的拓展了超疏气电极的研究思路和促进了其应用可行性。综上,飞秒激光制备功能微纳结构为解决能源转换效率提供了创新路径,对加速清洁能源技术落地与实现“双碳”目标具有重要意义。

D18 -120**仿生气凝胶限域固液复合材料**

盛智芝*

中国科学院苏州纳米技术与纳米仿生研究所

微纳限域固液复合材料作为突破性功能材料体系,在国家重大战略需求和全球科技前沿领域具有重要战略价值。该材料创新性融合了固体多孔骨架与动态功能液体,通过仿生固液协同机制破解了传统材料“静态结构-动态功能”的适配性难题,为新一代高效能材料体系开发提供了创新性思路。其独特的动态可控界面、自适应传质通道及智能抗污染特性,在高端分离吸附、环境治理、能源存储等国家战略领域展现出不可替代的应用潜力。近期,我们借助仿生学原理精准构筑了气凝胶限域固液复合材料体系,通过创新研究动态固液稳定界面构建方法、功能液原位自补给调控机制及功能液主动捕获/智能释放策略,展现了动态环境下固液复合材料稳定服役性能,实现了战略性铀资源的高效提取;通过精细调控外场下流体选择性输运行为,实现了“一膜多用”:按需乳化与油水分离;建立了气体高效吸/脱附行为的智能调控方法,实现了高效大气取水与优异的制冷制热性能。

参考文献:

1. Zhizhi Sheng, Xuotong Zhang*, Mimicking Polar Bear Hairs in Aerogel Fibers, Science, 2023, 382, 1358-1359.
2. Tong Wu, Yinglai Hou, Zengwei Liu, Yuzhen Li, Lingling Wang, Guosong Wu, Zhizhi Sheng*, Jiapeng Sun*, Xuotong Zhang*, Liquid-Infused Aerogel Membrane with reverse functions enables on-demand emulsification and demulsification, Nature Water, 2024, 2, 899-910.
3. Yinglai Hou#, Zhizhi Sheng#, Mengchuang Zhang, Kaifa Lin, Jie Kong*, Xuotong Zhang*, Hierarchically Porous Carbon Colloidal Aerogels for Highly Efficient Flow Cells, Advanced Functional Materials, 2024, 35, 2418721.
4. Zhizhi Sheng, Yi Ding, Guangyong Li, Chen Fu, Yinglai Hou, Jing Lyu, Kun Zhang, Xuotong Zhang*, Solid-Liquid Host-Guest Composites: the Marriage of Porous Solids and Functional Liquids, Advanced Materials, 2021, 33, 2104851.
5. Zhizhi Sheng, Ying Sun, Yinglai Hou, Zengwei Liu, Jing Lyu, Lishan Li, Zhaochuan Fan*, Xuotong Zhang*, Kevlar Aerogel-Confined Functional Liquid-Based Composite Membrane Enables Dynamic Uranium Capture, Advanced Functional Materials, 2024, 34, 2402696.

D18 -121**液基材料界面粘附调控与功能化传感研究**

田洪淼*

西安交通大学

D18 -122**基于浸润限域的一维仿生传感器件制备**

姜翔宇*

北京航空航天大学

D18 -123**疏尘、抗灰尘沉积表面**

冯杰*、涂书画

浙江工业大学

针对户外灰尘沉积易引起太阳能电池光电转换效率降低及被动辐射制冷(PDRC)表面制冷效率下降的问题,用水性涂料制备了透明超疏水涂层、超疏水PDRC涂层,有效减少了灰尘沉积,并提高了光电转换效率和辐射制冷效率。研究了超疏水涂层的粗糙度、灰尘粒径、微风吹拂等条件对抗灰尘沉积的微观机理,为太阳能电池面板和PDRC表面户外抗灰尘奠定了材料和实验基础。

D18 -124**Stimuli-Responsive Artificial Ion Channels with Specific Anticancer Activities**

Changliang Ren (任长亮) *

Xiamen University

Artificial transmembrane ion channels have emerged as promising candidates in anticancer drug discovery, offering potential as novel therapeutics by inducing apoptosis and interfering with critical cellular processes. However, the challenge of achieving targeted anti-tumor effects while ensuring safety remains a pressing issue in the field. In this study, we introduces four classes of stimuli-responsive artificial ion channels, including non-covalently stapled H^+/Cl^- ion channels activatable by visible light, ROS-activatable H^+/Cl^- ion channels, concentration-responsive adaptive channels with mitochondrial targeting property and cholesterol stabilized nanopores. These novel artificial ion channels offer simplified preparation procedures, improved biocompatibility, and desirable anti-proliferative activities, positioning them as promising candidates for clinical translation in targeted anti-tumor therapy.

References

1. Zhong, Q.; Cao, Y.; Xie, X.; Wu, Y.; Ren, C.* Angew. Chem. Int. Ed. 2023, e202314666.
2. Jia, C.; Luo, D.; Zhou, J.; Xie, X.; Ren, C.* Angew. Chem. Int. Ed. 2024, e202419800.
3. Chen, Z.; Xie, X.; Jia, C.; Zhang, Q.; Ren, C.* Angew. Chem. Int. Ed. 2024, e202318811.
4. Shen, J.; Gu, Y.; Ke, L.; Ren, C.*; Zeng, H.* Nat. Commun. 2022, 13, 5985.

D18 -125

无接触式液体操控技术

王立秋*

香港理工大学

精准液体操控技术在 DNA 分析、蛋白质组学、细胞检测、临床诊断、化学合成及药物研发等领域具有关键意义。然而，生物流体可分割、强粘附及易传染等特性——尤其在纳升至亚纳升级体积下——带来了严峻挑战。以埃博拉患者血液样本为例，单滴血样在操作过程中即可能造成医护人员感染。诊断流程中所需的样本破碎、过滤与纯化等步骤多在流体介质中进行，进一步增加了接触风险。此外，液体粘附导致的容器与工具污染，若医疗废弃物处置不当，更可能引发二次危害。本次报告中，王教授将展示一种创新方法：通过声、光、纤维、热或磁场的靶向刺激，构建“魔法防润湿之手”。该技术可在杜绝表面接触的前提下，实现液体的按需导航、融合、夹取与分割，显著降低生物医药领域一次性塑料耗材的使用，为行业安全与可持续发展提供突破性解决方案。

D18 -126

仿生液体门控膜的响应性气/液输运调控

刘静¹、侯旭^{*1,2}

1. 厦门大学化学化工学院

2. 厦门大学物理科学与技术学院

自然界中，生物经过漫长的进化历程展现出了精妙的结构和界面相互作用以操纵流体来维持生存，其独特的功能成为人类探索各种应用不断的灵感来源。比如，植物的气孔和木质部通过孔道内的液体层进行空气、水和微生物的交换，充满液体的肺泡微米孔在压力梯度下可逆开启或关闭，形成控制气体进出的液层通道。受此启发的仿生液体门控技术，利用毛细力将液体稳定填充在多孔膜孔道内，在静态固体多孔膜与动态自适应液体的共同作用下，对气体和液体可控输运，相比于传统膜材料具有抗污染和节能的优势，在能源、生物医学、环境治理、航空航天等领域具有广泛的应用前景。近年来，基于液体门控技术开发的智能膜系统广受关注，为多相流体的跨膜输运调控带来了新的方法和途径。我们基于液体门控技术，从门控液体和固体多孔膜的设计及其与输运流体的相互作用出发，探索和开发了声、磁、热等非接触调控气/液跨膜输运的响应性液体门控膜，为推动液体门控膜的功能多样化和应用广泛性起到重要作用。

D18 -127

仿生光学微结构在航天热控系统中的应用研究

徐洪波*

哈尔滨工业大学

D18 -128**静电响应液体门控系统用于微气泡可控生成**张运茂^{1,2}, 侯旭^{2*}

1. 华侨大学材料科学与工程学院
2. 厦门大学物理科学与技术学院

近年来,微气泡因其大比表面积、固有的自压缩性、荷负电荷具有疏水性的表面,以及卓越的质量传递效率等特性吸引了广泛关注。这些特性使得微气泡在众多领域得到了广泛应用,如水处理、矿物浮选、食品工业和材料制备等。虽然存在多种微气泡生成方法,但气液膜分散技术作为一种可复制、可控和高效的解决方案而备受关注。该方法涉及压缩气体通过微孔膜以产生微气泡,其中膜的孔径和表面润湿性显著影响所产生的气泡大小,这反过来又极大地影响气泡的性质。然而,由于膜的润湿性和孔径的静态特性,气泡大小的原位主动控制几乎难以实现。最近,一种由植物气孔、动物肺泡等结构启发的仿生液体门控技术备受关注,它将毛细作用稳定的液体注入到微孔基质中,以创建一个动态和可以重新配置的门,用于调节流体输送。在该系统中,门控液体填充并封闭微孔,输运流体通过让界面变形以便进入孔隙,通过调控固体骨架与门控液体和门控液体与输运流体之间的界面实现特定的传输控制。基于此,我们提出了一种用于主动管理微泡产生的静电响应液体门控系统。通过结合电场和阴离子表面活性剂,这种方法直接控制固-液吸附。这种创新方法允许主动调控固-液-气界面之间的相互作用,进而影响气泡形成和脱离的动力学,从而有效改变所产生的气泡大小。该系统使得气泡生成的精确原位控制成为可能,仅通过使用低于 1 V 的小电势即可实现微米气泡大小近一个数量级的变化,这对可控微气泡的实际应用具有重要意义。

D18 -129**仿生结构材料在高比能锂电池中的应用**

张焕瑞*

中国科学院青岛生物能源与过程研究所

墙报:**D18 -P01****基于超分子胶体墨水构筑三维仿生结构色材料**

胡振、樊宇天、张连斌*

华中科技大学

在光学设备和视觉传感器中,具有三维(3D)几何形状的结构色材料受到广泛关注。然而,较复杂的制备工艺和有限的材料选择范围限制了 3D 结构色材料的发展。在我们的工作中,我们提出了一种简便的超分子 3D 打印策略,基于超分子相互作用的聚合物和胶体粒子构筑的超分子胶体墨水,通过墨水直写(DIW)构建具有复杂结构的 3D 结构色材料,无需任何后处理保持结构稳定或产生结构色。优化的超分子相互作用平衡了 DIW 的流变学要求和产生结构色的高胶体体积分数,一步实现 3D 结构色材料的成型。超分子胶体墨水具有剪切变稀和合适的触变性。胶体粒子的短程有序排列产生了与角度无关的结构色。此外,由于超分子相互作用的可逆性,所制备的三维结构色彩材料可随时回收利用,同时表现出可自愈合的性能。利用优化的超分子相互作用,可选择多种材料构筑超分子胶体墨水,满足 DIW 流变性,从而直接构建出三维结构色材料。

D18 -P02**用于高浓度盐水处理的可交替光热/电热膜**

何文*

厦门大学

太阳能蒸发是一种高效、节能、环保的海水淡化方法,但长期以来,太阳能蒸发过程中产生的盐会影响蒸发效率,由于盐不可避免地在光热蒸发材料表面结晶,并且该结晶过程随着时间的推移而增加,从而损害了太阳光吸收和蒸发的材料面积。在此,我们展示了一种基于三元分层结构的太阳能驱动蒸发器,其减少了盐的蒸发材料表面覆盖,以获得长的-持久的浓盐水处理能力。这种蒸发器是由垂直排列的中空管阵列穿过多孔板插入而构成的。顶部,中部,和底部分别作为盐结晶部位、蒸发部位和光吸收部位,同时通

过结晶盐的反扩散实现蒸发器的自清洁，该蒸发器在室外实验中处理浓缩的天然海水（21.3wt%）时显示出 10.21 kg/(m² d)的淡水产量。

D18 –P03

水性可复涂透明超疏水涂料及其自清洁和防尘性能

张乐乐*

浙江工业大学

针对超疏水涂层通常使用有机溶剂制备以及耐磨稳定性差的双重挑战，本研究创新开发水性可复涂超疏水涂层体系。通过分子结构设计，将合成的水溶性氟化丙烯酸酯聚合物与疏水改性二氧化硅纳米颗粒复合，同时实现水性环保特性与超疏水功能。本工作首次提出水性可复涂修复机制，涂层表面受损后无需移除旧涂层，仅通过涂覆水性涂料即可修复达到超疏水效果。超疏水涂层的可见光透过率约 94%，较空白玻璃提升 2.3%。光伏长期防尘测试表明，超疏水涂层可有效抑制灰尘沉积，提高光电转换效率。本研究实现了超疏水涂料的水性化、磨损后可便捷修复功能，为光伏表面抗灰尘防护提供可持续解决方案。