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

D46-超分子材料
D46-supramolecular materials

主办单位

中国材料研究学会

会议网址: https://cmc2025.scimeeting.cn

D46. 超分子材料

分会主席：石峰、曹毅、吴立新、陈涛

D46-01

光致形变液晶高分子新材料

俞燕蕾*、韦嘉、姜黎新、张霄羽、蒲玉
复旦大学智能材料与未来能源创新学院

液晶高分子材料具有良好的分子间协同作用，当引入偶氮苯等光响应基团时，光照不仅使光敏基团发生光化学反应，引起其分子尺寸和形状的变化，并且能使液晶基元发生排列的改变，从而产生宏观形变，如同“多米勒骨牌效应”。传统的光致形变液晶高分子材料以聚丙烯酸酯为主链，采用无规共聚方法制备，因此形变单元所处的微环境规整性差，需要通过外场作用（锚泊力、机械力等）诱导液晶基元取向，并通过化学交联加以固定，难以构建三维结构的致动器件。我们利用烯烃开环复分解可控聚合，开发了全线型聚烯烃类液晶高分子，其数均分子量高，从而形成显著的物理链缠结。借助高分子链缠结和近晶相层状有序结构形成独特的双重物理交联网络，光致形变线型液晶高分子表现出优异的形变和力学性能。其输出驱动力足以推动自重 10 倍的物体做功，模量可达 600 MPa，具有与天然蜘蛛丝相媲美的超高韧性，断裂能高达 319 ± 41 MJ m^{-3}，是以往报道体系的 100 倍。该材料集优异的形变-机械-加工性能于一体，可全方位满足一维到三维微型致动器的应用要求。我们利用该材料率先构筑了光控微管致动器，并通过精确调控其发生不对称形变，建立了光致拉普拉斯压差驱动微流体的新机制，实现了微量液体的全光控快速长程输运。通过推动光控微管致动器向全光控微流体芯片的升级迭代，进一步实现了微流体的多模式操控，建立了全光控微流体新技术，将流体通道和蠕动泵的双重功能合二为一，解决了微流控系统“外置设备累赘”的难题。

D46-02

主客体掺杂有机室温磷光材料

蔡政旭*
北京理工大学

有机室温磷光材料因其具有长的发光寿命、大的斯托克斯位移、较低的生物毒性，使其在智能防伪、信息存储以及生物成像领域具有广泛的应用前景。有机室温磷光材料的开发仍然面临巨大挑战，由于存在单线态-三线态间的电子跃迁（系间窜越）过程禁阻、室温下三线态激子不稳定等内在原因，长久以来绝大多数有机分子被认为没有室温磷光特性，从而严重阻碍了其理论研究和应用的发展。

通过分子设计构筑具有高效系间窜越能力的客体分子，并匹配晶态主体分子，将有效的提高三线态激子的产生效率并稳定三线态激子，使原本无室温磷光的客体分子表现出长寿命室温磷光特性。已经成功制备出以三苯胺、苯乙腈、二苯甲酮等不同电子给受体的主体材料，适用于 60 余种有机客体分子。所制备的材料磷光发射波长覆盖了整个可见光到近红外光谱区，完全可避免生物自荧光的背景干扰，满足不同条件下肿瘤的高信背比成像检测需求。该制备策略具有非常好的普适性，且工艺简单、所需原料成本低廉，产物具有较好的稳定性（水、氧稳定）、无生物毒性以及温度响应性，解决了现阶段磷光材料欠缺的问题。进一步通过分子可控组装，制备了尺寸均一且在水环境下长时间稳定（>10 天）的磷光纳米粒子。这种优异的磷光性质可以完全消除成像过程中生物体自荧光的干扰，不仅可用于高效的肿瘤细胞长寿命成像，还可用于小鼠活体的高信背比成像。进一步通过三线态激子弛豫过程的调控，可以实现磷光材料从室温磷光的辐射跃迁到电子转移的非辐射跃迁过程的转化，进而构筑磷光光敏材料，实现其在光催化领域中的应用。

参考文献：

[1] Lei, Y.; Dai, W.; Guan, J.; Guo, S.; Ren, F.; Zhou, Y.; Shi, J.; Tong, B.; Cai, Z.; Zheng, J.; Dong, Y.;, Angew. Chem. Int. Ed., 2020, 59, 6054-16060.

[2] Yang, J.; Zhang, Y.; Wu, X.; Dai, W.; Chen, D.; Shi, J.; Tong, B.; Peng, Q.; Xie, H.; Cai Z.; Zhang X.; Nat. Commun., 2021, 12, 4883.

[3] Zhao, Y.; Yang, J.; Chao, L.; Wang, Z.; Zhang, Y.; Li G.; Qu, J.; Wang, X.; Zhang, Y.; Sun, P.; Tong, B.; Xie,

H.; Cai, Z.; Dong, Y.; Angew. Chem. Int. Ed., 2024, 63, e202317431.

D46-03

精准宏观超分子组装及其巨量转移应用

成梦娇*
北京化工大学

宏观超分子组装(Macroscopic supramolecular assembly, MSA)，是微米至毫米尺度构筑基元通过分子间相互作用形成有序结构的过程，是超分子化学的新兴研究方向，可用于新型显示巨量转移、MEMS 器件、水下粘附、自修复、信息编码、组织工程支架等领域。不同于分子自组装，宏观自组装的构筑基元尺寸较大，热力学亚稳态数量急剧上升，因而存在组装结构不精准、有序度低的难题。为了提高组装结构的精准度，一方面，在组装前我们发展了长程毛细力与短程超分子作用协同的策略，先利用界面自由能最小化原理精细调整微米级结构的匹配度，建立了制备微米至毫米尺度精准组装结构的新方法；另一方面，在组装后我们提出了基于动态组装/解组装过程的“自纠错”策略，过多次解组装-再组装循环，使错配结构自动纠正，直至精准。由于具有平行大规模制备、低成本、设备依赖度低、精度高等一系列优势，上述精准宏观超分子组装的策略，十分契合当前 Micro-LED 显示中千万量级微米级显示芯片的高效转移需求，有望解决其巨量转移瓶颈难题，实现高精度、高效率、高良率、低成本的转移，推动 Micro-LED 未来显示技术的商业化进程。

D46-04

智能发光高分子凝胶

路伟*
中国科学院宁波材料技术与工程研究所

智能发光高分子凝胶是材料化学的前沿研究领域之一，在智能显示、变色伪装、仿生驱动等方面具有潜在应用价值。发光性能（颜色、强度等）的动态精准调控是其功能发挥和应用拓展的关键，但依然存在很多困难。然而，自然界中发光水母可通过 Ca^{2+}可逆配位等实现绿色荧光蛋白发光强度在有无之间的动态精准调控；在颜色调控方面，发光章鱼进化出多层色素细胞有序排列多层结构，可通过不同层色素细胞的差异化响应呈现出丰富多彩的皮肤颜色。受此启发，近年来聚焦荧光高分子凝胶研究，取得如下成果：(1) 仿水母荧光蛋白的发光强度调控原理，提出了构筑动态交联荧光高分子凝胶的仿生新思路，获得了一系列发光性能动态可调的荧光高分子水凝胶新材料；(2) 仿发光章鱼皮肤多层结构，发展了多层动态交联网络的仿生新结构，实现三原色荧成果。光团的多层独立分布及其荧光强度的正交调控，获得了宽范围荧光变色高分子凝胶。

D46-05

光子晶体薄膜的高效组装及产业化应用

汪长春*
复旦大学

由于独特的结构特性，单分散聚合物复合微球在功能材料领域具有广阔的应用前景。我们针对目前光子晶体材料制备中存在尺寸小、结构缺陷多、制备过程耗时长、难以进行规模化制备等问题，围绕构筑单元的均一性和组装的有序性开展了针对性研究，制备了粒径可调且具有硬核软壳结构的单分散微球，通过剪切诱导组装技术高效制备各种功能光子晶体薄膜。随着研究的深入，光子晶体领域的研究重点逐渐从以基础研究为主过渡到以基础创新加实际应用。然而，在迈向实际工业化应用之前，依然有很多挑战性的难题需要解决。在这个过程中，很重要的一点就是要根据最终工业化应用要求，设计和选取光子晶体的构筑单元结构和与之相适应的制备技术。已有的诸多方法虽然能够制备较高质量的光子晶体，但由于其材料本身特性或组装技术的限制，设计易于规模化加工的构筑单元材料和有针对性地选用高效组装方法是一个具有重大意义的科研方向。为此，我们设计并制备了新型单分散聚合物微球的组装体系，选用剪切诱导组装

法高效制备了大面积的光子晶体薄膜。在此基础上，进一步制备了环境响应聚合物光子晶体薄膜，并探索了其在传感、防伪及光学器件方面的应用。

D46-06

光多重超分子作用协同调控的室温磷光凝胶

吕少瑜*、杨熙鹏、李宁燕、陈攀壹、邓一帆

兰州大学

柔性室温磷光材料凭借其独特的可拉伸性，在可穿戴光电设备、柔性传感以及生物医学工程等领域展现出显著的应用潜力。然而，传统室温磷光材料的性能受限于其应用环境：在溶剂环境中，溶剂分子的渗透会加剧发色团的分子内振动与分子间碰撞，导致磷光寿命急剧衰减。这一现象严重制约了材料在溶剂环境中的实际应用。因此，如何通过分子相互作用的调控来同时实现优异力学性能与长寿命室温磷光，成为该领域亟待突破的关键问题。

针对上述挑战，本课题组通过以下策略实现了性能突破：（1）引入多重超分子作用，在凝胶基质中构建分子限域微环境，显著抑制溶剂分子与发色团的无序运动；（2）通过调控聚合物网络的交联密度，在保持材料柔性性能的同时，提升磷光寿命；（3）基于原位相分离策略实现了室温磷光水凝胶在水下长达 30 天的磷光发射。上述研究不仅突破了传统室温磷光材料的溶剂环境应用瓶颈，还为智能柔性器件设计提供了新的思路。

D46-07

聚合物复合光子晶体材料

张连斌*

华中科技大学

受自然界中一些结构色生物的启发，聚合物复合光子晶体材料近年来得到了广泛关注。聚合物复合光子晶体是一类具有独特光功能的聚合物有序复合材料，可由聚合物与胶体晶体复合而成。聚合物复合光子晶体可以调控光的传播产生结构色；同时，聚合物基体也可提高胶体晶体及其结构色的稳定性。相较于传统色素色，复合光子晶体及其结构色具有稳定、环保等优点，有望成为新一代可持续着色方案。此外，复合光子晶体同时具有聚合物基质的柔性与响应性，在智能显示、防伪和可视化传感等领域也具有重要应用前景。然而，规模化、连续化构筑具有高度有序结构的聚合物复合光子晶体仍是该领域的重要挑战。为此，我们提出了聚合物有序复合材料的超分子构筑策略，通过超分子交联动力学调控、外场下超分子动态解离等方法，实现了连续、规模化构筑超分子聚合物复合光子晶体。提出了动力学调控复合材料结构的策略，明晰了超分子复合体系中胶体运动-冻结的临界体积转变点，实现了超分子交联与胶体共组装、结构调控的协同；发展了剪切构筑超分子有序复合材料的新方法，实现了超分子复合体系中长程有序结构的二次演化，制备了平米级超分子聚合物结构色复合膜，实现了可视化、高灵敏应变传感。

D46-08

纳米限域通道材料离子输运调控及应用

孔祥玉*

中国科学院理化技术研究所

细胞作为绝大多数生物的基本功能单元发挥其生理功能，而离子通道在物质进出细胞过程中发挥着重要的作用。近年来，仿生纳米通道材料研究已被广泛应用在生物传感、能量转换、信号传导等领域。受生物离子通道特殊结构与功能启发，我们通过结构设计，筛选材料结构基元，通过原位功能化、超分子相互作用、静电调控等方法，构建了系列仿生限域通道材料，并研究了通道尺寸与结构、表面电荷分布、浸润性等界面物理化学性质对分子、离子在限域通道内传输的影响机制，利用外场精准调控，实现了分子、离子的可控传输，并进一步应用于分子/离子识别、盐差发电、外场调控的信号传导，推动了仿生材料在资源、能源、环境、健康等领域的研究进展。

D46-09

光开关分子组装行为与光学性能

艾叶叶*
杭州师范大学

螺吡喃作为代表性光开关分子，具有灵敏的光响应性、良好的可逆性和双模态光学性质等，在光学传感、生物成像、信息存储与防伪等领域展现出广阔的应用前景。然而螺吡喃开环性质的稳定性差，褪色速率快，显著阻碍了光开关的实际应用场景。为了解决快速异构化的问题，我们通过超分子组装的策略构建光开关组装体，基于多重弱相互作用（比如：π-π 堆积、氢键、配位键等）调控异构化过程，不仅可以有效地调控开环异构化速率，而且可以调控光开关的光学性质，获得刺激响应的多色光学性能，开发了时间依赖多色显示、高级信息加密材料。

D46-10

基于聚合物晶相编程的高性能可变性材料

余承涛*，张星，潘鹏举
浙江大学化学工程与生物工程学院
浙江大学衢州研究院

形状记忆聚合物（SMPs）是一类能够在外界刺激下从编程临时形态恢复至永久形态的可变形材料。然而，SMPs 的形状恢复过程常伴随材料从硬态到软态的转变，导致强度/模量显著降低[1,2]，从而影响实际应用。尽管已有研究尝试开发具有自增强能力的 SMPs，但其模量提升比仍存在较大限制。受螃蟹蜕皮过程中碳酸钙再结晶现象启发，本研究创新性地通过单一热刺激调控聚合物熔融-再结晶过程，提出了一种普适性策略来构建无水自增强型 SMPs。该材料利用初生晶体熔融实现形状恢复，随后在同一恢复温度下通过聚合物再结晶完成自增强过程，其模量提升速率和比率可在宽范围内调控。进一步通过构建具有自增强支撑功能的人工支架，验证了这类自增强 SMPs 的概念性应用[3]。本研究为开发先进形状记忆器件提供了新思路。

关键词：形状记忆；聚烯烃；熔融-再结晶；自硬化；生物启发

参考文献：

[1] Yichen Zhou, Chengtao Yu*, Xing Zhang, Ying Zheng, Bao Wang, Yongzhong Bao, Guorong Shan, Hangxiang Wang, Pengju Pan*. Ultra-sensitive ionic conductors with tunable resistance switching temperature enabled by phase transformation of polymer cocrystals. Adv. Mater. 2024, 36, 2309568.

[2] Xing Zhang, Yichen Zhou, Mengzhe Han, Ying Zheng, Junfeng Liu, Yongzhong Bao, Guorong Shan, Chengtao Yu*, Pengju Pan*. Non-monotonic information and shape evolutions of polymers enabled by spatially programmed crystallization and melting. Chem Bio Eng. 2024, 1, 790.

[3] Xing Zhang, Yichen Zhou, Haoran Chen, Ying Zheng, Junfeng Liu, Yongzhong Bao, Guorong Shan, Chengtao Yu*, Pengju Pan*. Shape memory networks with tunable self-stiffening kinetics enabled by polymer melting-recrystallization. Adv. Mater. 2025, 2025, 37, 2500295.

D46—11

离子导电水凝胶基柔性室温气体和湿度传感器

吴进*
中山大学

随着柔性可穿戴传感器在面向健康/疾病感知、人机交互等领域日益增长的应用需求，对传感器的穿戴舒适性（柔性可拉伸、透气、生物相容性等）和高传感性能提出了需求，而现有的传感器在这两方面难以兼顾。针对如何从分子层面调控凝胶和目标探测物质之间的相互作用以提高传感性能这一科学问题，本研究开发出系列类皮肤穿戴舒适的超分子水凝胶基高性能传感材料，揭示了水凝胶对气体、湿度等的传感机

理和构效关系，进一步结合自主开发的集成电路模块构筑可准确、持续、实时监测人体健康的便携可穿戴传感器系统。具体内容包括：1）创建离子导电水凝胶基室温气体和湿度传感材料新体系，通过材料改性设计制备了柔性可穿戴的高性能水凝胶基传感材料，实现了在室温下对特定气体（NO_x、H_2S、NH_3 等）和湿度具有高电学响应的气体/湿度传感器的构建；2）建立了目标化学分子基于凝胶-电极界面吸附/反应的凝胶基电化学传感机理理论，提出基于界面离子/电子传输调控增强传感性能的有效策略，实现了灵敏度和检测范围的突破。

D46—12

拓扑手性的精准构筑与调控

杨海波*

华东师范大学

区别于被广泛研究的欧几里得手性，拓扑手性是指物体无法通过三维空间的持续形变转换成为其镜像的特性，是涉及数学、物理、化学、生物与材料科学等多学科交叉研究领域。我们长期从事超分子化学拓扑学及相关领域的研究，例如，充分利用配位键键能较强且与其他弱相互作用力彼此不干涉的性质，发展了以配位键为核心推动力的逐级自组装策略，并成功构筑了一系列具有刺激-响应性质的超分子交联聚合物网络体系；进一步，将该策略成功拓展到复杂超分子支化聚轮烷体系的构筑中，在国际上首次实现了高代数、以轮烷作为重复单元的轮烷树枝状分子的高效构筑。我们近期主要关注拓扑手性的精准构筑与调控。例如,通过合理的分子设计，构筑了具有较高不对称因子（$|glum| = 1.2 \times 10^{-2}$）的新型拓扑手性[2]索烃分子，并对其手性表达进行精准调控，从而实现对其圆偏振发光性质多状态切换；此外，我们还首次发现拓扑手性三叶结具有高效的自旋过滤效，自旋极化效率可以接近 90%等。本次会议我将介绍在拓扑手性领域的最新研究进展。

D46—13

基于有机共轭分子的超分子材料及其生物功能调控

白昊天*

中国科学院化学研究所

基于有机共轭分子的超分子材料凭借分子可编程性、动态响应性和生物相容性等优势，在生物医学研究领域极具应用潜力。该类材料依靠非共价相互作用实现分子间的可控组装，其结构与功能的高度可调性，为精准调控生物活性提供了新工具。细胞膜电位作为关键生物物理参数，对细胞功能具有重要作用，参与调控神经传导、细胞增殖分化等过程。然而，如何借助分子设计与超分子组装，实现细胞膜电位精准调控，仍是亟待解决的关键难题之一。近期，基于主客体相互作用，我们设计并构建了一种由水溶性阳离子寡聚物与葫芦[7]脲组成的超分子复合物（OPV/4CB[7]），发展了一种由超分子动态特性与生物正交反应相结合的细胞膜电位精准调控新策略。OPV 侧链集成四个季铵盐基团及末端炔基，赋予了其水溶性和细胞膜结合能力。形成正电荷屏蔽的稳定超分子组装体 OPV/4CB[7]。该复合物能通过竞争分子（金刚烷胺盐酸盐，AD）触发解组装，释放 OPV 以增强体系正电性并暴露末端炔基，进而与正电寡聚赖氨酸发生点击反应。这种细胞膜表面原位“非共价组装与共价修饰”协同策略，可特异性调控 U373 胶质瘤细胞的高表达 TRPV1 通道，诱导细胞膜电位去极化，激活 TRPV1 离子通道并引发钙离子内流。通过进一步导入外源钙响应型抑癌基因，该体系可显著上调 p53 蛋白表达并诱导肿瘤细胞凋亡。本研究为肿瘤治疗及可编程细胞疗法提供一种新思路。

D46—14

手性螺旋超分子聚合材料

汪峰*

中国科学技术大学

我们聚集于手性螺旋超分子功能材料这一研究方向，针对手性材料与光场相互作用的耦合及高效调控机制这一关键问题，开展了系统的应用基础研究：(I) 建立了“非共价协同组装”与“共轭激子耦合”的协同调控策略，构建了长程有序结构的手性超分子螺旋材料，提升了手性传递与放大效率；(II) 调控分子参数影响非共价结合模式，并结合理论计算和先进光谱表征技术，阐释了超分子螺旋手性传递的分子参数及组分序列调控机制，实现了对螺旋精细结构的精准控制；(III) 依托螺旋材料优异的手性光学性质，结合加工条件优化和界面工程改进，创制了高效手性光电转换性能的偏振发光和探测器件，突破了传统器件在手性光学活性不足及功能集成度受限等方面的技术瓶颈，为手性共轭材料的化学创制和功能集成提供了新的视角。

D46—15

可控组装基元：从分子到超分子聚合物网络

陈浩*

山东大学

超分子聚合物是超分子化学和高分子科学交叉融合的结果。通过将非共价键的分子信息传递到宏观层面，极大地改变了聚合物体系的性质与性能，在结构材料、生物材料及能源材料等方向展现出巨大的潜力。非共价键性质是决定超分子聚合物性能的重要因素之一。我们发展了非共价键调控的物理有机化学方法，提出了状态叠加调控模型，揭示了响应性组装基元分子性质的调控机制。通过设计合成葫芦[7]脲/羧己基异喹啉组装基元，实现了对组装基元动力学性质及单分子力学性质的精准调控。组装基元的解离速率常数调控范围为 10^{-5}–10 s^{-1}，而其单分子力学强度可控范围为 150-700 pN。通过将该组装基元引入到超分子聚合物网络，探究了组装基元的分子性质对超分子聚合物网络性能的调控规律，阐明了超分子聚合物网络的分子调控机制，制备了性能精准可控的强韧超分子聚合物网络。

D46—16

稀土配位超分子材料

孙庆福*

中国科学院福建物质结构研究所

稀土配位超分子体系因其结构可设计性和独特的光电性能吸引了广泛的关注。如何从分子水平上定向构筑和调控稀土超分子配合物的化学组成、几何结构及其电子特性是实现其功能化应用的关键。本课题组在稀土配位超分子材料的定向合成与可控组装、光电磁性能调控及特异性分子识别与仿酶催化等方面取得系列研究进展。

D46—17

磷光配合物折叠体

李永光*

杭州师范大学

磷光金属配合物拥有高发光量子产率、长磷光寿命、丰富可调的激发态及高信噪比等特点，在光学器件、化学传感、生物探针等领域具有重要的应用价值。我们以铂（II）配合物为功能基元精准合成磷光分子合页、分子转子等，调控其组装结构与电子分布，获得发光色差显著的光功能材料，开发了其在手性检测、生物成像等领域的应用。

D46—18

氟氢键限域策略构建软而强韧自修复弹性体

游正伟*、贾宇杰

东华大学

自修复性是新一代弹性体最具吸引力的特性之一，在生物医学、软体机器人和柔性电子等领域应用前

景广阔。理想情况下，自修复弹性体应该兼具高强度、高韧性、抗穿刺和耐损伤等性能，以满足实际应用需求。然而，这些性能相互制约，难以同步提升，亟待突破。针对这一瓶颈，我们提出了一种利用 F-H 键进行纳米限域的仿生蛛丝策略，具体而言，研制了动态含氟聚酚氨酯，其中富含氢键供体和受体的酰肼基元能够形成具有高密度氢键的独特硬域，而氟化基团通过形成 F─H 键作用有效减小这些硬域的尺寸。这些更小且更密集的氢键阵列纳米相充当坚固但可逆的交联点，显著促进能量耗散，从而大幅提升材料的机械强度、韧性和损伤容限。与此同时，具有强吸电子能力的氟化基团加速了硬域内酚氨酯键的动态解离与重新缔合过程，显著提高了材料的自修复效率。实现了弹性体的强度、韧性和自修复性的同步提升，研制了具有迄今为止报道的最高抗穿刺能弹性体。

D46—19

超分子聚合与粘附

董盛谊*

湖南大学

经过三十余年的发展，超分子聚合物已经成为超分子化学和高分子科学的重要研究对象，不论在聚合单体结构、聚合驱动力和聚合机理方面，还是在功能化方面都取得了令人瞩目的进展，实现了超分子聚合物结构的多样化和功能的智能化。粘附是自然界最常见的现象之一，与界面浸润、物质传输、刺激响应等生命活动密切相关。利用人工合成分子与水分子之间的氢键作用，构建了新型的超分子粘附模式，首次展示了水分子在界面粘附中的重要地位，在分子层次阐明了作用模式和粘附机理；受到生物大分子结构内部氢键作用的启发，第一次提出超分子无溶剂化粘附概念，从源头上克服了粘附材料的溶剂依赖性，为发展可加工的新型超分子聚合物，实现其在绿色环保、可循环粘附领域的应用提供了理论基础。

D46—20

柔性超分子离子导体的设计和应用研究

吕晓林*

福州大学

离子凝胶由于其在柔性器件中的应用潜力而受到了广泛关注。然而，它们有限的机械可调性和环境不稳定性对其应用带来了重大挑战。因此，本文利用阳离子-氧配位相互作用和氢键的协同效应构建了一个三维超分子网络，从而产生了具有可调模量、拉伸性和强度的离子凝胶，实现了 10800%的断裂伸长率。此外，超分子网络使离子凝胶具有极高的断裂能、裂纹不敏感性和高弹性。同时，离子凝胶的高环境稳定性和疏水网络进一步屏蔽了温度变化和水分子的不利影响，使它们能够在较宽的温度范围内工作，并表现出强大的水下粘附性。然后，将离子凝胶组装成可穿戴传感器，在柔性传感和水下信号传输方面具有巨大潜力。本工作对离子凝胶在多功能传感和可穿戴领域的应用具有启发意义。

D46—21

基于海洋多糖大分子的手性超分子材料构筑及其圆偏振发光性能研究

沈兆存*

青岛大学

手性材料在圆偏振发光器件、光学信息加密、仿生传感等领域展现出巨大应用潜力。海洋多糖如海藻酸钠、壳聚糖是天然的手性生物大分子，其构象复杂多变，为多功能手性材料的制备带来新的机遇和挑战。本研究中，我们首先运用光谱学等分析技术，阐明了海洋多糖大分子螺旋构象的动态演变行为，进而发展了调控其螺旋构象的新方法；在此基础上，控制组装条件，驱动海洋多糖大分子有序聚集形成手性微纳结构，揭示了其多级次组装机理，并探究了圆偏振发光性能。该研究为天然大分子手性材料的设计制备提供了理论指导。

D46—22

仿生纳微通道材料

闻利平*

中国科学院理化技术研究所

通过向自然学习，人们不仅获得智能材料的设计灵感用于满足日益增长的先进材料的需求并且有助于促进人们学习如何更好的来模仿生物。仿生纳微通道材料在生物传感、离子筛分及能量转换领域的巨大应用潜力引起了人们的极大兴趣。师法自然，我们课题组以生物离子通道为灵感来源，以面向国家需求为目标，以分子设计与可控组装推进材料的功能实现。超分子组装可设计性强、基元种类多样，是构建仿生纳微通道的重要方法。此外，通过开发新型有机共价纳米片、共价有机骨架（COFs）、共轭微孔聚合物（CMPs）、自具微孔聚合物（PIMs）等，发展了一系列仿生纳微通道体系。通过外场精准调控，将所构建的体系应用于渗透能转换、关键元素富集、离子神经形态传输等，有助于解决资源、能源、环境及健康等领域的重大难题。

D46—23

功能水凝胶材料的力学调控与制造

刘吉*

南方科技大学

水凝胶网络具有与人体组织在结构、组成和生理学上的相似性，已经广泛应用于生物医学工程等领域。传统合成水凝胶强度低，易发生脆性断裂，很大程度上限制了它们的应用。与之相反，生物组织(如肌肉)却有着优异的韧性、强度和自修复等特性。水凝胶的增韧可以通过引入各类耗散机制(如动态主客体作用)来实现, 而疲劳裂纹的扩展只需断裂一层高分子链，并不受额外能量耗散机制的影响。受启发于生物组织的构效关系，我们提出抗疲劳水凝胶的设计理念：让疲劳裂纹在扩展中遇到比破坏一层高分子链强韧得多的组分，比如纳米晶域或有序微纳结构等。通过在水凝胶内部等级结构的调控，我们开创性的实现极端力学行为的水凝胶设计与制造，为生物电子、组织工程和软体机器人等领域面临的软材料力学相关问题提供有效解决策略。

D46—24

超分子组装赋能水凝胶材料力学与功能应用

薛斌*

南京大学

自组装生物分子材料与水凝胶在柔性传感、软体机器人、医用材料和组织工程等领域展现出广阔应用前景，其核心挑战在于构建具备复杂力学响应的多层级结构体系。自然界中，诸如骨组织等天然结构通过自下而上的多尺度层级构造，实现了力学支撑、细胞生长和神经通路等多重功能，这为人工材料设计提供了重要启示。受此启发，我们探索以生物分子自组装策略构建嵌入水凝胶网络的多层级结构，从而赋予材料独特的力学性能与多功能响应能力。围绕“生物分子组装体引入水凝胶网络构建复杂层级结构”这一核心理念，报告人将汇报近期的相关工作。在生物分子组装体方面，通过氟取代设计调控其力-电耦合特性，实现功能化组装；在水凝胶力学方面，利用酶催化原位组装，将组装体作为承力单元，制备出兼具高强度与高含水性的水凝胶；在功能应用方面，结合相分离模板界面组装与微区力学异质化设计，有效解耦细胞分化与基质力学强度，实现高效的硬组织修复。上述研究展现了超分子组装在提升水凝胶材料力学性能与功能集成方面的巨大潜力，为构建多功能生物材料体系提供了新路径。

D46—25

功能软物质的限域结晶与界面粘合

刘凯强*

陕西师范大学

针对溶液结晶法因溶液布朗运动导致有机半导体晶核不稳定、晶体缺陷多等问题，团队从空间限域自组装/共组装的关键科学问题出发，选择球形半导体富勒烯为模型体系，开展了富勒烯晶体生长所需分子凝胶介质的设计与构建、1D 和 2D 富勒烯超大单晶的可控制备、共结晶、包结及影响晶体生长的关键因素与规律性探索。明确了分子凝胶的空间限域功能是决定晶体控制生长的关键。针对晶体与凝胶纤维杂化的界面失效问题，团队从适应于不同基材的功能粘合剂的创制出发，设计合成了系列粘合剂，解决了界面粘合的部分极端环境耐受性与稳定性问题，积极推进界面粘合在固液多相体系中的实际应用。

参考文献：

[1] Gao, S.; Wang, S. S.; Ma, J.; Wu, Y.; Marella, R. K.; Liu, K. Q.; Fang, Y. Langmuir, 2016, 32, 12805.

[2] Liu, K. Q.; Gao, S.; Zheng, Z.; Deng, X. L.; Zhai, T. Y.; Fang, Y. Adv. Mater., 2019, 31, 1808254.

[3] Shen, C.; Han, P.; Zheng, Z.; Jiang, W.; Gao, S.; Hua, C.; Chen, C. L.; Xia, F.; Zhai, T.; Liu, K. Q.; Fang, Y. Adv. Sci., 2022, 9, 2203662.

[4] Deng, X.; Tang, J.; Guan, W.; Jiang, W.; Zhang, M.; Liu, Y.; Chen, H. L.; Chen, C. L.; Li, Y.; Liu, K. Q.; Fang, Y. ACS Nano, 2022, 16, 5303.

[5] Guan, W.; Jiang, W. H.; Deng, X. L.; Tao, W. S.; Tang, J. Q.; Li, Y. G.; Peng, J. H.; Chen, C. L.; Liu, K.Q.; Fang, Y. Angew. Chem. Int. Ed., 2023, 62, e202303506.

D46—26

拉伸自适应增强高强韧水凝胶的设计与功能响应

谢续明*、高榕泽、朱雨璇

清华大学

水凝胶以其良好的生物相容性、机械性能和环境响应能力，在生物医学、柔性电子器件等领域得到了广泛应用。随着传感器的柔性化、功能化，智能化，人们越来越期待柔性材料能够根据外界刺激来调整自己的结构自发增强，以适应外界的环境刺激，实现“适者生存”。本研究希望制备出能在合适的力学训练下自发调整结构的凝胶，实现自适应、自增强，获得更高的强度。首先采用聚丙烯酸（PAA）作为基体，改性聚氧乙烯-聚氧丙烯-聚氧乙烯（PEO-PPO-PEO）三嵌段高聚物 PluronicF127-DA 作为化学交联链，过硫酸铵（APS）作为引发剂，合成了 PluronicF127-co-AA 水凝胶。探讨了不同种类配位金属离子、不同配位离子含量和不同含量化学交联剂的变化对水凝胶单次拉伸力学性能的影响。结果表明，Zr^{4+}含量为 2.0 mol%的水凝胶在单次拉伸实验中表现出较高的初始模量、良好的断裂伸长率和断裂应变。此外，通过循环拉伸实验，研究了循环拉伸训练强度和训练间隔休息时间对水凝胶拉伸强度增大的影响。如健身过程中，通过合适强度、反复的训练，人的肌纤维在训练过程中能够发生细微的破坏和超量的恢复，从而使肌肉逐渐变得更强。结果显示，经过 700%和 500%训练后的水凝胶力学性能显著增强；训练间隔足够的休息时间可以使水凝胶力学性能增强。表征结果显示，增强效应主要由嵌段高聚物 PluronicF127-DA 微相分离形成的以 PPO 为核的微胶束在拉伸下的形态变化所导致。本研究为制备具有高强度和自适应增强能力的聚丙烯酸水凝胶提供了一种有效方法。

参考文献：

[1] Yujun Liu, Xu-Ming Xie；ACS Appl. Mater. Interfaces, 16, 24, 31555−31566 (2024).

[2] Rong-Ze Gao, Yu-Xi Li, Jian-Hui Yan, Xue-Rui Ma, and Xu-Ming Xie, Chinese J Polym. Sci., 41, 866–873 (2023).

[3] Yuxi Li, Xu-Ming Xie；Polymer, 283, 126223 (2023).

[4] Yuxi Li; Yujun Liu; Xu-Ming Xie; ACS Appl. Mater. Interfaces, 15：30859-30869(2023).

[5] Yuxi Li, Licheng Liu, Hao Xu, Zhihan Cheng, Jianhui Yan, and Xu-Ming Xie; ACS Appl. Mater. Interfaces, 14, 32541−32550(2022).

[5] Yuxi. Li, Jianhui. Yan, Yujun. Liu and Xu-Ming Xie, ACS Nano, 16, 1567−1577(2022).

D46—27

粘附性高分子水凝胶的制备及其在软体机器人中的应用

吉晓帆*
华中科技大学

软体机器人因其高柔顺性展示了多种功能和应用，包括柔顺操作、仿生运动以及智能变形等。目前，大多数软体机器人以独立个体形成存在，面对复杂环境适应性差，需重新设计和制造整个系统。将模块化设计概念引入到软机器人领域，则有效解决了这一难题。模块化软体机器人通过重新排列自身模块之间的连接来改变形态，以适应不断变化的任务和环境。构建模块化软体机器人的关键是连接机制，传统的刚性连接包括机械连接和磁性连接，但该连接方式降低了机器人结构的柔性和可变形性，并增加结构复杂性。我们提出了基于水凝胶黏附能力的新型连接机制，其是通过水凝胶界面超分子作用实现模块化单元之间的连接，可实现多次重复连接且不需要任何外部能量来触发。基于水凝胶界面黏附作用的连接方式不仅可以轻松实现软体模块间的自组装、解组装和重组装，也为构筑模块化软体机器人提供了新方法。基于此，我们成功构筑了模块化水凝胶机器人，并通过模块之间的组装与重构，实现不同场景的展示与应用。

D46—28

高环境适应性纳米复合水凝胶

从怀萍*
合肥工业大学

具有柔韧、智能和曲面设计的柔性材料可与复杂曲面表面无缝衔接，显著扩展了传统刚性材料在显示、传感、监测、诊断与干预等功能方面的能力，在未来电子产品、医疗健康监控等领域具有重要应用，已成为柔性产品的战略性材料。本工作将主要讨论近年来我们在高环境适应性柔性材料的结构设计、界面组装合成及其性能调控领域的研究进展。包括：发展了基于动态金属配位作用的纳米复合交联聚合合成法，研制了自修复耐拉伸弹性导体材料，合成了三重刺激响应自修复弹性复合凝胶电极，表现出强伸缩能力、优异的电机械稳定性和智能性；揭示了紫外光诱导下金属纳米颗粒二维自组装规律，普适合成了高度各向异性自修复超弹性复合凝胶；发展了“取向组装与程序化聚合”相结合的方法，实现了具有高曲率蜂窝交联网络结构、极端环境耐受的抗压缩弹性导体材料的普适合成；发展了一种简易高效的滑动铸造技术，实现了大面积水凝胶薄膜的快速印刷和表面图案化。进一步探索了所合成的材料在柔性能源器件和可穿戴电子器件领域的应用潜力：首次构筑了在充放电过程中实时自修复的储能器件；研发了可在光、电和磁刺激响应下自修复、以及在恶劣环境下瞬时自愈合的可伸缩超级电容器。此外，运用双限域工程策略研制了智能水凝胶光催化体系，实现了光诱导下催化性能的连续再生。

参考文献：

[1] Wang, Y.; Qin, H.; Li, Z.; Dai, J.; Cong, H.-P.*; Yu, S.-H.* Nat. Synth. 2022, 1: 975-986.
[2] Chen, H.; Qin, H.; Yao, X.; Cong, H.-P.*; Yu, S.-H.* Adv. Mater. 2025, 2418730.
[3] Xu, Z.; Chen, H.; Yang, H.-B.; Yao, X.; Qin, H.; Cong, H.-P.*; Yu, S.-H.* Nat. Commun. 2025, 16: 400.
[4] Yao, X.; Chen, H.; Qin, H.; Wu, Q.-H.; Cong, H.-P.*; Yu, S.-H.* Nat. Commun. 2024, 15: 9254.
[5] Qin, H.; Li, N.; Xu, H.-M.; Guo, Q.-Y.; Cong, H.-P.*; Yu, S.-H.* Angew. Chem. Int. Ed. 2022, 61:e202209687.
[6] Qin#, H.; Liu#, P.; Chen, C.; Cong, H.-P.*; Yu, S.-H.* Nat. Commun. 2021, 12: 4297.

D46—29

近层功能化水凝胶的设计

柏鸣*、薛斌、曹毅
南京大学

现有的近层功能化策略普遍存在以下问题：其一，由于力学性能的不匹配，弹性体复合或共价交联涂层等方法易引发界面错位。更为关键的是，不可逆的化学键合严重制约了材料对 pH 值、温度及离子强度

等环境参数的动态适应能力；其二，物理吸附修饰存在界面稳定性不足的固有缺陷。针对上述瓶颈问题，我们结合模版诱导近层排列和功能高分子动态自组装策略，通过表面修饰和内部改性的协同作用，成功开发出具有普适性的近层功能化水凝胶体系。在保留水凝胶本征特性的前提下，实现了表面功能的精准调控与动态响应，并探索该体系在柔性传感与生物医学领域的应用。

其中，自适应脂质集成涂层通过仿生自修复机制显著提升水凝胶传感器的保水性与长期稳定性，pH响应型亲疏水可切换涂层则拓展了水凝胶在湿性粘附与智能药物递送领域的应用潜力。相关工作为水凝胶近层功能化提供了创新方法与框架，在柔性电子、智能器件及药物缓释等领域具有重要的应用价值。

D46—30

近基于自组装肽纤维的高强韧超滑水凝胶设计及生物涂层应用

孙魏*、曹毅、薛斌

南京大学

人工关节等生物医学植入物的长期可靠性面临关键挑战，尤其是摩擦磨损产生的微塑料和表面异质性易引发炎症，导致植入体失效。传统的 UPE、PEEK 等高分子材料虽然机械强度优异、但是缺乏生物组织的多级结构，难以兼顾润滑性与承载能力，而现有水凝胶涂层虽能通过吸水形成软弹性缓冲层形成超滑水合层，却仍难以在单层结构中同时实现超低摩擦、高强韧性和长效耐磨性。这一矛盾源于水凝胶的机械强度与润滑性能的本征冲突：高含水率是超润滑的必要条件，但会削弱力学性能，而常规化学交联增强策略会降低含水率，损害润滑性和耐磨性。针对这一难题，本研究受关节软骨多级结构启发，开发了一种基于自组装肽纤维（picot fibers）的层级水凝胶涂层（PFHC），其结构分为三层：多孔富水润滑层，纤维增强的强韧中间层以及锚定层。自组装肽纤维与聚合物基体交织形成动态交联网络，通过隐藏长度机制实现能量耗散与秒级恢复，使该涂层在 10 万次滑动循环后仍保持超润滑性能（μ~0.009）和超低磨损，且生物相容性良好。PFHC 通过结构层级化解耦润滑与承载功能，突破了传统性能权衡，为植入物界面提供了长效耐磨的解决方案，其设计原则还可拓展至软机器人、组织工程等领域，推动下一代生物润滑材料的发展。

D46—31

生物分子玻璃创制与功能应用

闫学海*、袁成前

中国科学院过程工程研究所

玻璃是人类历史上最具变革性的材料。然而，目前传统玻璃在生产制造及应用中面临着资源环境负担重、废弃物处理困难等重要问题。针对国家双碳和绿色制造重大战略需求，未来材料的设计和开发必须遵循无毒、可再生和可降解的基本原则。生物分子玻璃是玻璃家族的新成员，是由我国科学家在国际上率先开拓的玻璃材料研究的新领域。它是一类以氨基酸、肽等生物分子为原料，基于非共价化学形成的玻璃新体系，其具有超越于传统玻璃的独特性质，如更优异的透光率、灵活的可加工性、可生物降解性、生物相容性、生态环境友好等。该生物分子玻璃在使用期间保持结构稳定，具备玻璃“强硬度、光学透明、易加工”的特性，可在生物酶等特定条件下降解为环境无害的产物，并被生态系统循环再利用。因此，发展基于非共价键绿色化学的生物分子玻璃材料对于实现未来循环经济、绿色低碳的意义重大。生物分子玻璃的发现入选了维基百科生物技术年鉴，被评价为 2023 年度重要创新性（Notable Innovations）发现之一。

D46—32

环境响应智能纳米材料用于疾病精准治疗

肖萌*、刘鉴峰

中国医学科学院放射医学研究所

传统治疗方式常因药物分布不均、非靶向性等问题导致疗效欠佳且副作用大，而智能纳米材料能够感知体内微环境变化，实现药物的精准释放及杀伤性可控激活，在疾病精准治疗领域展现出巨大潜力。这不仅提高了对病变部位的选择性杀伤，减少了对正常组织的损伤，还为个性化医疗提供了有力支持，有望突

破疾病治疗的瓶颈，为精准医疗带来新的突破。

近年来，多药耐药细菌感染已成为威胁全球公共卫生的严重问题，亟需开发一种疗效好、耐药率低及全身毒性小的广谱性联合疗法，以实现在伤口感染处的特异性毒性激活，而不对正常组织造成损伤。为此，我们构建了一种能够对近红外光（NIR）刺激快速响应的 ROS 自敏感型聚合物胶束。该体系在疏水相互作用下以 93.75%的药物包载效率负载抗菌药物姜黄素，NIR 辐照能够激活聚合物胶束解聚使姜黄素响应性快速释放，同时吲哚菁绿在 NIR 辐照下引起的局部升温也将进一步加速药物的释放。与现有抗生素相比，该策略中所使用的药物对细菌种类并无特异性，NIR 这一外源性刺激的引入则赋予了抗菌以精准的时空可控性，化学-光热协同抗菌更展现出了增强的抗细菌感染能力，为耐药细菌感染的精准治疗提供新的途径。

肿瘤是全球主要的死亡原因之一，每年导致数百万人死亡，给社会和经济带来了沉重的负担。传统的肿瘤治疗方法有其独特的机制和应用场景，但同时也存在一定的局限性和副作用，为此，我们开发多种技术策略增强抗肿瘤效果与安全性。在化疗方面，顺铂是一种广泛应用于多种癌症治疗的抗癌药物，但由于肿瘤细胞对顺铂的耐药性，其疗效常受到限制。为此，我们设计了一种以多肽骨架介导组装的顺铂前药，其在肿瘤细胞表面形成的自组装结构显著增强了肿瘤细胞对顺铂的摄取量，并在细胞内 GSH 的刺激下释放顺铂；同时，通过抑制环氧化酶-2 和失活核因子 κB 这两个与耐药相关的通路，促进了顺铂耐药肿瘤细胞的凋亡，几乎完全逆转了耐药肿瘤细胞的顺铂耐药性，最终实现 80%的肿瘤抑制率。在放疗方面，肿瘤细胞对放射治疗的抵抗性是影响治疗效果的关键因素之一，肿瘤组织内部的乏氧微环境与肿瘤细胞的 DNA 损伤修复能力是导致放射抵抗的重要因素。为此，我们开发了一种超分子作用介导的肿瘤原位自组装金纳米棒体系，其在肿瘤细胞内特异性组装的能力在增强放疗抗肿瘤效果的同时，降低了对正常组织的副作用；同时，该体系在低功率 NIR-II 光源下产生的局部热效应能有效缓解肿瘤乏氧微环境，减少肿瘤组织肿瘤相关成纤维细胞并诱导细胞外基质降解，使肿瘤血管正常化，最终实现肿瘤放射增敏的效果。

无机纳米材料因其独特的物理化学性质和生物学效应，在疾病诊疗中展现出巨大的潜力，但其生物安全性差、在生物体内不可降解等问题仍严重制约其临床应用。受到人体代谢外源性亚硒酸钠来治疗硒缺乏性疾病的启发，我们开发了一种可在肿瘤部位原位转变的含铋亚硒酸盐纳米前体，其在生理条件下保持惰性，但在肿瘤信号（肿瘤微环境中的质子、谷胱甘肽等）作用下转变为硒化铋，原位激活光热转换与光声转换特性，从而实现肿瘤部位特异性的光声成像引导的光热治疗。更重要的是，以亚硒酸铋形式被小鼠摄入的硒元素中，超 90%被机体吸收，而超过 90%的铋元素被排出体外，表现出优异的生物可降解特性。

环境响应智能纳米材料在疾病精准治疗中展现出巨大潜力，但其临床应用仍面临生物安全性、规模化生产及药效评价体系不完善等挑战。未来，随着材料科学、纳米技术与生物医学的深度融合，智能纳米材料有望实现更精准的疾病诊断与治疗。

D46—33

仿酶催化材料：结构仿生与性能超越

张宝利、刘源溪、<u>王振刚*</u>

北京化工大学

天然酶独特的催化特性很大程度上依赖于其活性中心结构和微环境，如何在人工催化体系中构造天然酶的活性部位，是一项有挑战的课题。近几年来，我们研究工作侧重于实现生物分子的可控自组装，通过操控功能基团的排布，精准控制催化体系结构和功能，并构造了一系列的仿酶催化体系。其一，设计了能形成不同折叠结构的生物分子，并与血红素或 Cu^{2+}共组装形成具有酶催化活力的纳米材料，表现出协同的过氧化物酶或氧化酶等催化功能，以及手性选择性、动态响应性和稳定性，并在生物质降解等方面表现展现出显著的优势。其二，提出设计、组装富含关键基基团的多肽，形成多元非共价作用协同维系的单晶结构，依靠催化基团的协作，实现了辅因子依赖性酶的催化功能，在退火和强酸处理时活力仍可 100%恢复，并展现出与天然酶活性位点截然不同的催化机制。其三，提出通过对底物的设计，增强与核黄素辅因子的亲和力，提高核黄素对底物的光氧化活力，实现了底物位点选择性的氧化脱羧，而且通过鸟苷水凝胶与核黄素的共组装，光照产生 H_2O_2，实现对伤口的辐照后抗菌治疗。

D46—34

分子机器人工受体仿生跨膜蛋白功能

包春燕*
华东理工大学

细胞膜表面分布着多种跨膜蛋白受体，这些生物大分子不仅介导细胞内外离子的选择性转运，还参与复杂的信号转导过程，在维持膜电位稳态、调控物质运输以及协调细胞间通讯等关键生理功能中发挥核心作用。值得注意的是，这些受体的结构异常或功能失调与多种人类疾病的病理过程密切相关。然而，受限于跨膜蛋白固有的结构复杂性、构象动态性以及体外研究的技术瓶颈，相关研究面临巨大挑战。在此背景下，人工受体系统的构建为解析天然跨膜蛋白的结构-功能关系提供了创新性研究工具，也为治疗相关疾病提供新思路。

研究发现，很多跨膜蛋白受体通过分子机器运动实现离子跨膜传输或信号转导的功能。受此启发，我们提出利用人工分子机器构建仿生跨膜受体，通过调控受体分子与磷脂膜表界面相互作用、构效关系和机器运动，实现跨膜离子传输和信号转导。主要研究内容包括 1）创建并发展轮烷类人工离子通道受体，提出"缆车式传输"新机制。通过精确调控双亲性轮烷分子与磷脂膜表界面的性质匹配，引入离子识别和光开关等功能基团，同时采用提高单个离子运输速率和增加离子流量的协同策略，成功实现高效、离子选择性及门控的离子跨膜运输；2）构建分子马达人工离子通道受体，设计具有独特马达结构的跨膜分子，提出"马达加速接力传输"新机制，利用光驱动马达的旋转运动，实现高效、选择性和可控的离子跨膜传输，并通过光驱动癌细胞内钾离子的外流，促进癌细胞凋亡；3）提出基于分子结构转换构建人工信号转导受体，设计具有刺激响应变构的人工受体，提出“仿生 GPCRs 信号转导”新机制，通过刺激响应的膜内易位、折叠-解折叠结构转换、分子长度的改变等策略，成功实现高效、可控的信号转导。

D46—35

蛋白质类淀粉样聚集材料

杨鹏*
陕西师范大学

本报告将汇报自主发展的基于可控蛋白质聚集与界面粘附的生物质材料体系，系统、深入建立从基础研究到产业应用的全链条。通过对蛋白质构象转变和可控聚集过程的深入理解和剖析，发展了基于蛋白质淀粉样聚集而制备蛋白质基宏观尺寸材料的广义基础理论；针对蛋白质淀粉样聚集体在物质表界面普遍粘附的自然现象，探究并提出了其内在的粘附机制和调控规律；开拓蛋白质淀粉样聚集体作为生物医用涂层材料、农药减量增效剂、食品保鲜剂、抗污材料等一系列非传统功能，解决面向可持续发展的生物质材料发展过程中的共性问题。本课题组将为创制多功能生物质材料提供独特的设计理念，为精准调控蛋白质基生物质材料结构与性能提供新的策略。

D46—36

核酸的超分子组装及其药物创制

李凤*
北京化工大学

核酸作为生物大分子，分子间识别组装主要依靠氢键、π-π 堆叠等非共价作用力，具有热致变性特点，且易于被核酸酶降解，其分子结构稳定性和生物功能拓展性依然存在不足，阻碍了在核酸药物创新和生物技术发展中的应用。如何以不同的应用场景为导向，利用化学手段实现功能核酸分子的稳定性调控、受控组装以达到与生命过程的耦合适配，为核酸新药研制提供理论依据和技术保障是核酸化学生物学领域的关键科学问题。我们以核酸分子的理性设计为基础，发展了光催化的核酸分子化学操控策略，探索核酸分子的结构与功能间的构效关系，建立了与生物信号耦合的核酸分子级联组装新方法，并拓展应用于细胞功能干预与行为定向调控以及新型核酸药物创制，为肿瘤和病毒感染等疾病治疗提供新的理论和技术支撑。

参考文献：

[1] Yunhua Guo, Wenzhe Song, Yuhang Dong, Xuejun Wang*, Guangjun Nie, and Feng Li*, Nano Lett., 2024, DOI: 10.1021/acs.nanolett.3c04510

[2] Yuhang Dong,# Yunhua Guo,# Wenzhe Song,# Guangjun Nie,* and Feng Li*, Functional Integration of DNA and Peptide-Based Supramolecular Nanoassemblies for Cancer Therapy, Acc. Mater. Res. 2023, 4, 892-905.

[3] Feng Li+, Yujie Liu+, Yuhang Dong, Yiwen Chu, Nachuan Song, Dayong Yang*, Dynamic assembly of DNA nanostructures in living cells for mitochondrial interference. J. Am. Chem. Soc., 2022, 144, 4667-4677.

[4] Feng Li+, Nachuan Song+, Yuhang Dong, Shuai Li, Linghui Li, Yujie Liu, Zhemian Li, Dayong Yang*. A proton-activatable DNA-based nanosystem enables co-delivery of CRISPR/Cas9 and DNAzyme for combined gene therapy, Angew. Chem. Int. Ed., 2022, 61, e202116569.

[5] Feng Li+, Wenting Yu+, Jiaojiao Zhang, Yuhang Dong, Xiaohui Ding, Xinhua Ruan, Zi Gu, Dayong Yang*, Spatiotemporally programmable cascade hybridization of hairpin DNA in polymeric nanoframework for precise siRNA delivery. Nat. Commun., 2021, 12, 1138.

D46—37

超分子智组装材料：从精准设计到产业化实践与平台共享

张嘉恒*

哈尔滨工业大学（深圳）

本团队聚焦超分子新材料的核心优势——基于分子/离子自组装的动态可逆性、精准可设计性与环境友好性，将人工智能与超分子自组装原理深度融合，成功构建“超分子智组装材料平台”。依托该平台，高效筛选并验证了数千种超分子结构，其中数百种结构成功跨越了实验室、小试、中试至量产的关键环节，在护肤、功效食品、生物医药、农药、环保及新能源等多个高价值领域展现出巨大应用潜力，累计实现产值超 10 亿元。我们诚挚希望借此机会，分享产业化过程中的宝贵经验、挑战与解决方案，并开放共享我们的中试与量产平台资源，为同行提供切实可行的产业化路径借鉴。面对国家和社会对大健康、环保、先进能源材料的迫切需求，我们坚信超分子材料蕴含着巨大的科研探索空间与商业价值，期待与业界同仁深化合作，共同推动这一前沿材料的创新发展与规模化应用。

D46—38

MXene 水凝胶传感器的制备及可穿戴连续无创监测血糖的功能

陈月月*

首都医科大学

糖尿病是我国严重的公共卫生问题，对糖尿病人血糖的实时监测是未来糖尿病人的管理方式。然而，临床公认的血糖检测金标准是针刺采血方式。市售血糖仪存在准确性不高和有创等问题。本研究采用 MXene 高导电性水凝胶设计并制造了一种用于葡萄糖监测的无创皮肤贴片。联合电化学方法，可以实现快速、灵敏和连续无创的葡萄糖监测。由 MXene 与聚丙烯酰胺、聚乙烯醇和葡萄糖氧化酶以氢键相互作用组装而成的超分子水凝胶电化学传感平台。为了提高其高导电性能，在电极表面沉积了金纳米颗粒和普鲁士蓝颗粒，以提供催化活性和促进电子转移。该生物传感器具有出色的传导性、稳定性和葡萄糖响应的灵敏度高，检测范围为 0 至 5288 μM，检出限为 9 μmol。课题组研究人员佩戴自制贴片检测血糖，结合反离子电渗法，实现了连续无创的葡萄糖监测，研究结果与指尖血糖仪测量结果保持一致。本研究凸显了超分子水凝胶在健康监测生物传感领域的应用前景，为糖尿病人的健康监测和管理提供了新的方式。

D46—39

非共价协同与动态共价聚合物

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与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。

参考文献：

[1] C. Zhang, X. Liu* et al. Angew. Chem. Int. Ed. 2024, e202411280.
[2] W. Niu, X. Liu* et al. Angew. Chem. Int. Ed. 2024, 63, e202318434
[3] W. Niu, Z. Liu*, X. Liu* et al. Adv. Mater. 2023, 2304157.
[4] Z. Zhang, W. Zhang*, X. Liu* et al. Adv. Mater. 2023, 35, 2208619.
[5] Li, X. Liu* et al. Adv. Mater. 2021, 33, 2101498.

D46—40

基于超分子自组装纳米载体用于骨关节炎的治疗

谢婧*
四川大学

骨骼疾病已影响全球约 17.1 亿人口，其中骨关节炎患者达 5.95 亿（占全球总人口的 7.6%）。开发新型润滑材料、重塑软骨润滑功能是治疗骨关节炎的核心。基于此，我们制备了一系列基于超分子作用自组装的纳米载体，例如超润滑环刷两性离子聚合物、软骨靶向聚合物纳米粒子以及具有级联催化功能的近红外免疫环刷聚合物纳米载体，它们都具有较好性能性和抗磨损功能，通过有效包载和释放药物，可实现受损软骨的有效保护，促进软骨再生，治疗退行性膝关节炎以及糖尿病性骨关节炎。

D46—41

甲硫氨酸特异偶联用于细胞表面蛋白的单分子力谱研究

张均生*、李一然
宁夏大学

细胞表面蛋白在细胞间通信、黏附及免疫应答等多种细胞生理过程中发挥着关键作用。然而在利用单分子力谱技术（SMFS）研究此类蛋白的过程中，如何在保持蛋白质天然构象的前提下实现特定位点的修饰和固定是当前面临的一大挑战。为此，我们开发了一种基于定制高价碘试剂的甲硫氨酸特异生物偶联策略，可实现对甲硫氨酸残基的高选择性、快速且稳定的标记。由于甲硫氨酸常作为 tRNA 合成蛋白质时引入的首个氨基酸，该方法有利于实现蛋白质 N 端的精确标记，从而为 SMFS 研究提供更可靠的蛋白固定方式。该方法形成连接产物的力学强度超过 600 皮牛，在蛋白质力致解折叠或构象变化过程中保持稳定，进而显著提升了原子力显微镜（AFM）探针与细胞表面连接体的稳定性与测量精度。此外，该方法还提高了实验采样效率和数据质量。我们将此技术成功应用于光诱导蛋白打印及天然表面蛋白的研究，验证其在活细胞蛋白力学研究中的广泛潜力，也为在复杂细胞体系中开展高精度 SMFS 研究提供有力支撑。

D46—42

液晶分子材料的设计、合成与性能研究

杨洪*
东南大学

液晶分子对热、光、电、磁等外源物理刺激都能产生响应，是极为重要的一类智能软物质材料，在光电显示、非线性光学、弹性体材料、光反射屏蔽材料、手性分离、微流体控制等研究领域有广阔的应用前景。本报告将汇报课题组在液晶分子材料，聚焦“功能基团与液晶性能的构效机制”科学问题，取得的三个阶段性成果：1、在液晶小分子领域，设计并合成了一系列以可溶性石墨烯纳米带热致液晶分子为代表的盘状液晶，显著提高了液晶小分子材料的有机半导体性能。2、在液晶高分子领域，提出含牺牲键二环桥环烯的开环易位聚合方法，构建精密序列液晶聚合物等功能高分子材料。3、在液晶弹性体领域，提出了化学键合网络功能增强构筑策略，实现了液晶弹性材料形变速度和力学性能的显著提升；构建了空间几何网络结构协同驱动机制，发展了多维度复杂形变液晶弹性体驱动器。

D46—43

双轴向列相与蓝相胶体液晶的构筑策略及响应特性研究

杨扬*、陈广东、程征、刘堃
吉林大学

双轴向列相液晶和蓝相液晶因其独特的各向异性与自组装结构，已被广泛认为是下一代液晶显示材料的重要候选。然而，现有分子液晶体系普遍存在使用温度高、温域窄、驱动电压高和制备成本高等问题，限制了其实际应用。相比之下，由各向异性胶体粒子构筑的胶体液晶不仅是研究液晶相行为的理想模型系统，也展现出作为新型功能材料的广阔应用前景。本工作选用不同维度的直板状胶体粒子，通过双组分协同组装成功构筑了双轴向列相胶体液晶，并通过在粒子两端引入双箭头结构，打破层状堆积，促进了双轴向有序排列的形成。此外，我们设计了具有凹槽结构的哑铃状胶体粒子，通过排除体积效应，在非手性体系中实现了手性蓝相的构建；同时，通过弯棒与直棒的协同组装，在较大弯曲角度下也获得了稳定的蓝相结构。针对传统重力沉积法构筑胶体液晶过程缓慢的问题，我们引入非均匀交流电场诱导的负介电泳效应，实现了粒子在弱电场区的快速富集，在形状熵驱动下于 1 秒钟内构筑出胶体液晶。关闭电场后，粒子迅速扩散，表现出良好的区域选择性与可逆响应特性。该策略为胶体液晶的快速、可控构筑与相行为调控提供了新的思路。

D46—44

高力学强度，回收性能可调的动态交联高分子弹性体

曹鹏飞*
北京化工大学

近年开发的具有动态化学键网络的弹性体具有热固性和热塑性弹性体的优势，并有望取代现有热固性弹性体成为下一代高性能、可持续的弹性高分子材料。这里，我们将报道一系列利用调控其取代基来控制他们力学性能和可回收性的硼酸酯基类玻璃化弹性体。其中，吸电子基团可以减缓硼酸酯基的交换速率，增加动态活化能和链段松弛时间，从而增强 PDMS 基弹性体的力学性能。从另一个方面，供电子基团可以降低弹性体的玻璃化转化温度，从而使其可在较低的温度下实现回收加工的目的。此外，我们还开发了一种含有离子簇的动态弹性交联网格，这种网格的热回收性能可以利用二氧化碳气体进行调控。二氧化碳气体可以使得离子簇解离重排，从而促使动态化学键的交换。这样应力松弛行为会使其在二氧化碳的氛围下进行高效的网格重构和有效热回收，并保持其在工作条件下的优异力学性能。这种策略将为可调控动力学的动态弹性高分子材料在密闭胶和废弃橡胶回收等领域的应用探索提供基础。

D46—45

液固界面聚合物电化学掺杂调控与传感

黄丽珍*

苏州大学

有机离子/电子混合半导体因其高导电性、离子电子耦合输运模式以及在水环境中的稳定运行等优势而受到广泛关注。以有机离子/电子混合半导体作为活性层的有机电化学晶体管（OECTs），因具有高跨导、低驱动电压特性而在生物传感、电生理学和类神经元等领域展示了很好的前景，成为近年来的研究热点之一。虽然 OECTs 在应用方面具有巨大潜力，但其工作原理涉及复杂的离子输运、电子输运和电化学氧化还原过程。因此与传统场效应晶体管相比，OECT 器件在材料选择和界面调控策略方面存在显著差异，特别是针对离子在液固界面输运以及电化学掺杂过程。我们采用界面修饰策略开发了一系列基于水溶性电解质的高跨导和高稳定性的 OECT 器件，促进液固界面离子扩散与掺杂，增强聚合物薄膜器件性能。在此基础上，我们探索了这类电化学晶体管器件在葡萄糖、离子和心电图等生物信号传感方面的应用，并将进一步开发面向人体健康监测的快速响应和高性能生物传感器件。

D46—46

分子张力工程

刘志常*

西湖大学

分子张力工程（Molecular-Strain Engineering, MSE）—利用几何尺寸不兼容所导致的结构受迫形变在分子内部施加张力，从而使分子本身产生精确可调的应变构型；这些应变构型有望在调控分子自身物理化学性质、超分子组装、操控化学反应进程和选择性等方面，表现出异于非应变构型的独特性能。分子张力工程解决的关键科学问题是探究张力对分子行为与性质的调控规律与机制。基于分子张力工程策略，我们的工作利用张力作为调控手段，通过开发以分子弓（弓形张力大环）为代表的张力分子体系，主要集中在三个核心领域：(i) 通过张力诱导的构象调控多维超结构分级组装；(ii) 运用张力精准调控反应进程和选择性；(iii) 利用张力调控分子的物理化学性质。我们的研究表明可以利用分子张力工程策略实现利用常规手段难以实现的目标、构建结构新颖的功能材料，为进一步理解张力的调控机制提供了实验依据和理论基础。

D46—47

单分子力化学与功能材料设计

李一然*

宁夏大学

超分子体系因其高度可设计性与动态响应特性，成为构筑智能材料、响应性系统及功能界面等多种复杂材料体系的重要平台。在这些体系中，分子构筑单元之间的组装行为可通过多种外部刺激进行调控，实现结构的可逆变化和功能转换。近年来，随着力化学的发展，研究者开始探索将机械力作为一种新型调控手段引入超分子体系，通过施加外力调控分子间的组装状态、诱导构象变化，甚至打破特定共价键，从而实现材料在结构与功能层面的精准响应。力化学与超分子化学的融合，不仅拓宽了传统超分子构筑策略的边界，也为实现力驱动的组装/解离、信号转导、能量传递和分子识别等功能提供了全新的研究思路。在这一背景下，作者利用原子力显微镜单分子力谱技术，定量测量了偶氮苯分子在顺式与反式构象下的力学强度，验证了其作为力敏团所具有的优异光-力化学响应性能。基于该分子的构象依赖性力学行为，进一步构建了光诱导构象转变调控材料宏观力学性能的策略，实现了从分子事件到材料性能调控的有效传递。此外，基于偶氮类力敏团的力响应特性，作者进一步发展了具备自适应特性的材料体系。通过降温冻结等手段施加机械刺激，诱导材料内部发生力化学反应，构筑出次级网络结构，实现特定区域的力学增强以及形状记忆材料的构建。

D46—48

基于超分子作用调控凝胶光学性能

乐晓霞[1,2]、孙雨[1,2]、吴越[1,2]、沈莹[1]、陈涛*[1,2]
1. 中国科学院宁波材料技术与工程研究所
2. 中国科学院大学

刺激响应高分子凝胶凭借其动态可逆的网络结构与环境适应性，在温度、pH、光、电场等外界刺激下可精确调控光学性质（如颜色、荧光、结构色、透明度），为信息加密与显示提供了独特平台。这些响应行为源于超分子作用力（金属配位、氢键、π-π 堆积、静电作用、疏水作用）介导的凝胶网络构象变化与溶胀动力学调控。本研究提出“分子设计-网络构筑-超分子编程”三位一体策略，通过定向调控光-物质相互作用（光子带隙调制、荧光共振能量转移、折射率切换），实现凝胶光学性能的时空调控，并探索这类材料在光学加密中的潜在应用。具体来说，我们基于带电染料分子与微凝胶的静电相互作用，制备了一种可打印多色荧光墨水，实现加密信息的解密和真伪验证；调控烷基链的疏水作用，构筑可在温度、溶剂作用下发生透明-不透明转变的油水凝胶，实现临时信息和永久信息的按需加密-解密；改变稀土离子的种类和比例，实现层状光子凝胶结构色和荧光色的互不干扰、独立调控，通过编程设计在不同通道中分别显示双模式信息，并通过协同叠加读取最终信息。进一步，利用金属离子配位键的形成和断裂，协同调控凝胶结构色和荧光色，实现可擦写的双光学信息显示。

D46—49

基于氧化还原的人工分子机器及其质谱表征

宋波*
甬江实验室

聚轮烷有着独特的机械互锁结构。作为滑环材料的基本骨架，这类特殊的高分子通常具有优良的动态性与出色的机械性能，因而在新一代有机功能材料的开发中起到至关重要的作用。然而，该类结构的精准合成始终充满挑战，其难度主要体现在大环数量的精确控制，分子量的精准调控以及高分子的准确表征。我们设计并合成了以紫精片段为基础的“人工分子泵”，巧妙利用其还原后的自由基相互作用及氧化后的电荷排斥作用，通过氧化还原循环将大环安装到聚乙烯醇（PEG）高分子链上。通过控制氧化还原电位，可以实现不同数量环的定量安装。此外，也可采用更具有空间位阻的聚丙烯醇作为主链，实现了该方法在不同种高分子链上的普适性。该类型分子具有聚电解质的特征，其表征一直是高分子领域的难点。我们采用高分辨电喷雾电离质谱（ESI-MS）对其进行了精确定量的表征，拓展了质谱技术在聚电解质类高分子表征中的应用。

D46—50

币金属调控的发光超分子有机骨架：定向合成与功能应用

谭丽丽*
西北工业大学

模仿自然界的多级组装开发具有精确有序的复杂结构和先进功能的人工系统仍然是一个艰巨的挑战。币金属基材料具有分子内和分子间的多级复杂性，类似于生物分子，因此为实现模仿自然界的高阶复杂结构-功能的组装提供了可能。通过币金属基材料的超分子组装，能够获得超越单分子状态下的优异功能，如光学性质、催化性质等。我们设计合成了具有超分子多态性的金纳米团簇，进而通过超分子组装获得了具有不同孔道大小、形状和微环境的超分子有机骨架单晶（MSOFs），发展了客体诱导组装结构适应转变的新策略，得到了高性能近红外发光的双/四螺旋超结构单晶，揭示了双螺旋结构对于催化电子转移反应活性的增强效应。利用具有独特的主客体性质的超分子大环调控具有明确结构的荧光金纳米团簇的组装，构筑了高性能超分子纳米诊疗材料，实现了超分子组装聚集增强诊疗。发展了单晶-单晶超适应转变新方法，提出了逐级适应调控转变动力学的新策略，实现了超快的逐步荧光波长转变，使其在高级别安全防伪和信息

加密方面展现出了显著的优势。进一步提出了调控发光 MSOFs 富电子吸附位点类型和数量的策略，实现了荧光可视化监测的高效碘捕获，首次设计了一种具有优异除碘效率（99%）和可视化荧光监测性能的防护口罩，显示出有效保护核能从业人员的潜力。

参考文献：

[1] Li, Q.; Guo, W.; Wang, Z.; Tan, L.-L.; Shang, L. Adv. Funct. Mater. 2025, 35, 2413694.

[2] Zhao, B.; Wei, M.; Zhou, X.; Liu, W.; Li, Q.; Xue, Y.; Tan, L.-L.; Shang, L. Adv. Funct. Mater. 2025, 35, 2416011.

[3] Li, Q.; Gao, W.; Wang, Z.; Liu, W.; Fu, Y.; Wang, X.; Tan, L.-L.; Shang, L.; Yang, Y.-W. ACS Nano 2024, 18, 22548-22559.

[4] Li, Q.; Tan, L.-L.; Shang, L. Sci. Bull. 2024, 69, 2670-2674.

[5] Tan, L.-L.; Wei, M.; Shang, L. Adv. Funct. Mater. 2020, 31(1): 2007277.

D46—51

通过弹性蛋白启发的微相分离具有协同弹性和强度的低熵罚弹性体

白常成、王晓龙*

中国科学院兰州化学物理研究所

弹性体中固有的弹性与强度权衡难题源于软、硬网络难以协同的矛盾。本研究受蜻蜓表皮中节肢弹性蛋白异质结构的启发，提出通过构筑尺寸明确、间距优化且均匀聚集的动态硬畴来调控微相分离的分子工程策略。在外力作用下，动态硬畴发生渐进解离，同时软段发生应变诱导结晶(SIC)。该过程受熵-焓补偿机制调控，即硬畴解离引起的熵增(ΔS↑)与 SIC 晶格有序化导致的焓降(ΔH↓)协同最小化吉布斯自由能垒(ΔG=ΔH-TΔS)，实现能量平衡。在恢复阶段，可逆 SIC 界面释放储存的界面吉布斯能(ΔGs)以补偿构象熵损失(-TΔS)，促进分子链重排。基于此，所设计弹性体表现出极低的熵惩罚，回复效率达 88%以上，并创下逾 80 MPa 的拉伸强度记录。此外，材料还展现出优异的韧性、抗撕裂强度及抗穿刺性能。这种低熵罚策略为解决弹性体弹-强矛盾提供了新思路，将推动功能弹性体器件在工程领域的应用。

D46—52

聚合物单链 Janus 粒子的制备与应用研究

陈道勇*

安徽师范大学

我们过去开展了大量的聚合物粒子的制备与结构控制研究，获得了各种形态与结构的包括具有精确结构的聚合物组装体/粒子。在近年来的研究中，我们致力于聚合物粒子的应用研究以及针对应用研究的聚合物粒子的结构与组成调控，其中包括以应用为导向的单链 Janus 粒子的制备与应用研究。我们制备了“头部”含有大量作用基团的蝌蚪状单链粒子，利用“头部”与各种表面的多重弱相互作用的协同，可实现在各种各样的特别是惰性表面的聚合物链稳定接枝；将蝌蚪状聚合物粒子的“头部”进行接枝改性可获得“蒲公英”状聚合物粒子，蒲公英状粒子“头部”与被接枝表面具有显著增强的相互作用。进一步研究发现，“头部”带有大量聚电解质链的蒲公英状单链 Janus 粒子在选择性溶剂中具有独特的自组装行为：调控其“头部”之间的强排斥，该蒲公英状粒子的临界胶束化浓度在大范围内变化，可使得组装体在纯水中发生解离，解离后的的疏水嵌段单链塌缩后完全暴露在水相中；“头部”带有大量聚电解质链的蒲公英状单链 Janus 粒子具有高的表面活性，其稳定乳液所需的最低质量浓度与其它所有的表面活性剂相比均低一个数量级以上，且得到的是热力学稳定的乳液体系。我们进一步地制备出两端塌缩的且分别带有正、负电荷的单链 Janus 粒子，并实现其在聚合物固体与凝胶基质中的独立分散与一致取向，从而成功地在上述基质中构建了长程有序且可调控的内建电场。

参考文献：

[1] Zhu, Jie; Zhao, Xiaoya; Wu, Naibing; Wu, Dong; Huang, Xiayun; Nie, Zhihong; Chen, Daoyong Macromolecules, 2024, 57, 9811.

[2] Zhao, Xiaoya; Li, Dahua; Zhu, Jie; Fan, Yanbin; Xu, Jiayin; Huang, Xiayun; Nie, Zhihong; Chen, Daoyong ACS Macro Lett., 2024, 13, 882.
[3] Li, Yanran; Ma, Jun; Fan, Yanbin; Zheng, Chen; Chen, Daoyong Macromolecules, 2024, 57, 2403.

D46—53

光驱动肽组装体的自我复制与进化

刘凯*
中国科学院深圳先进技术研究院

自复制是生命体固有的基本特征。将这一现象引入化学自组装过程不仅能增强动力学控制，还可催生涌现的类生命行为。本研究开发了基于大环肽的光控自复制组装系统，该系统展现出适应性进化行为。这些体系通过硫醇-二硫键的氧化转化动态调控自组装过程，同时利用非共价相互作用激活光敏剂产生单线态氧，从而加速氧化反应。在超分子层面，该机制建立了驱动自复制组装的自催化正反馈循环。通过调节光强度，可构建多样化的自复制路径。在开放流动系统中，复制纤维不仅通过光催化调节氧化水平，还会发生突变以适应环境变化，呈现生态-进化动力学特征。在双组分自复制体系中，突变型复制体表现出差异化的光催化效率，使得高活性复制体在流动条件下被自然选择。这种自复制策略为进化起源研究提供了新视角，并推动了智能材料的设计。

D46—54

自组装超分子凝胶智能材料

李闯*
中国科学技术大学

自组装是构筑动态有序结构和开发响应智能材料的重要手段。超分子凝胶是由功能小分子或者聚合物通过非共价相互作用自组装形成的一类重要软材料，因其动态交联网络能够束缚大量溶剂分子，因此可在外界刺激下产生凝胶-溶胶转变或者凝胶体积变化，这一过程与自然界中某些植物的生物功能（松果的开合等）极其相似，均是通过溶剂分子扩散实现宏观结构或形态改变，因此超分子凝胶成为一种重要的“类生命”刺激响应性软物质。设计合成新型动态超分子水凝胶进而实现确、复杂的仿生功能一直是高分子领域研究的重点与难点之一。我们通过设计 DNA 自组装单元/多肽两亲性分子组装基元/主客体识别单元/静电吸附聚合物体系等，构筑了一系列功能超分子凝胶材料，能够在特定环境刺激下呈现出丰富的响应和智能适应行为。我们设计合成了一系列光响应高分子体系，能够在外界光能的持续输入下，分别实现光能耗散驱动的高分子相态转变、溶胶-凝胶转变以及定向可控的水凝胶体积变化。在此基础上，我们进一步揭示分子异构化影响高分子水凝胶体积动态变化的机理和规律，实现了水凝胶的丰富、复杂和可控形变模式，包括自适应形变、周期性振荡、自调节形变和运动反转等，并探索了这些体系在信息瞬时存储和加密、智能软体机器人等方面的应用[1-4]。

参考文献：

[1] Zheng Y.; Zhang S.; Li C.* Adv. Mater. 2025, 2503324.
[2] Yang X.; Du M.; Chu Z.; Li C.* Adv. Mater. 2025, 37, 2500857.
[3] Du M.; Li C.* Adv. Mater. 2024, 36, 2408484.
[4] Guo, K.; Yang, X.; Zhou, C.; Li, C.* Nat. Commun. 2024, 15, 1694.

D46—55

Thermal Welding of Liquids

史少伟*
Beijing University of Chemical Technology

Welding of thermoplastics is a common practice in many industrial sectors, but it has yet to be realized with fluids. Here, the thermal welding of liquids by using the assembly and jamming of nanoparticle surfactants (NPSs)

at liquid–liquid interfaces is reported. By fine-tuning the dynamic interaction strength within NPSs, the interfacial activity of NPSs, as well as the binding energy of NPSs to the interface can be precisely controlled, leading to a dynamic exchange of NPSs, maximizing the reduction in the interfacial energy. With NPSs jammed at the interface, the structures of liquids can be manipulated to complex geometries by applying an external force and, due to the temperature responsiveness of NPSs, when bringing liquids into contact and heating the system, welding of liquids can be achieved. This work provides a straightforward strategy for the construction of modular all-liquid fluidics, opening up numerous opportunities in fields like biotechnology, healthcare, and materials science.

D46—56

从分子到材料：桥接小分子计算与聚合物力学性能预测

王旭*

山东大学

在过去数十年中，高分子计算在聚合物性能预测中的应用始终面临诸多挑战，主要包括对大规模数据库的高度依赖、计算效率低下以及预测精度有限等问题。本研究中，我们发现超分子片段的结合能与聚氨酯弹性体的力学性能之间存在显著的线性相关性，这一发现提出了一种全新的思路：通过简单的小分子计算即可初步筛选并预测聚合物材料的宏观性能。进一步的实验表明，性能最优的弹性体展现出高达 1.1 GJ m^{-3} 的优异韧性，且兼具高强度、光学透明性、可规模化制备、自修复能力与良好可回收性。其性价比达到市售高性能弹性体的两倍，展现出在极端或高要求应用场景中的巨大潜力。这一策略不仅能有效指导实验合成、降低研发成本与风险，还可加深我们对超分子相互作用与材料性能关系的理解，并有助于环境保护。更重要的是，该方法成功搭建了小分子行为与大分子性能之间的桥梁，有助于建立更为精确的理论模型，加速在实验前对高性能候选材料的高效识别。尽管该方法在不同聚合物体系中的适用性仍需进一步验证，但其在理性材料设计领域的突破性意义，已为聚合物性能预测与材料创新奠定了坚实基础。

D46—57

阳离子-π 二维超分子聚合物基于的高效光催化体系构筑

霍宏彬、张芸榕、田威*

西北工业大学

光催化技术能够将间歇性的太阳能转化为可储存的化学能，为绿色能源—过氧化氢（H_2O_2）的可持续合成提供了重要途径。近年来，有机半导体光催化剂因其可调控的光电性能、良好的可持续性及经济性，在高性能光催化领域引发广泛关注。然而，当前光催化剂广泛存在的光生电子-空穴对快速复合的难题，严重制约了其光催化转换效率。为了应对上述挑战，本研究通过分子自组装策略，设计并构建了一种兼具电子转移效率与活性位点可及性的超分子光催化剂，从而实现高效的光催化产 H_2O_2。首先合成了马鞍形环状分子单体（Cy-DBT）与双吡啶有机阳离子单体（BT-DPy），并通过单体之间的导向阳离子-π 相互作用组装形成一维阳离子-π 超分子聚合物（1DMSP）；进一步通过 π-π 堆积作用，实现 1DMSP 在二维（2D）方向上的分级组装，最终形成二维超分子聚合物（2DMSP）。结构表征结果表明，该 2DMSP 具备高度有序的分级结构。在 2DMSP 中，1DMSP 结构显著提高了光生电子与空穴的分离效率，同时 2D 结构则有效提升了电子迁移至催化反应位点的可及性，从而协同促进光催化性能提升。在无牺牲剂条件下，2DMSP 实现了高达 9.8 mmol g^{-1} h^{-1} 的 H_2O_2 生成速率。此外，借助电子顺磁共振、旋转环盘电极及自由基淬灭实验等手段，系统解析了其光催化反应过程中电子转移路径与中间活性物种的演化过程，揭示了其高效催化的内在机制。本研究展示了分子工程驱动的阳离子-π 导向组装策略在构建高效光催化剂中的潜力，并为开发新型人工光合作用体系提供了有力支持。

D46—58

聚磷腈基 Janus 水凝胶的制备及其在免缝合肌腱修复中的应用

俞豪杰*、欧阳辰光、王立
浙江大学

肌腱是由纤维状黏弹性结缔组织构成的坚韧带状结构，其功能是将肌肉锚定于骨骼，在抵抗张力与辅助运动中发挥关键作用。肌腱损伤常见于老年人群、运动员及从事高机械负荷与负重劳动者。据统计全球每年有超过 3000 万人受肌腱损伤困扰，相关医疗支出逾 1400 亿美元。迄今为止，手术缝合仍是修复肌腱断裂的金标准。然而在肌腱再生过程中，由于其细胞与血管密度低、自身再生能力有限，常因早期氧化应激损伤引发局部炎症。这极易导致术后瘢痕形成及肌腱周围粘连，显著削弱修复后肌腱的生物力学性能，并增加再断裂风险。跟腱术后虽可通过全身或原位应用皮质类固醇和非甾体抗炎药（NSAIDs）有效减轻炎症反应并缓解疼痛，但长期用药带来的副作用不容忽视。因此，亟需开发新型生物材料疗法，以在时空维度上为术后肌腱组织提供局部力学支撑与靶向药物递送。Janus 水凝胶在肌腱愈合与抗肌腱粘连领域展现出广阔的应用前景。然而，其复杂的制备工艺、较弱的力学性能以及不稳定的粘附界面，严重制约了其在免缝合高质量肌腱修复中的应用。

本研究采用简单高效的一步合成法成功制备了系列具有不同不对称特性的 PZBA-EGCG-ALC Janus 水凝胶。通过在特定转速下搅拌水凝胶前体乳液，可获得随机分布的乳液液滴（LMA@CTAB）。将水凝胶前体乳液注入模具并静置 1 小时后，LMA@CTAB 乳液液滴基于其浮力差异，会形成尺寸自上而下递减的梯度排列。随后，通过紫外光固化得到具有不对称粘附特性的 PZBA-EGCG-ALC Janus 水凝胶。得益于 LMA@CTAB 乳液液滴的梯度屏障效应，PAAc 中的-COOH 基团以及 PZBA-EGCG 前药大分子网络中的阳离子-π 结构更多地暴露于 PZBA-EGCG-ALC Janus 水凝胶的底面，从而赋予其不对称特性。仅需调节水凝胶前体乳液的搅拌速度，即可获得一系列具有不同不对称程度的 PZBA-EGCG-ALC Janus 水凝胶。所得 Janus 水凝胶的拉伸强度和断裂伸长率分别高达 0.51 ± 0.04 MPa 和 922.89 ± 28.59%。此外，在保持底面强粘附强度（达 524.8 ± 33.1 J m^{-2}）的同时，可实现近 20 倍的粘附强度差异。在大鼠肌腱损伤模型中，与手术缝合线相比，PZBA-EGCG-ALC Janus 水凝胶在促进肌腱愈合的同时有效预防术后肌腱周围粘连方面展现出多重优势。在时间维度上，水凝胶网络中的 PZBA-EGCG 前药大分子具备 ROS 响应与清除能力，能有效减少损伤部位周围的早期炎症生成。在空间维度上，该水凝胶表现出优异的机械顺应性和单向粘附行为，为受损跟腱提供有效的力学支撑与物理屏障。本研究为构建促进高质量肌腱愈合的 Janus 水凝胶提供了更高效便捷的策略，在未来临床应用方面展现出很好潜力。

D46—59

共引发体系双机制驱动可印刷缠结聚合物多网络设计研究

于游*
西北大学化学与材料科学学院

在天然和合成聚合物中，缠结都是一种基本的拓扑约束。长聚合物链之间强相互作用的形成显著增强了 DNA 螺旋的稳定性、蛋白质折叠的结构完整性以及聚合橡胶、弹性体和塑料的机械性能。重要的是，这些非共价相互作用在正常条件下限制了链的运动，不过在机械变形过程中允许异常的滑动和重排，极大地提高了聚合物材料的杨氏模量和能量耗散。然而，开发出用于制造高性能缠结聚合物材料的简单、通用的策略仍然是一个挑战。本文设计了一种共引发体系双机制的聚合物网络制备方法。该方法可用于制备可印刷的聚合物网络。这种热-光双重引发方法有利于合成高分子量聚合物，并促进水凝胶内多网络的快速形成。与含短聚合物链的样品相比，所得长聚合物链使得水凝胶具有更高的机械性能、更低的应力松弛和活化能。这种方法被证明比用于增强水凝胶缠结的传统自增稠和强化技术更有效，并且还与增材制造相容，使得能够设计具有适应性机械性能并且能够检测和感测应用的复杂 2D 网。这项工作为设计高性能缠结聚合物材料提供了一种有效的策略，这些材料将在高级传感和材料科学等众多领域具有一定的应用。

D46—60

基于脲键程序化解离的自修复聚合物

王占华*
四川大学

目前报道的大多数自修复聚合物材料主要关注结构与功能恢复，而损伤程度对自修复过程的影响却鲜有研究。本研究基于动态脲键的程序化解离，开发了一种具有自适应自修复功能的弹性体。当划痕深度小于 100 微米时，材料储存的熵值与可逆氢键作用使其具备室温自修复性能；75℃热处理可诱导仲胺脲键断裂，加速网络解离从而实现中等尺寸损伤修复；当温度持续升至 120℃时，伯胺脲键解离引发网络进一步解聚，最终实现大面积损伤修复。这种损伤自适应自修复性能在水环境中仍能保持，且因水分子加速脲键解离使得修复速率显著提升，水下自修复速率较空气中快 360 倍以上。通过向网络中加入碳纳米管，材料在近红外光照射下可触发光热转换实现远程自修复，在水下气体/液体输送领域展现出应用潜力。

D46—61

手性自组装晶体中的磁电、磁光效应

陈志艳*
青岛大学

通过引入新分子的方式来打破有机共晶结构的空间对称性，促使了有机共晶中磁-电、磁-光耦合等新奇自旋现象的涌现。首先，我们通过将新分子引入有机两元共晶的单胞中，成功制备了三个有机全组分三元电荷转移晶体，随着第三个给体分子引入到二元晶体后，晶格构型发生了改变，同时空穴的局域性变差，进而有效调控了三元晶体中的自旋极化强度。更重要的是，第三元诱导了相邻给体和受体之间的二聚化，形成了晶格对称性破缺，随之产生的非极性-极性相变导致了偶极极化。磁场可以有效地调控极性电荷转移晶体中的偶极极化，从而产生磁电耦合效应。另外，通过在非手性二元晶体中加入非手性第三组分，制备了手性有机三元晶体，并观察到手性光耦合和手性光活性对磁场的依赖性。非手性结构向手性结构的转变对光的偏振态和电子自旋共振信号产生了显著的影响。此外，在具有明显的手性轨道的手性三元晶体中，观察到圆偏振光子与自旋之间的耦合，产生明显的磁场透过率回线。总的来说，这项工作揭示了有机三元共晶中自旋性能研究的巨大潜力，不仅为有机多铁磁电材料的设计提供了一条潜在可能的路径，而且为揭示自旋-光子相互作用的机制提供了新的载体。

参考文献：

[1] Chen Z.; Lu X.; Liu J.; Qin W. Small 2023, 19(11): 2207143.
[2] Chen Z.; Lv Y.; Qin W. Sci China Chem 2024,67(7): 2300.

D46—62

基于物理作用构建高韧性两性离子聚合物网络

郑司雨*、杨晋涛
浙江工业大学

两性离子聚合物是一类重复单元中同时包含阴离子和阳离子基团的高分子，具有强水化和高离子基团密度等特点。基于其构建的两性离子型水凝胶在抗生物污染材料、离子导电器件、储能器件等多个工程领域具有独特优势并受到广泛关注。然而，常规的两性离子聚合物在水化之后链与链之间被大量水分子阻隔、链间物理作用力弱、能量耗散微弱，致使凝胶的力学韧性差、杨氏模量低、力学强度低，这些因素极大限制了两性离子凝胶材料在承力结构中使用。在此，我们受 DNA 分子链双螺旋结构启发，设计合成新型两性离子单体结构，通过强化两性离子单元间的物理作用调控凝胶的网络结构，并分别基于相分离结构和缠结结构构建了一系列高性能两性离子型水凝胶。进一步的，还探索了该种两性离子水凝胶的反聚电解质效应及盐离子静电相互作用，并借助独特的共离子效应实现了盐离子桥连聚合物链，在原有网络基础上进一步强化物理交联，实现了两性离子型水凝胶强度和韧性的同步提升。

D46—63

动态共价高分子：材料生命周期设计新平台

谢涛*

浙江大学

现有高分子难以满足未来社会发展对材料生命周期提出的严苛要求，包括制造的柔性、使用的功能/性能、退役后的循环利用。基于动态化学的机制创新是应对这一挑战、面向国家重大战略需求、实现高质量可持续发展的有效科学手段。本报告将围绕高分子网络多尺度动态化学机制与调控这一核心科学问题，结合动态基元构筑、拓扑结构调控、相态演变机制，介绍课题组近期在 3D 打印柔性化制造、形状记忆功能化、高性能可循环高分子三个方面取得的进展。

D46—64

可回收动态交联高分子

张彦峰*

西安交通大学

化学交联高分子材料具有强度和化学稳定性高及质轻等优点，在航空、建筑、军事等领域得到了广泛的关注和应用。然而，稳定且高密度的共价键交联结构，限制了高分子网络交换解聚，从而导致交联高分子材料难以回收再利用，难保持回收产品性能。针对此问题，申请人一直围绕“交联位点结构与交联高分子回收性能关系”这一关键科学问题，聚焦通过交联位点分子设计调控网络动态行为，利用可重组动态共价键、梯度氢键等交联基元，构筑了可二次成型、回收再利用、兼具强度和韧性的动态交联高分子材料[1-6]。同时，面向国家重大需求，申请人拓展了该类材料在软硬结合护甲、6000 米以下深井采油智能暂堵、固体火箭推进剂安全降解等前沿领域的应用。

参考文献：

[1] Y. Zhang, H. Ying, K. Hart, Y. Wu, A. Hsu, A. Coppola, T. Kim, K. Yang, N. Sottos, W. Scott, J. Cheng, Adv. Mater., 2016, 28, 7646.

[2] C. Cui, L. An, Z. Zhang, M. Ji, K. Chen, Y. Yang, Q. Su, F. Wang, Y. Cheng, Y. Zhang,*. Adv. Funct. Mater. 2022, 32, 2203720.

[3] Q. Zhang, P. Zhang, Z. Ge, X. Wang, X. Chen, S. Wu, Q. Chen, C. Liang, Y. Cheng, Y. Zhang.*. Macromol. Rapid Commun. 2023, 2300034.

[4] R. Guo, Q. Zhang, Y. Wu, H. Chen, Y. Liu, J. Wang, X. Duan, Q. Chen, Z. Ge, Y. Zhang,*. Adv. Mater. 2023, 35, 2212130.

[5] Y. Wu, Y. Wang, X.Guan, H. Zhang, R. Guo, C. Cui, D. Wu, Y. Cheng, Z. Ge, Y. Zheng, Y. Zhang,*. Adv. Mater. 2023, 35, 202306882

[6] C. Cui, F. Wang, X. Chen, T. Xu, Z. Li, K. Chen, Y. Guo, Y. Cheng, Z. Ge, Y. Zhang*, Adv. Funct. Mater. 2024, 2315469.

D46—65

机器视觉辅助的精准宏观超分子自组装

张倩、石峰*

北京化工大学

宏观超分子组装是超分子科学的一个新兴研究方向，它是指在微米以上的宏观构筑基元表面引入超分子识别基团，再利用宏观界面组装构筑体相超分子材料的过程。然而由于宏观构筑基元的无规运动和相互碰撞使其在组装过程存在多种动力学途径和热力学亚稳态，导致组装体的无序程度增加。针对宏观超分子自组装中如何高效构筑精准组装结构的难题，我们提出机器视觉辅助的自纠错策略以期实现精准组装体的平行大规模构筑。我们以正/负电构筑基元为研究模型，结合深度学习图像识别进行精准/非精准结构的判

定，指导智能机器实现组装/解组装过程，实现宏观精准结构的高效平行大规模组装。本工作充分体现了超分子组装的可逆特性和平行大规模构筑材料的优势，有望为超分子组装制备体相材料并拓展其应用提供新思路。

D46—66

可逆交联热固性树脂

马松琪*

江南大学

热固性树脂不溶不熔的三维交联网络结构赋予其优异的热/力学性能、耐化学品性、尺寸稳定性等，致使其在涂料、胶黏剂、电子封装材料、复合材料等领域具有广泛应用，然而其永久交联网络不能重排、难解离，造成了难再加工、难回收等很多问题。报告人长期从事可逆交联热固性树脂方面的研究，将可逆共价键或动态共价键引入到热固性树脂网络结构中，实现了热固性树脂的降解回收、重塑回收；系统研究了树脂的热/力学性能、稳定性能、加工性能、回收性能，探讨了结构与性能的关系；同时也探索了在易回收碳纤维复合材料和单组分热固性树脂体系中应用的可行性。

D46—67

利用折叠蛋白作为机械定义单元探究水凝胶疲劳断裂：架起单分子展开探测与宏观断裂研究之间的桥梁

董亮 [1,2]、曹璞园 [2]、陈慧燕 [1]、张玉 [1]、李英 [3]、陈彬 [2]、雷海 [2]、曹毅*[1]

1. 南京大学
2. 浙江大学
3. 南京信息工程大学

水凝胶在需要承受循环载荷的领域应用广泛，但其可靠性常受限于疲劳断裂问题。由于分子尺度事件与宏观裂纹扩展间的复杂相互作用，水凝胶疲劳的物理机制仍不明确。本研究利用折叠蛋白结构域作为可逆的机械定义牺牲单元，通过多蛋白交联剂将单分子展开行为与整体疲劳特性直接关联。通过设计具有可调展开力（100～1500 pN）且交联位点含不同数量结构域的水凝胶，我们发现：整合弱蛋白结构域的随机网络可通过分布式能量耗散实现意外高的疲劳阈值。进一步地，我们改进了非局部断裂理论框架——引入广义力衰减定律并整合展开/折叠动力学参数——从而定量预测疲劳行为。这种实验与理论结合的策略为设计兼具低模量、高延展性与抗疲劳性的下一代水凝胶提供了普适性方案。

D46—68

用于生物可降解传感器的增益氨基酸晶体压电响应的分子工程设计

程渊祺*

南京大学物理学院

Amino acid crystals have emerged as promising piezoelectric materials for biodegradable and biocompatible sensors; however, their relatively low piezoelectric coefficients constrain practical applications. Here, we introduce a fluoro-substitution strategy to overcome this limitation and enhance the piezoelectric performance of amino acid crystals. Specifically, we substituted hydrogen atoms on the aromatic rings of L-tryptophan, L-phenylalanine, and N-Cbz-L-phenylalanine with fluorine, resulting in significantly elevated piezoelectric coefficients. Density functional theory calculations further indicate that fluorination strengthens polarization by modifying molecular dipole moments. Consequently, these fluoro-substituted crystals achieve piezoelectric coefficients of up to 50.36 pm/V, surpassing those of other organic piezoelectric materials such as polyvinylidene fluoride (PVDF), poly(L-lactic acid) (PLLA), and gelatin. When integrated into flexible, biodegradable force sensors, the fluoro-substituted crystals exhibit a broad sensing range, high sensitivity, and stable in vivo operation over extended periods. This work establishes a versatile route for boosting piezoelectricity in biomaterials, thereby broadening their scope in biomedical applications.

D46—69

基于动态配位交联的高分子弹性体增强增韧及功能性应用

翁更生*
宁波大学

近年来，可用于动态交联的金属-配体动态配位吸引了越来越多学者的研究兴趣。这是因为，动态配位交联策略无需复杂的高分子结构设计与合成，且交联点结构及动态性可调节性强。因此，金属-配体动态配位被用于高分子材料的增强增韧、自修复及其他功能性应用场景。本研究中，我们以羧基丁腈橡胶为弹性体基体，一方面，通过单金属配位交联模式，实现丁腈橡胶的增强增韧及温度适应性的自修复。该类材料在常温下表现出共价交联橡胶的力学性能。在高温下，配位交联点的高度动态性及配位结构的重排赋予该类弹性体较快速的自修复性能；另一方面，我们也研究了双金属配位交联模式。我们构筑了多种荧光色彩响应性高分子弹性体材料，该材料表现出高度可调的强而韧的力学性能。通过理论模拟，揭示了双金属竞争性配位交联模式下，交联点的动态演变性及其对力学性能的贡献。该类材料在防伪、柔性传感器等方面具有重要应用价值。

D46—70

极化 C=C 型动态共价交联高分子

王胜*
中国科学院宁波材料技术与工程研究所

热固性树脂（环氧树脂、聚酰亚胺等）作为国家航空航天、电子信息、新能源等战略领域的关键材料，其不可逆共价交联结构导致我国年废弃量超 400 万吨，其中 85%通过填埋/焚烧处置，引发苯系污染物扩散与战略资源流失。动态共价交联高分子材料作为一类基于动态共价键的新型高分子材料，能够在热、光或化学刺激下实现交联网络的可逆重组或降解，为热固性树脂的回收提供了有效的技术路径。然而，现有动态共价交联高分子材料在热/力学性能、尺寸稳定性以及水解稳定性等方面仍存在不足，难以与传统热固性树脂媲美，限制了其实际应用。针对上述问题，本研究提出多官能度醛基化合物与活性亚甲基化合物之间的缩聚反应，成功构建出一类含有极化 C=C 键的新型高分子材料（图 1），其具备高性能和可回收性并存的特性：1. 凭借高度共轭的极化 C=C 结构，该材料展现出卓越的热性能、机械性能和尺寸稳定性，接近甚至超过传统热固性树脂；2. 提出并验证了极化 C=C 键的多种动态特性，包括可逆形成、与活性亚甲基化合物的结合型交换反应、自身复分解反应、以及和亚胺键之间的无催化剂复分解反应，从而实现了材料的化学回收及机械再加工，为解决高性能热固性树脂难以回收的难题提供了新的思路。

参考文献：

[1] Wang, S.* et al. J. Am. Chem. Soc. 2024, 146, 9920–9927.
[2] Wang, S.* et al. J. Am. Chem. Soc. 2024, 146, 16112–16118.
[3] Zheng, J., Feng, H., Zhang, X., Zheng, J., Ng, J.K.W., Wang, S.* et al. J. Am. Chem. Soc. 2024, 146, 21612–21622.
[4] Feng, H., Wang, S*. et al. Angew. Chem. Int. Ed. 2024, 136, e202400955.
[5] Feng, H., Wang, S*. et al. Macromolecules 2025, DOI: 10.1021/acs.macromol.4c03169

D46—71

智能变形水凝胶的动态编程

吴宝意*
浙江大学

具备智能变形特性的水凝胶可在外界环境（光、电、热等）刺激下，依据需求动态地改变自身形态，因而在生物医学、柔性电子和软体机器等领域展现出广阔的应用前景，但依然面临变形路径少、刺激施加困难等一系列问题。本文利用超分子作用动态地调控水凝胶的网络演变过程，实现对其刺激响应特性的可

编程门控。在此体系中，疏水的偶氮苯官能团在亲水的丙烯酰胺网络中会降低链段的熵变，从而拉近丙烯酰胺链段的间距，因而诱导体系产生 UCST 的温敏行为。在此基础上，通过向网络中加入环糊精以屏蔽疏水的偶氮苯基团，该体系的温敏行为也会逐渐消失，因而可在制备后通过环糊精来调节网络亲疏水性，以动态地调控刺激响应行为，实现更多变的变形路径。除此之外，丙烯酰胺链段间形成的链式多重氢键会在凝胶变形过程中动态地交换，这使得凝胶在被拉伸变形后可通过自身氢键重排来消散网络应力，在无外界刺激作用下也可实现形状记忆特性。本文将探讨超分子作用在水凝胶变形过程中的动态编程机制及其网络演化行为，为新型智能变形材料的设计与制备提供借鉴。

D46—72

胍脲动态化学及其可回收动态共价超分子网络的构筑

刘艳林*

中国科学院宁波材料技术与工程研究所

发展新型动态共价键，以解决热固性树脂的重塑难题，是动态共价热固性树脂（DCP）领域研究人员一直以来的努力方向。此外，在高性能和快速重塑之间取得平衡也是本领域的一大挑战。为此，本工作开发了一种新的动态共价超分子基序——胍脲结构（GUAs）。GUAs 具有复杂多样的化学结构和独特的键合特性，使胍脲动态共价超分子聚合物能够展现出优异的各项性能。首先，通过小分子模型化合物验证了胍脲复分解机理，遵循解离型交换机制。其次，非共价相互作用聚集体（NIAs）可使树脂具有高达 14 GPa 的杨氏模量。此外，GUAs 中的胍胺-尿键是一种新型的动态共价键，为树脂提供了优异的延展性和可再加工性（在 140℃、10 Mpa 热压 5 min 即可重塑）。GUA-DCP 具有动态共价超分子特性、可调结构和独特的性能组合，是一种值得开发和关注的新型动态共价结构。

D46—73

超两亲分子驱动的长效可控 Marangoni 运动

朱桂强、成梦娇、石峰*

北京化工大学

超两亲分子是指由超分子相互作用或动态共价键构建而成的两亲性分子。得益于超分子相互作用固有的动态性，通过向体系中引入外界刺激敏感的基团，可以赋予超两亲分子刺激-响应性，我们通过动态调节超两亲分子分子结构的两亲性，可以实现对表面张力的动态调控。超两亲分子对表面张力的调节能力恰好可以解决基于 Marangoni 效应的自驱动马达中，界面易饱和，表面张力梯度快速消失，运动停滞的瓶颈问题。

基于此，我们将超两亲分子应用于 Marangoni 效应驱动的马达中，利用超两亲分子的刺激-响应性动态调控表面张力，进而实现长效可控的 Marangoni 运动。我们基于“创造两亲性”与“调控两亲性”两种超两亲分子构筑策略，分别构建环糊精-十二烷基硫酸钠的主客体识别体系和席夫碱动态水解体系。通过对超两亲分子两亲性的调节，动态调控表面张力，构建稳定的表面张力梯度，将基于 Marangoni 效应宏观智能器件的运动寿命由原有的不足 100 s 延长至 2500 s 以上，实现了长效可控的 Marangoni 运动。这种长效运动也被应用于宏观构筑基元的超分子自组装过程，实现了高效精准宏观超分子组装。该工作将超两亲分子这一概念，发展到 Marangoni 效应驱动的智能运动中，解决了基于 Marangoni 效应的运动时间短，运动不可控的问题，有望为自驱动智能器件的研究提供新的思路。

D46—74

超分子不对称锂盐-电池快充新材料

刘凯*

清华大学

高能锂电池的倍率性能受制于电解液。我们设计了一类新型超分子锂盐，它的特殊分子和超分子结构能够使得碳酸酯电解液具有大的表观给体数（DN）和 Li^+转移数，这赋予了其新颖的 SEI 成膜机制，产生

富无机物种的致密膜结构、高质量的 CEI 电解质界面层，因此赋予了高能锂金属电池的高循环性和超快速充电/放电性能。例如使用新型超分子锂盐的电解液可以保障 Li||NCM811 全电池在 5.2 mA/cm^2 的极高电流密度下允许以 86.5%的容量保留率进行 100 次循环，在工业 Li||NCM811 袋式电池同时实现了高能量密度和高放电功率密度。本报告中，我们将介绍其他一系列新型功能锂盐的设计原则及性能和机理研究，揭示新型锂盐分子构型-超分子结构的重要性。同时，也将介绍其他系列新型高倍率电解液体系的设计和结果。

D46—75

多金属氧簇超分子复合物在水系锌离子电池中的应用

王义展*
吉林大学

水系锌离子电池因安全性高、成本低和环境友好而成为储能领域的研究热点[1-2]。然而，负极容易发生枝晶生长、氢气析出和界面副产物堆积，正极则面临活性物质溶解及结构不稳定性，导致容量衰减与循环失效。多金属氧簇凭借可调控结构、多电子可逆氧化还原特性以及易于组装的优势，为破解这些难题提供了新路径。通过有机阳离子协同组装[3]，多金属氧簇可在锌负极表面构筑疏水-亲锌双功能界面，诱导锌离子均匀沉积并隔绝水分，从而有效抑制枝晶与腐蚀。与此同时，疏水有机阳离子诱导形成的层状多金属氧簇超结构用作正极[4]，可拓展二维电子-离子通道并增强框架稳定性，有效抑制溶解和结构退化，实现高可逆性与长寿命。这些多金属氧簇超分子复合物的协同作用为构建高安全、长寿命的水系锌离子电池提供了新思路。

参考文献：

[1] Y. Fu, J. Li, M. Wu, J. Ba, J. Zhang, Y. Zhao, Y. Wei, K. Zhao, Y. Wang, Angew. Chem. Int. Ed. 2025, 64 e202500731.
[2] Z. Xu, J. Li, Y. Fu, J. Ba, F. Duan, Y. Wei, C. Wang, K. Zhao, Y. Wang, Energy Environ. Sci. 2025, 18, 4251.
[3] F. Duan, S. Jin, Y. Cheng, F. Yang, M. Wei, M. Wang, X. Zhang, Y. Yu, X. Yin, K. Zhao, Y. Wei, L. Wu, Y. Wang, Nano Lett. 2023, 23, 42.
[4] X. Dan, X. Yin, J. Ba, J. Li, Y. Cheng, F. Duan, Y. Wei, Y. Wang, Nano Lett. 2024, 24, 6881.

D46—76

基于集成离子电路的强磁兼容显示模块

贺泳霖*
中国人民大学

根据洛伦兹力定律，电荷载流子在磁场中的加速度主要由其荷质比和速度决定。相较于电子，离子的荷质比和速度均较小。以质子为例，其在相同磁场中的速度变化仅为电子的百万分之一。这表明，利用离子作为电荷载流子的设备在强磁场环境中具有更好的兼容性。然而，现有的离子设备功能有限且结构简单，难以实现复杂集成化和模块化的设计。

为了克服这一局限，我们基于质子载流子开发了一种强磁兼容的显示模块。我们以水凝胶和聚二甲基硅氧烷（PDMS）为基础材料，成功开发出具有图案化和多层结构的集成离子电路。此外，通过合成质子响应型水凝胶，我们设计出了一种变色凝胶显示元件。在此基础上，通过合理的离子电路设计，我们成功制造出了离子显示模块。该模块能够在 1.7 特斯拉的强磁场中稳定运行，而现有的电子显示模块在类似磁场条件下往往无法正常工作。

D46—77

分子编织聚合物

李光锋*
浙江大学

编织技艺历经千年，与人类社会的发展息息相关。经纬线的高度有序协同交织，不仅赋予编织材料独

特的拓扑结构，也带来了丰富的力学及多孔性能。受此启发，我们精准构建了一系列晶态分子编织聚合物，并通过单晶结构解析揭示其分子层面的编织拓扑。得益于经纬链段的协同交错，这类聚合物网络在具备优异力学性能的同时，形成了规则的孔隙结构。基于此，我们进一步探究了其在机械性能与气体吸附/分离方面的应用潜力。

D46—78

超分子交联网络的机械性能调控

张照明*

上海交通大学

基于非共价作用交联而形成的超分子交联网络，因其在自愈合、刺激响应、再加工等动态性能方面的出色表现，日渐成为传统化学交联聚合物的重要补充。迄今为止，尽管基于不同超分子作用，具有不同结构和性能表现的超分子交联网络已被构筑和发展。但是，机械性能的不足，仍然是超分子交联网络进一步发展的瓶颈问题。为此我们通过多尺度结构调控超分子交联点解离，开发了一系列超分子交联网络机械性能的提升策略：1. 基于分子结构设计发展了互锁和编织交联点，建立了拓扑结构约束超分子解离的新机制，提升了材料强度、稳定性和应变恢复等性能；2. 通过交联点线性连接构建了连续的超分子交联点，利用交联点的协同解离放大了能量耗散效应，解决了材料强度与韧性难以兼得的权衡问题；3. 基于相分离制备了非均相分布的超分子交联点，开发了非均相结构的精准构建策略，实现了机械性能的可编程化调控。

D46—79

氢键诱导的碳点颗粒—碳点簇—碳点组装体三重结构调控

彭智利*

云南大学材料与能源学院

碳点在分散态（dispersed state）和聚集态（aggregated state）的发光显著不同，因此，如何实现碳点在聚集态的高效发光是近年来的一个研究热点。目前，研究人员对碳点的聚集诱导淬灭（aggregation-caused-quenching, ACQ）和聚集诱导发光（aggregation-induced-emission, AIE）两种聚集态下的典型发光行为研究比较深入；但是对其它类型的聚集态发光行为关注不足。本报告中，作者拟探讨一种同时具备分散态和聚集态发光的碳点。在分散态下，该碳点的发光主要以碳点颗粒发光为主（particle luminescence）；在聚集态下，其发光主要以碳点自组装后形成的团簇发光为主（cluster luminescence）。机理研究表明，该碳点的颗粒、簇发光转化主要是通过调控碳点间氢键辅助下的空间共轭效应（through-space conjugation）来实现的。通过对分散条件的控制，可实现对碳点颗粒、簇发光的细致调控，实现单一碳点的全光谱发光。深入研究表明，基于氢键诱导的碳点簇可进一步团聚，实现碳点颗粒—碳点簇—碳点组装体的三重结构调控，并成功应用于信息加密，LED 发光调控，温度、湿度及压力传感等重要领域。

D46—80

基于配位竞争效应构筑磷酸/膦酸纳米药物研究

刘轶*

吉林大学

天然磷酸和膦酸分子（磷脂、核酸、三磷酸腺苷（ATP）等）是构成生物体的核心化合物，也是调节机体生理过程的重要信号分子，在生物体中扮演着十分重要的角色。此外，人工合成磷酸/膦酸分子（核苷酸类似物、糖皮质激素衍生物、小干扰 RNA（siRNAs）等）因其独特的抗病毒、抗菌、抗肿瘤、酶抑制等生物活性，在生物医学领域得到了广泛的应用。然而，受限于血液循环半衰期短、毒副作用强等固有缺点，这些磷酸/膦酸分子的治疗潜力并未在临床实践中得到充分发挥。金属离子-药物配位网络策略是制备自组装纳米药物的重要方法之一，但金属离子与磷酸/膦酸分子间的配位作用过强，导致无法获得纳米药物。为此，我们利用金属-多酚网络纳米结构作为模板，以金属配位相互作用作为驱动力，借助有机配体之间的配位竞争效应发展一种构筑磷酸/膦酸自组装纳米药物的普适性方法，在提高药物负载率的同时降低毒副作

用，大幅增强磷酸/膦酸分子的治疗效果，并实现针对特定疾病量身定制纳米药物，对提高磷酸/膦酸类药物的临床治疗效果具有重要的科学意义和实用价值。

D46—81

“手拉手”热响应型环糊精材料，专为液体智能窗设计

李程*

中国农业科学院农产品加工研究所

碳中和目标已成为全球共识，多数国家承诺通过减少能源消耗以实现这一关键目标。据统计,我国建筑能耗约占全国总能耗的 40%,而通风、供暖和空调的能耗又占建筑能耗的 50～60%左右。尤其是窗户因其玻璃的高传热能力，成为建筑中能效最低的部分。为此，智能窗户以其动态调节阳光透射和遮挡的能力，成为减少室内温控能源消耗、推动可持续发展的关键解决方案。

本研究开发出一种创新方法，通过利用热响应材料的微观团聚现象，而非传统的交联方式，成功设计出新型智能窗热敏材料。该热响应环糊精材料展示了独特的“手拉手”效应，通过水合与脱水过程精准调节光线的传输，确保了智能窗户的结构完整性和均匀性。分子动力学模拟和二维 NOESY 验证了该材料的热响应机制。在甘油-水二元溶剂体系中，该材料形成了具有优异透射调节能力和长期稳定性的双色液体，是智能窗应用的理想选择。这项开创性的研究不仅为智能窗户技术的设计与应用开辟了新途径，也为节约能源和提升建筑物舒适度带来巨大潜力。

D46—82

基于小分子离子液体的粘合剂

刘凯*、武培怡

东华大学

小分子通过超分子自组装策略可以构筑结构复杂和功能独特的超分子聚合物材料，这在生命体内和自然界中都较为常见。非共价相互作用赋予了超分子聚合物材料一定的动态特征，例如自修复性能、形状记忆性、可回收性和可降解性等。其中，对于超分子粘合剂而言，在外部响应的刺激下可实现可逆粘合，进一步可充分发挥其可回收性和可持续性。此外，低分子量的超分子粘附材料相较于传统的聚合物粘附材料而言，具备更优异的浸润性，有利于在不同材料的表面铺展。然而，超低分子量的超分子粘附材料在高强度方面仍然面临着很大的挑战。

我们将尾端含有羟基的离子液体(ILs)通过一步尾端改性即可构筑高性能的粘合剂。这一设计策略的核心包括两点：一是通过高熔点改性剂提升 ILs 的熔点；二是进一步丰富 ILs 内部的弱相互作用。基于此，一方面可以通过提升熔点和丰富弱相互作用改善离子液体的内聚能，另一方面丰富的弱相互作用也可以很大程度上提升界面能，进而赋予小分子 ILs 平衡的内聚能和界面能。基于这一超分子改性策略，小分子离子液体的粘附性能最高可达 8.95 MPa。

D46—83

新型杂芳烃大环主体的合成与性能研究

周炯*

东北大学

大环主体是超分子化学研究的重要工具，开发具有结构和功能特色的新型大环主体是超分子化学领域的一个永恒的主题。尽管这些年来，基于相同重复单元组成的大环主体的研究取得了巨大的进展，然而如何有效设计合成具有不同类型的重复单元的功能性新型大环主体仍然存在很大的挑战。另一方面，碳氢化合物分离广泛应用于能源、化工、环保等领域。现有的碳氢化合物吸附分离技术通常是基于多孔材料（如金属有机骨架、共价有机骨架、多孔有机笼）来实现的。这些多孔材料具有比表面积大、孔道有序等优点，但也存在合成复杂、稳定性差、可重复使用性低等缺点。非多孔自适应晶体作为一种新型的吸附分离材料，在碳氢化合物分离纯化领域具有广阔的应用前景。相较于传统的大环主体柱芳烃，杂芳烃在吸附分离方面

具有独特的优点。本研究将重点介绍一种使用杂芳烃非多孔自适应晶体的环保节能吸附分离策略。

D46—84

微流控导向的凝胶/纤维自组装

陈苏*、李晴
南京工业大学

微流控技术为先进材料生产和组装提供了一个理想平台，具有传质传热高效和制备过程绿色等独特的优势，且所构筑的材料形状、尺寸及组成精准可控，近年来受到广泛关注。本文基于微流控技术开发了一种宏观自组装新方法，该方法由自愈合力驱动，实现了有序结构材料的可控构筑。一方面，本文利用微流控技术制备了自愈合水凝胶微球，并在受限的微流控通道内实现了微球的连续定向组装，包括一系列线性、平面和三维珠状组装体。另一方面，采用微流控纺丝技术原位合成自愈合凝胶纤维，这些纤维通过其原纤维间的自愈合相互作用可编织成多维织物。此外，通过将微流控静电纺丝与反应性涂层策略相结合，本文制备了梯度水凝胶负载纳米纤维，其兼具纳米纤维和水凝胶的优点。微流控导向的凝胶/纤维自组装策略为材料的定制化制备提供了新的思路，在智能可穿戴、光电器件和生物医学领域得到了广泛应用。

D46—85

刺激强化超分子聚合物

孙胜童*
东华大学

受生命体系启发的智能高分子软材料广泛应用于人机界面、软体机器人和生物医用等领域。然而，其固有的柔性往往使材料易受断裂、撕裂、疲劳、冲击等力学损伤的威胁。这些损伤会引发永久性结构失效，严重影响材料在实际应用中的稳定性和长期可靠性。为此，我们提出了动态相分离的超分子解决策略，设计了系列具有应变硬化、冲击硬化、热致硬化、剥离硬化等多重刺激强化性能的自适应防护软材料。该策略使得相分离结构以可控方式解离和重组，增强了高分子软材料在多种工作场景下的服役性能。

参考文献：

[1] L. Li, B. Wu, S. Sun, P. Wu, Natl. Sci. Rev. 2025, 12, nwaf072.
[2] H. Ye, B. Wu, S. Sun, P. Wu, Nat. Commun. 2024, 15, 885.
[3] Y. Shi, B. Wu, S. Sun, P. Wu, Adv. Mater. 2024, 36, 2310576.
[4] H. Qiao, B. Wu, S. Sun, P. Wu, J. Am. Chem. Soc. 2024, 146, 7533.
[5] H. Xiang, X. Li, B. Wu, S. Sun, P. Wu, Adv. Mater. 2023, 35, 2209581.

D46—86

超分子有机光功能高分子材料助力肿瘤光学治疗

程红波*、王涛
北京化工大学

医用有机光功能高分子纳米材料具有光学稳定性强、生物相容性好、光热转换效率高等优势。此外超分子作用力在构建刺激响应、特殊形貌结构等方面也展现出独特优势。因此以超分子作用力为基础构建的有机光功能纳米材料诊疗平台在精准医疗、生物传感器和抗菌方面展示出巨大的潜在应用前景。此前我们基于 BODIPY 衍生物制备得到了一种用于白蛋白检测和癌症光动力治疗一体化纳米诊疗剂纳米颗粒(B4 NPs)并取得了优异成果。我们利用交联蛋白与光敏剂联合提出了光可激活的光动力免疫疗法。

D46—87

高强韧离子凝胶弹性体材料

李维政*
苏州大学

凝胶是由聚合物和溶剂构成的可拉伸软材料，具有可设计的机械性能、可定制的化学结构、自愈合性、导电性和多重刺激响应性等特点，在离子皮肤、智能穿戴、健康监测和冲击防护等领域展现良好的应用前景。但裂纹扩展敏感、共价交联网络不可逆、可逆交联网络长期循环下机械性能不稳定，限制了凝胶的实际应用。对网络拓扑结构进行合理的设计，引入能量耗散和增强机制以提升凝胶的机械性能是迫切的需要和存在的挑战。本次报告将着重讨论我们在构建新型网络拓扑结构离子凝胶，实现高强度、低滞后、裂纹扩展不敏感、抗疲劳的韧性水（离子）凝胶的制备，及其在冲击防护、健康监测、疲劳损伤监测等领域应用探索方面的一些进展。

D46—88

金属纳米结构界面调控及功能化

江林*

苏州大学

将金属纳米材料设计成对光具有高效捕获和转化能力的结构，是其在能源、光电领域应用的基础和前提。如何低成本且高效地构建对光具有高效捕获和转化能力的金属纳米结构成为该领域的前沿挑战课题。鉴于此，通过系统研究基底表面静电势对金属纳米粒子界面组装过程的调控规律，发展了界面调控金属纳米粒子结构的新方法，通过调控粒子结构有效提升了对光的吸收和转化效率，实现了对太阳光的高效利用与转换。

D46—89

高亲和力水相分子识别与功能

蔡康*、周金雷、宋子航、罗晓玉

南开大学化学学院

分子识别是一切生命活动的基础，其中以酶/底物、抗原/抗体等为代表的高亲和力生物识别体系起到至关重要的作用。相比之下，以超分子大环为代表的人工识别工具在识别亲和力方面与生物体系仍存在很大差距，极大限制了它们的应用潜力。在此，我们基于联苯与联萘（BINOL）等轴手性结构单元，开发了一类新型篱形大环主体分子。这类分子具有独特的深疏水空腔结构，展现出卓越的分子识别能力，在水相中可实现高达 10^{13} M^{-1} 的 1:1 结合常数（K_a）。特别是以 BINOL 为构筑单元合成的 C[4]BINOL 手性大环，在水相环境中表现出显著的手性识别能力，对多种手性底物的对映体选择性高达 18.7。此外，C[4]BINOL 还展现出高亲和力的 1:2 主客体识别特性（K_{12} 高达 10^{17} M^{-2}），其结合强度与著名的葫芦[8]脲相当甚至更优。基于该体系优异的分子识别特性，我们进一步探索了其在药物拮抗、生物分子传感、圆偏振发光（CPL）材料和高强韧水凝胶材料方面的功能应用。

参考文献：

[1] Cai, K.* et al. Nat. Commun. 2025, Accepted.

[2] Li, C.-J.*; Guo, D.-S.*; Cai, K.* et al. Angew. Chem. Int. Ed. 2025, 64, e202500916.

[3] Cai, K.* et al. Angew. Chem. Int. Ed. 2024, 63, e202406233.

[4] Guo, D.-S.*; Cai, K.* et al. Angew. Chem. Int. Ed. 2024, 63, e202317402.

[5] Cai, K.* et al. Angew. Chem. Int. Ed. 2023, 62, e202315990

[6] Cai, K.* et al. J. Am. Chem. Soc. 2022, 144, 20351–20362.

D46—90

高超分子水凝胶创新设计与仿生结构化制造

刘德胜*、王晓龙、刘维民

中国科学院兰州化学物理研究所

超分子水凝胶因其独特的自组装特性和可调的理化性能，近年来在智能材料、药物传递、生物润滑和组织工程等领域得到了广泛关注。采用微观尺度分子组成和宏观形状结构化构筑的设计理念，提出了氢键

工程等微观结构调控新策略，发展出了多种具有可控机械性能的高强韧超分子水凝胶材料体系，阐述了如何通过合理的分子设计实现水凝胶的结构调控与性能增强，强调了氢键调控在提高水凝胶力学性能和智能响应性等方面的重要作用。同时，结合光固化 3D 打印（Vat Photopolymerization 3D Printing）发展了宏观结构化水凝胶高精度成形制造技术，设计构筑了多种力学适配的水凝胶基的仿生心脏瓣膜、心血管支架及粘附吸盘等复杂结构体，为仿生结构化功能超分子水凝胶在生物医学工程和仿生粘附领域的发展提供了重大的科学意义和应用价值。

D46—91

结晶调控的高分子二维纳米片

童再再*

浙江理工大学

自然界各种生命体包含不同尺度的精准自组装结构，如蛋白质折叠结构、DNA 双螺旋结构、细胞膜等，是自组装的完美体现和最高境界。相对比，化学自组装体系从结构精确性、复杂性、稳定性、功能多样性等方面还处于低级阶段。因此，化学自组装的核心目标是精确自组装复杂结构的构筑。相较于无定型嵌段共聚物的亲疏溶剂的弱相互作用，结晶型嵌段共聚物由于结晶的强相互作用，可实现稳定自组装结构的精确构筑。本文利用高分子结晶，实现了二维纳米片状胶束的尺寸精确控制、亚稳态性质精确调控和多结晶组分的精确构筑。研究阐明了高分子异质附生、附着结晶、亚稳态晶体转变的高分子物理基本原理，实现了一系列具有异质、中空、多组分的高分子二维自组装体的精准合成。研究成果有助于深入理解微观的组装机理如成核控制、胶束的活性生长行为，对构筑多组分、多功能集一体的复杂功能高分子材料具有重要指导作用和科学意义。

D46—92

簇基近红外光-热转换超分子组装体及其功能材料

吴立新*

吉林大学

多金属氧簇作为一类分子纳米簇具有丰富电子结构和光物理化学性质，相关研究大大扩展了其材料应用范围。目前这类材料光的利用主要集中在紫外和可见光范围，如何扩展到更长波长光的利用是这一领域的挑战性课题。最新的研究工作已经证明中间价态多金属氧簇在近红外区域吸收具有很好的光热转换能力，因此我们设想将多金属氧簇的这一性质引入超分子材料体系，通过分子组装方法控制分子组分间相互作用和建立功能关系，发展其新的应用特性。多金属氧簇作为组装基元的最典型特征是其单一分布的纳米尺度和确定数目的表面负电荷。为此，我们将这类无机构筑基元与各种阳离子结合得到多种组装结构明确的超分子组装体。在近红外光照下，不仅产生强的光热转换，还可以把这种性质与多金属氧簇的典型催化特性相结合，以产生光热转换与传统热催化的一体化协同，实现热催化和光催化无法实现的特定有机反应的高转化率和高产率。将此体系与高分子材料结合，不仅可以用来控制聚合反应、增强加工性和实现光热自修复，还可以用于太阳光条件下的海水淡化膜体系。这一设想具有普遍性，通过合理设计可发展为一类新的簇基超分子材料。

D46—93

Engineering a Thermally Activatable Protein Clicker for Injectable and In Situ-Forming Hydrogels

雷海*

Zhejiang University

Injectable and in situ-forming hydrogels are attractive for tissue engineering and drug delivery, yet challenges remain in balancing gelation speed, mechanical strength, and cytocompatibility. Here, we report a thermally activatable SpyCatcher/SpyTag (TASpy) system that undergoes rapid chemical crosslinking at physiological temperature. Inspired by the CnaB2 domain, thermally activatable SpyCatcher (TASpyC) fuses

SpyCatcher with a non-reactive SpyTag mutant, creating a single polypeptide that remains folded and minimally reactive at lower temperatures yet partially unfolds at 37 °C to expose a covalent binding site. This design enables controlled isopeptide-bond formation, facilitating the formation of robust injectable protein hydrogels. We demonstrate improved mechanical properties, enhanced cell encapsulation, and accelerated gelation upon heating—supporting high cell viability and in vivo retention. Notably, subcutaneous injections of TASpy-based precursors solidify within minutes, degrade over five weeks, and exhibit excellent biocompatibility, underscoring the potential of TASpy hydrogels for advanced biomedical applications.

D46—94

螺旋高分子手性功能材料

张洁*

北京大学

合成螺旋聚合物具有与天然生物大分子相似的二级螺旋构象，其自组装研究为深入理解生命中多级手性传递现象提供了理想模型体系。相比于生物大分子螺旋构象旋向单一和苛刻的应用条件，螺旋共轭聚合物兼具手性和优异的光电功能，是理想的手性光学材料。我们发展了基于氢键、n→π*作用的新型聚苯乙炔螺旋构象调控方法，利用螺旋构象调控发光能级的新策略，实现了单取代聚乙炔的圆偏振发光[1]。近期利用螺旋聚苯乙炔在 THF 中的自发螺旋构象转变，从可溶解的 cis-transoidal 构象缓慢转变为不溶的 cis-cisoidal 构象，诱导嵌段聚合物自组装。变构过程经历了球-囊泡-螺旋纳米带的动力学形貌演变，其与变构后的 cis-cisoidal 螺旋构象含量正相关，揭示了刚性螺旋构象在实现高级手性传递中的重要作用[2]。突破传统两亲性嵌段聚合物的设计理念，通过活性聚合制备了构象可调的两亲性聚苯乙炔均聚物，通过结晶驱动自组装成高度有序的二维六方纳米片层、涡旋单层片晶、三维螺旋位错片晶等特殊形貌，实现了手性从单体到聚合物再到介观晶体的多级传递，并显著提高了其圆偏振发光不对称因子[3]。不对称的蝌蚪状组装体进一步同手性超分子聚合形成超分子长链[4]。将多酸共价接枝于螺旋聚苯乙炔，实现了高对称性多酸的三维螺旋手性构筑[5]。

参考文献：

[1] S. Wang, D. P. Hu, X. Y. Guan, S. L. Cai, G. Shi, Z. G. Shuai, J. Zhang,* Q.Peng,* X. H. Wan,* Angew. Chem. Int. Ed., 2021, 60, 21918.

[2] S. L. Cai, J. Chen, S. Wang, J. Zhang,* X. H. Wan* Angew. Chem. Int. Ed. 2021, 60, 9686.

[3] S. L. Cai, Y. H. Huang, S. Y. Xie, S. Wang, Y. Guan, X. H. Wan,* J. Zhang,* Angew. Chem. Int. Ed. 2022, 61, e202214293.

[4] H. Zeng, P. Y. Yu, J. Zhang,* X. H. Wan* Angew. Chem. Int. Ed. 2024,63, e202417792.

[5] S. Wang, X. Y. Guan, S. L. Cai, G. Shi, J. Zhang,* X. H. Wan* Angew. Chem. Int. Ed. 2022, 61, e202202268.

D46—95

水凝胶中空结构形成机制及应用研究

张利东*

华东师范大学

水凝胶是最接近人体组织特性的生物材料，在介入及植入型医疗器械中起着关键作用，但其亲水性弱化了网络骨架刚性，导致其机械强度非常弱，因此难以直接加工成型。我们通过间接的“膜到管”的化学转化策略诱导水凝胶成型，发展金属离子梯度超交联策略，提升分子网络骨架刚性；发展溶剂交换策略，优化分子骨架柔韧性，并诱导高分子薄膜进入水凝胶管结构。这种非传统的结构微加工策略，有效解决了水凝胶成型后机械强度弱和结构不稳定的问题。我们通过调控化学反应参数及测试分析，探索了高分子薄膜转化为水凝胶中空结构的化学机制，揭示金属离子梯度超交联策略应用普适性及反应规律，为水凝胶医疗器械的发展及临床功能模拟奠定重要的理论基础。

D46—96

生物分子自组装及肿瘤光热免疫治疗

邢蕊蕊*

中国科学院过程工程研究所

肿瘤是影响人类生命健康的重大疾病，传统的手术、化疗、放疗毒副作用大、治愈率低。“光热免疫疗法”是一种非侵入式、高特异性的新兴肿瘤治疗策略，通过联合肿瘤热消融与机体长效免疫机制，在消除原发瘤（“树干”）的同时，清除转移灶（“树枝”），能够显著提高多发病灶、广泛转移的恶性肿瘤的疗效。肿瘤“光热免疫疗法”集成了精准、安全、高效等多重优势，是肿瘤治疗研究的前沿及热点。其中，如何设计并发展安全、高效、光热免疫功能协同的创新药物及剂型，是本领域的重点及难点。申请人通过整合肽的序列可编程性、色素的光物理特性及化学组装的可控性，创新性地设计并构建了“色素肽（Chromopeptide）”分子组装模块，聚焦“色素肽组装过程机制及功能调控”的关键科学问题开展原创性研究：提出并建立了色素肽分子组装模块的设计原则，发展了普适的色素肽组装结构调控与功能化方法；实现了对组装体光能转化路径的精准定向编程，阐释了超分子光热效应增强光热转化效率的机制；针对肿瘤复杂微环境特征，发展了光热免疫功能组装体药物，通过调控色素肽分子的组装过程，提升了抗肿瘤治疗的安全性及有效性。

D46—97

金属元素递送高分子材料

喻盈捷*、蔡晴

北京化工大学

金属元素（包括金属配合物和金属离子）在生物体系中扮演着至关重要的角色，能够通过与生物大分子的精确相互作用，调控细胞增殖、分化及凋亡，在疾病治疗和组织功能重建领域展现出巨大的临床潜力。例如，铂类、钌类金属配合物因其优异的抗肿瘤活性，已成为临床化疗的重要组成部分；而钙、镁等金属离子因其抗炎、免疫调控及促进组织修复的特性，被广泛应用于骨修复及关节炎治疗。然而，当前金属配合物和金属离子的体内递送主要依赖于金属盐溶液或金属氧化物的直接注射，这类传统给药方式存在入胞效率低、空间分布难以精准调控、缺乏动态调控策略等问题，难以适应疾病的动态发展和个性化治疗需求，极大限制了金属元素的进一步临床应用。针对这一挑战，本研究聚焦金属元素递送的高分子微纳材料体系，基于微纳材料制造技术，构建了一系列不同尺寸、结构的高分子微纳载体，实现了金属元素的高效负载、响应释放及协同增效。通过优化材料的微观结构和功能修饰，提高了金属元素的生物利用度，并拓展了其在肿瘤治疗及组织修复等领域的应用潜力，为金属元素在生物医学中的高效递送和智能调控提供了新的策略。

D46—98

高分子气凝胶功能复合材料

樊玮*、刘天西

江南大学

航空航天技术的快速发展对于轻质、高效隔热材料的需求日益迫切。气凝胶以其轻质、隔热、绝缘等特性在航空航天领域中受到了越来越广泛的重视，在飞行器等热防护系统中具有良好的应用前景。相较于以二氧化硅气凝胶为代表的传统无机气凝胶易掉粉、易吸湿等缺点，高分子气凝胶材料具有良好的力学性能和结构可设计性，有望发展成为新一代高性能气凝胶材料。然而，由于气凝胶前驱体溶胶-凝胶转变速率缓慢且不均一，致使其交联结构不均匀或塌陷，从而导致气凝胶材料成型性差。其次，气凝胶的高孔隙率有利于提高隔热性能，但减弱了力学性能，从而导致其隔热与力学性能难以兼顾，限制了其实际应用。围绕气凝胶的溶胶-凝胶转变动力学以及高孔隙率与高强度矛盾等关键科学问题，提出了动态溶胶-凝胶转变新策略，发展了高分子气凝胶复合材料连续稳定成型新方法；提出了纳米颗粒调孔及增强新策略，揭示了纳米复合气凝胶的成孔机理和力学增强机制，获得了兼具优异隔热与力学性能的高分子气凝胶复合材料；

研发了航空级阻燃隔热聚酰亚胺气凝胶复合材料，探索了其在飞机舱体隔热系统中的潜在应用，为航空航天领域用新型功能复合材料的研发提供了理论基础与技术支撑。

D46—99

多尺度对位芳纶纳米纤维膜的制备及其应用

隋坤艳*

青岛大学

对位芳纶纳米纤维(ANF）凭借其高强度、高热稳定性、优异化学惰性，以及纳米材料的诸多优异物理特性，在国防、航天航空、新能源等领域的复合材料展现出巨大应用潜力。本研究在传统聚合诱导自组装制备 ANF 的基础上，提出了一种分子-介观-宏观多尺度薄膜组装策略，通过精准调控芳纶纳米纤维微观形貌，成功制备出具有多尺度结构高性能芳纶纳米纤维膜。该多尺度纤维膜具有高机械强度、优异热稳定性和电化学性能，有效保障了锂离子电池在高温环境下的安全运行。

D46—100

分子滑轮弹性体

张秋红*

南京大学

聚轮烷是一种具有拓扑结构的超分子，其通常先由环状客体分子和线性主体大分子组装，并在大分子两端用体积较大的基团封端而成。在外部刺激作用下，聚轮烷上的环状分子可以沿着高分子链发生滑动，将其引入到聚合物网络中能够形成具有滑动交联的结构，即分子滑轮。基于聚轮烷在高分子体系中的滑动效应，使其在高性能功能高分子制备、柔性电子和锂电池等领域有着重要的应用。为了兼具优异的力学强度、拉伸性和自修复性，我们将聚轮烷和氢键分别引入到聚脲和聚氨酯体系中，利用分子滑轮的滑动效应和氢键的动态性制备出一系列高韧性的自修复材料，其中基于四重氢键和聚轮烷的聚氨酯材料其韧性可高达 77.27 MJ m^{-3}。然而聚轮烷在本体材料中容易产生聚集，在通过滑动效应增韧的同时会使材料具备较高的力学滞后，为了解决这一问题，我们将相容性的离子液体和聚轮烷相结合，分散了聚轮烷的团聚，得到了一种低滞后的离子凝胶（残余应变 7%）。此外，在可拉伸导电材料的软硬界面处，分子滑轮的引入能够有效降低界面处聚合物基底对硬质导电材料施加的应力，减轻拉伸过程中导电网络的断裂，从而提高导电复合物的工作区间（190%）。通过在单离子聚合物中引入聚轮烷，得到了具有分子滑轮作用的单离子聚合物粘结剂。由于分子滑轮结构能够发生滑动以适应电极在充放电过程中的体积变化，使得硅电极的首圈库伦效率可达 92.0%，循环 100 圈后电极比容量可达 2264 mAh g^{-1}。

墙报

D46—P01

机械自纠错实现精准宏观超分子组装

王同博、张倩、石峰*
北京化工大学

宏观超分子组装（MSA）是指在微米以上的构筑基元表面，通过表面化学修饰引入超分子识别基团，再利用界面组装构筑超分子材料的过程，是超分子化学的新兴研究方向。宏观超分子组装涉及表面上大量超分子作用，存在界面匹配度低的问题，前期研究中提出了基于组装-解组装的自纠错策略实现了精准宏观超分子组装。自纠错调整界面匹配度需要人工进行大量重复的操作，耗时长、效率低下。针对如何实现精准宏观超分子组装的挑战，我们提出动态界面适配的闭环控制策略，即以表面修饰正/负电基团的 HEMA 水凝胶构筑基元为模型体系，构建融合自动化硬件平台与深度学习算法的机械自纠错系统。训练基于 YOLO 架构的单阶段目标检测模型，利用迁移学习框架在有限样本下实现组装体结构缺陷的像素级识别，进一步通过对抗性特征扰动与层次化语义增强策略，提升模型实际应用场景下的泛化能力。为实现闭环控制，开发机械自纠错平台决策算法，将目标检测结果输出转化为机械臂操作指令，实现机械臂移动及对目标定位等操作，并设计人机交互程序指令，根据组装结构需求，完成阶段性或完整平行大规模实验的功能。结果表明，该系统在维持组装精度（结构界面匹配度＞90%）的条件下，完成 100 组平行大规模实验需要 49 小时，较人工完成同样任务所需的 14 天时间，操作周期时长减少约 85.4%。综上，本工作将计算机视觉与自主决策系统引入超分子工程领域，突破传统宏观超分子平行大规模组装需要人工完成繁复操作的局限，推动宏观超分子组装从“人工”向“机器智能”转变。

D46—P02

基于可交联聚合物的共价交联结构色复合膜

陈兴朵、张连斌*
华中科技大学化学学院

结构色复合薄膜（SCCFs）因结合胶体晶体的动态光学特性与聚合物的柔韧性和刺激响应性，在智能显示、防伪等领域具有广泛的应用前景。目前，基于超分子相互作用制备得到的 SCCFs，利用剪切诱导策略，实现了在室温条件下快速，大规模的制备。但由于超分子相互作用的动态可逆特性，在机械应力或高湿度条件下，SCCFs 的稳定性可能会受到影响。因此，本研究提出一种超分子加工-共价锁定策略，通过设计可交联聚合物与胶体粒子协同作用，制备了结构稳定的共价交联结构色复合薄膜 C-SCCFs。所得 C-SCCFs 具有卓越的机械稳定性，可承受大于 60 次的拉伸循环和大于 12,000 次的弯曲。同时，C-SCCFs 具有优异的环境耐受性，在超过 15 次的溶胀-脱水循环中保持小于 5%的反射波长变化。此外，我们还将 C-SCCFs 与纺织品和三维基底相结合，并通过激光雕刻技术制备了高分辨率的图案。该策略仅需商用材料和常温加工条件，为高性能结构色材料的低成本、规模化制备提供了新的途径。

D46—P03

双组分体系中双轴向列相的可控实现

程征、杨扬*、刘堃
吉林大学

自 Marvin J. Freiser 于五十年前首次提出双轴向列相的理论设想以来，该相态持续吸引着物理、化学及材料科学等多个领域理论研究者的广泛关注。其在光电器件中潜在的快速响应特性，进一步激发了实验和应用层面的研究热情。

尽管理论与模拟已取得显著进展，实验层面对双轴向列相的验证仍亟待突破，以推动理论与实践的衔接。本文通过构建由三维形状可调的板状二氧化硅粒子组成的双组分体系，并精确调控构筑单元的几何参数，在实验中首次借助激光扫描共聚焦显微镜，在实空间中直接观测到双轴向列相的有序组装结构，获得

了明确的光学证据。该策略有效规避了传统分子液晶体系中因尺寸限制导致的结构判定误差，进一步佐证了双轴向列相的客观存在。

此外，在交流电场作用下，我们验证了由板状胶体粒子形貌诱导的双重转动行为，并观察到其双轴向列相聚集体的双阶段响应特性，突显了该相态在下一代显示技术中的潜在优势。

Since Marvin Freiser first conjectured the existence of the biaxial nematic phase (N_b) fifty years ago, it has garnered significant interest from theorists across a wide range of disciplines. Moreover, the potential for rapid switching in optoelectronic devices has further motivated continued research by chemists and physicists.

Despite the vigorous advancement of theory and simulation, experimental breakthroughs are urgently needed to bridge the gap between theory and practice. Herein, by introducing a binary system of cuboidal silica particles with designing the shape parameters of these building blocks carefully, the precise assembly of the N_b phase in real space we first observed via solid optical evidence by laser scanning confocal microscopy. This approach eliminates the possible errors in the structure characterization of molecular mesogens due to size limitations. Additionally, the two-fold rotational behavior derived from the inherent shape of the cuboidal particles was confirmed under an alternating current electric field. The two-stage responsiveness of their N_b phase aggregation was also demonstrated, verifying the superiority of biaxial nematic phase for display.

D46—P04

晶面调控有机分子晶型

李政昊、杨扬*、刘堃
吉林大学化学学院

本研究采用多种天然矿物胶体颗粒及两种不同晶面暴露的 CeO_2作为异质成核剂，调控有机分子 5-甲基-2-[(2-硝基苯基)氨基]-3-噻吩腈（简称 ROY，因其具有红、橙、黄多晶型而得名）的结晶行为。X 射线衍射和偏光显微镜分析表明，不同类型的成核剂可显著影响 ROY 的晶型，揭示了成核剂类型与晶型之间的明确关联。扫描电镜与原位视频显微镜进一步提供了成核位置及晶体生长动力学的细节信息。结果显示，在不同结晶条件下，胶体成核剂倾向诱导特定多晶型的生成，并调控主导晶面的取向，突显了其在调控结晶行为与晶型定向中的关键作用。

进一步地，我们利用暴露同一晶面（001）的天然二维矿物胶体粒子（滑石、高岭土和蒙脱石）作为成核剂，对 ROY 的结晶形貌进行调控。实验发现，在相同结晶条件下，滑石诱导生成 ON 型晶体，高岭土诱导 Y 型晶体，而蒙脱石则促使 R 型晶体的形成。此外，成核剂的用量亦显著影响晶型分布：随着滑石用量的增加，ROY 晶型逐步从 YN 向 ON 转变，最终趋于 Y 型。这一策略为有机分子的晶型可控结晶提供了新的技术手段。

在此基础上，我们还使用暴露不同晶面的 CeO_2成核剂进行蒸发结晶实验。结果表明，暴露(111)晶面的八面体 CeO_2可诱导生成 YN 型晶体，而暴露(100)晶面的立方 CeO_2更易诱导 ON 型晶体的形成。该差异源于成核剂与有机分子之间吸附能的不同，表明界面相互作用在晶型选择中起决定性作用。本研究为成核剂调控有机小分子晶型提供了新的思路，并为实现有机材料晶体工程的精准控制奠定了理论基础。

D46—P05

超分子策略构筑高韧性聚离子液体玻璃

蔡昌湧*
中国农业科学院麻类研究所

玻璃材料广泛应用于建筑、日常生活、军工、科研等领域。然而，传统无机和有机玻璃的脆性阻碍了它们的应用。因此，开发透明、轻质、高韧性的玻璃具有重要意义。本研究提出了一种通过超分子相互作用构建的透明且坚固的聚离子液体（PIL）玻璃。使用含乙烯基咪唑离子液体和邻苯二酚。PIL 玻璃具有优异的透明度、抗拉强度（33.50 MPa）、可拉伸性（224.42%）和高韧性（63.78 MJ m^{-3}），超越了许多现有的透明材料。此外，它具有很强的粘附性、抗菌性和抗冻性（-30 ℃）和耐高温性（80 ℃）。该玻璃可以结

合不同的荧光单元，允许在紫外光下呈现不同的颜色，并且可以写入图案，并实现非接触式 UV 图案写入以进行信息加密。通过调节离子液体与邻苯二酚的摩尔比，可以获得软 PIL 凝胶，使其适用于压力和温度传感。本研究不仅为玻璃和凝胶的增韧提供了创新方法，也为功能玻璃材料的开发和利用奠定了基础。

D46—P06

动态共价键构筑的高强度 MXene 双交联传感水凝胶及应用

孙文旭*[1]、马淋淋 [1]、薛斌 [2]

1. 南通大学
2. 南京大学

MXene 材料因其优异的电学与力学性能，在柔性传感器领域展现出巨大潜力。然而，其在水环境中的易氧化和易团聚特性常常限制了实际应用。为解决这些问题，本研究引入 EGCG 作为 MXene 的表面保护分子。EGCG 的邻苯二酚基团通过与 MXene 表面官能团形成强氢键，构筑稳定保护层，有效提升其在水相中的抗氧化性与分散稳定性。本研究进一步构建了以 EGCG 修饰 MXene（MXene@EGCG）为功能单元的双交联复合水凝胶网络，通过硼酯动态共价键实现对 MXene@EGCG 的有效锚定，在水凝胶网络内部形成稳定的串联电容结构。所制备水凝胶表现出优异的力学性能，包括高可压缩性（>95%）、抗压强度（5.43 MPa）、极低的残余应变（<1%）和快速自回复能力等。同时，得益于微电容协同变形机制，该水凝胶在传感方面同样表现突出，具有较高的双轴（拉伸和压缩）灵敏度，且在大应变下保持低迟滞，适用于高灵敏动态传感。体外实验进一步验证其良好的生物相容性与自粘附性能，显示出作为柔性传感平台的应用潜力。本研究提出了一种有效提升 MXene 稳定性与功能集成性的策略，为高性能柔性传感器的设计提供了新思路。

D46—P07

Dynamic encryption enabled by circularly polarized carbon dot-based afterglow composites featuring hierarchical tri-mode thermochromic emission

Haozhi Wang, Wei Hong*

Sun Yat-sen University School of Chemistry

Dynamic encryption with multiple stimuli responses has sparked significant research interest in the fields of information security and anti-counterfeiting. The development of persistent luminescent materials featuring multi-modal and multi-tiered anti-counterfeiting properties is of substantial importance. In this work,wepresent a carbon dot-based afterglow composite that exhibits hierarchical thermochromic emission, alongwith time- and excitation-dependent afterglow, as well as circularly polarized luminescence (CPL). Notably, the composite demonstrates reversible thermochromic fluorescence (FL) emission with almost unchanged afterglow properties. Moreover, the coexistent room-temperature phosphorescence (RTP) and thermally activated delayed fluorescence (TADF) of the system results in temperature-dependent afterglow, along with excitation- and timedependent afterglow color caused by the multiple structures of the carbon dots. Furthermore, the precursor of cellulose nanocrystals (CNCs) induces double chiral characteristics in the system, arising from the right-handed CNCs and the left-handed chiral nematic self-assembly of the CNCs, leading to invertible handedness and tunable dissymmetric factors. With a photoluminescence quantum efficiency of 50.4% and an afterglow efficiency of 38.9%, the system exhibits a five-in-one quintuple responsiveness and demonstrates multiple security features in response to independent stimuli, making it a promising candidate for applications in security features and sensors

D46—P08

基于 Tb^{3+}动态配位交联的荧光变色弹性体增强增韧、功能性应用

魏明晖，缑凯，唐敬植，谭秋丽，刘博，翁更生*

宁波大材料科学与化学工程学院

受镧系发光金属与聚合物链上的配体动态配位被用来制造荧光聚合物的启发，我们提出了一种超过共价交联橡胶的力学强度的 Tb^{3+}交联荧光变色弹性体。该弹性体以咪唑（Im）为辅助配体，通过 Tb^{3+}进行动态交联。Im 参与了 Tb^{3+}与 XNBR 的 COOH 基团配位，形成了 Tb^{3+}-COOH-Im 配位交联。通过各种表征与模拟，证明了 XNBR/Im/Tb 弹性体的机械强度受咪唑浓度的影响，随着咪唑浓度的升高其机械强度提高，但咪唑浓度过高其机械强度也会下降，且超高共价交联橡胶的机械强度。咪唑的存在也增强了天线效应，使弹性体发出更强的荧光，并具备波长和温度依赖性的荧光发射。利用 UV 波长转变和温度变化，其荧光性能可应用于光学信息的储存和信息加密。这种荧光变色弹性体为动态防伪加密材料，光学信息的储存材料提高了新的思路。

关键词：动态配位；弹性体；增强增韧；荧光变色；信息加密