

请输入关键字



中国科学院  
兰州化学物理研究所  
LANZHOU INSTITUTE OF CHEMICAL PHYSICS

立足西部 唯实求真  
团结协作 创新奉献

首页 > 新闻动态 > 科研动态

## 兰州化物所动态多尺度接触耦合的“黏-滑”调控研究获新进展

来源：固体润滑国家重点实验室 | 发布时间：2022-11-29 | 【大】 【中】 【小】 | 【打印】 【关闭】

使役环境中润湿和接触的动态演变规律是固、液、气多相界面中摩擦与黏附的核心科学问题，其中，跨尺度接触是连接微观和宏观的桥梁。然而，由于缺乏不同尺度接触精确可控的材料体系和标准的测试方法，长期以来介观尺度接触的主要影响因素、微观尺度对介观尺度接触的影响规律、微观和介观尺度接触耦合协同对宏观性能的影响等基本科学问题依然未知。

近日，中国科学院兰州化学物理研究所固体润滑国家重点实验室周峰研究员团队，自主设计研发了一台动态多尺度接触高分辨光学观测平台装置，将其与动态加载系统连用，实现了固-固界面真实接触的实时采集。基于多尺度接触的标准化测试手段，提出了动态多尺度接触耦合调控设计方法，发展了一种大跨度可逆“黏-滑”调控的智能水凝胶材料（DMCS-水凝胶），实现了“黏”与“滑”之间的相互切换。

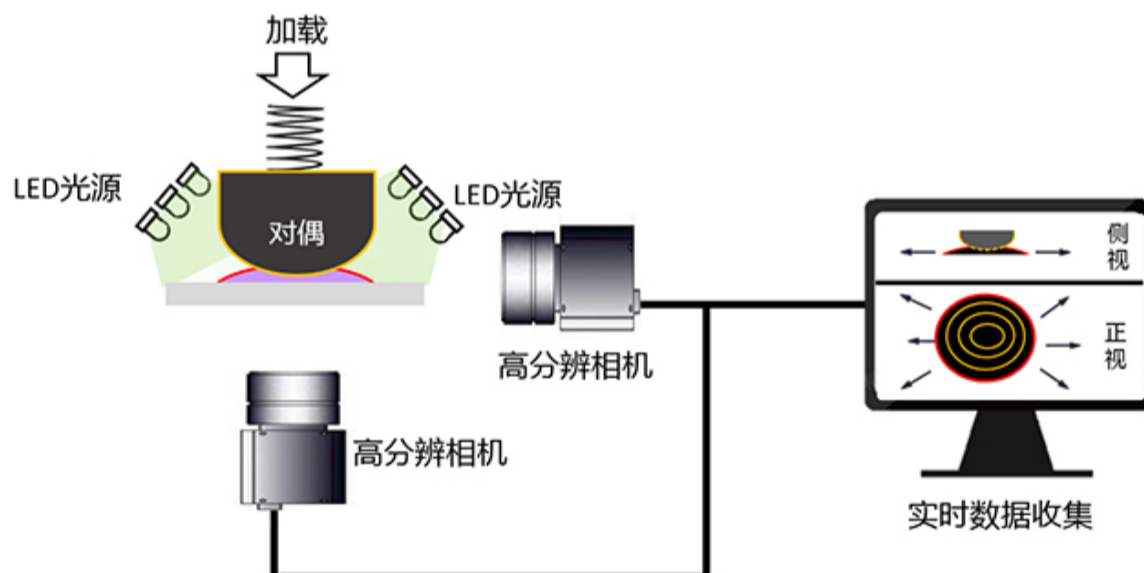


图1 界面动态接触行为采集装置

该工作的主要机理是在分子尺度，基于水凝胶表面的去水化和水化导致的黏附分子的暴露和屏蔽，继而影响微观尺度的界面相互作用；在介观尺度，基于表面粗糙度和模量的可逆变化，进一步影响介观尺度的界面真实接触和接触速率。

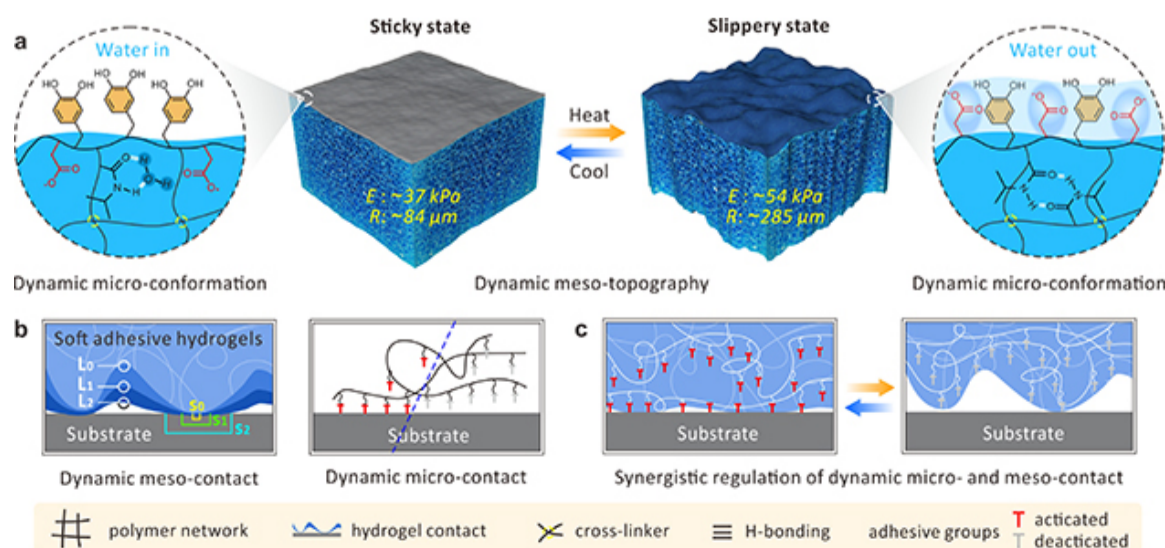


图2 黏-滑调控水凝胶材料的设计理念

在低于临界转变温度 (LCST) 时, 凝胶中的PNIPAAm片段极易与水分子形成分子间氢键, 这时凝胶表面干燥且充斥着空气, 疏水的碳链骨架和邻苯二酚等官能基团倾向暴露于表面, 从而增加了界面微观尺度接触。此外, 凝胶在低温条件下的低模量和低粗糙度增加了介观尺度接触, 微观和介观尺度接触耦合致使整个表面最终呈现黏附态。而当温度高于LCST时, 分子间氢键被破坏, 水分子润湿凝胶表面导致羧基官能团向表面迁移, 使其表面自由能最小化, 这一过程破坏了邻苯二酚基团与基底表面的相互作用, 减小了微观尺度接触, 且迁移到表面的羧酸官能团结合了大量水分子形成润滑层。此外, 表面模量和粗糙度也随着温度的增加而增加, 进一步减少了介观尺度接触。微观尺度的界面相互作用屏蔽和介观尺度的表面粗糙化/高模量致使整个凝胶表面呈现润滑态。更重要的是, 这种润滑和黏附态能随着温度变化而自由切换。

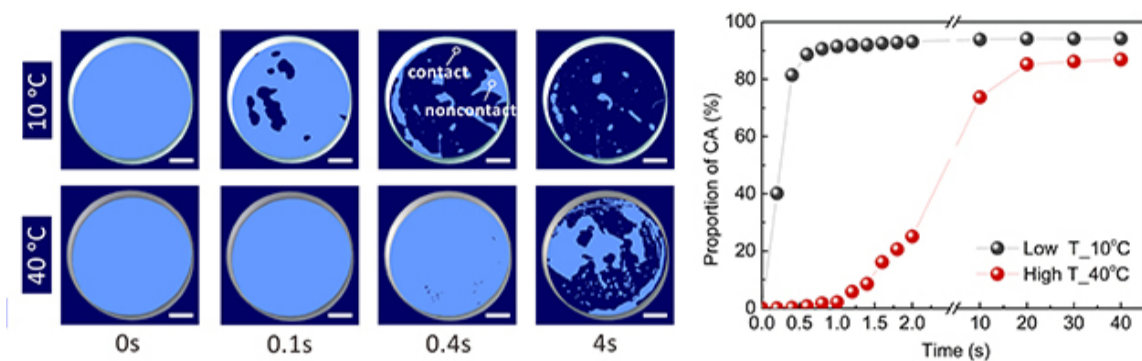


图3 水凝胶介观尺度接触演变规律

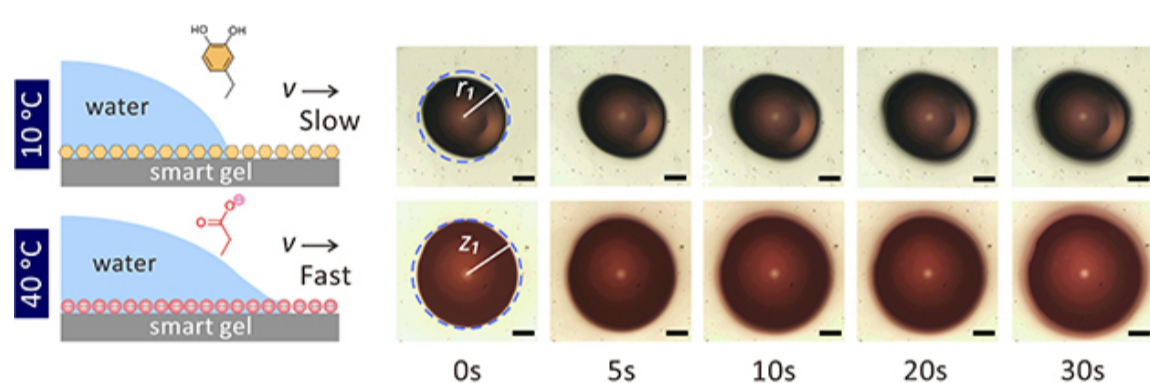


图4 水凝胶界面的动态润湿规律

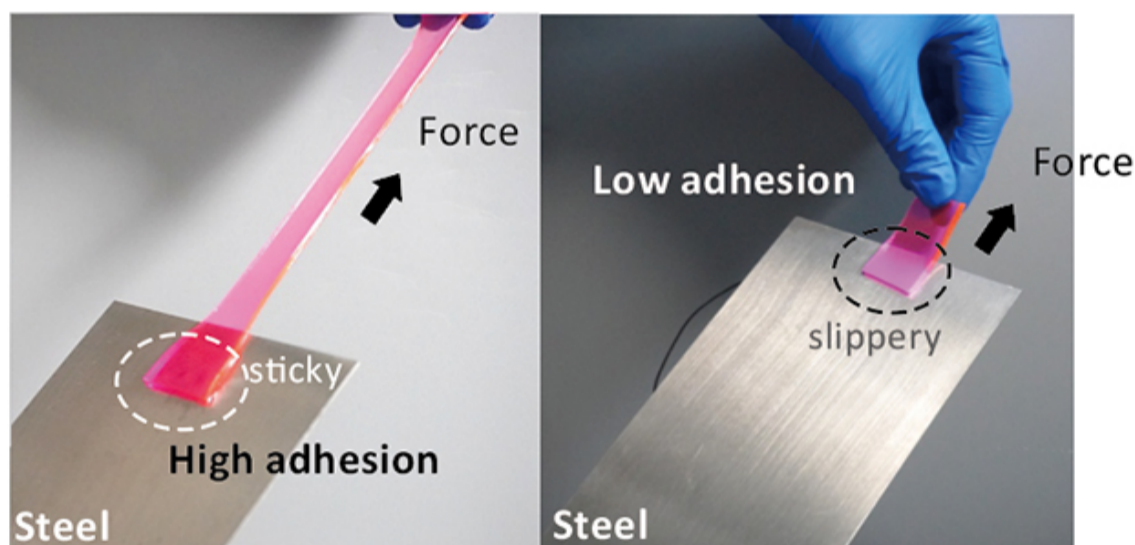


图5 高黏附到润滑的转变

DMCS-水凝胶表现出优异的温度响应性和可逆黏附性能, 润滑和黏附状态可自由切换, 适用于各种基材, 如木材、铁片、玻璃、硅片和聚对苯二甲酸乙二醇酯 (PET) 等。最大黏附开关比达240倍, 具有良好的循环稳定性。

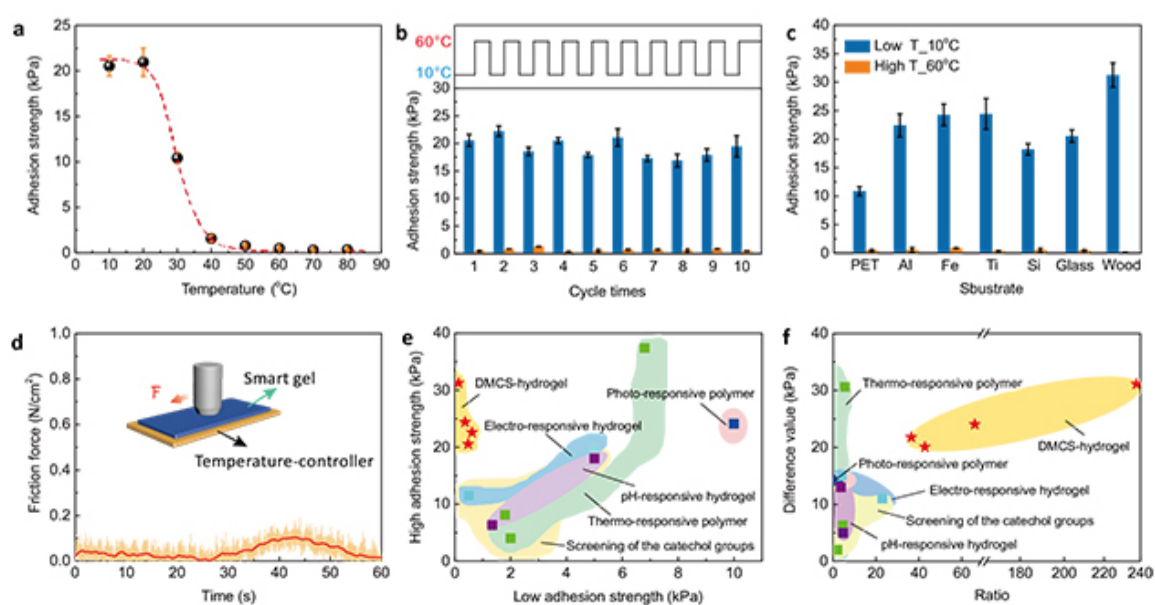


图6 水凝胶的可切换黏附特性

总而言之，研究人员利用分子构象重排、模量调控和粗糙度变化，建立了基于微观尺度和介观尺度协同作用的动态多尺度接触系统，发展了一种可逆、动态、快速在黏附和润滑状态之间切换的智能表面构筑方法。该多尺度黏附机制对智能黏附材料的设计具有一定的指导意义。

相关研究成果以“Design of large-span stick-slip freely switchable hydrogels via dynamic multiscale contact synergy”为题发表在*Nature Communications* (10.1038/s41467-022-34816-2)上。兰州化物所张芝芝博士生为论文第一作者，周峰研究员和马延飞助理研究员为通讯作者。

以上工作得到了国家自然科学基金、国家重点研发计划和山东省自然科学基金重点研究等项目的支持。



版权所有 © 中国科学院兰州化学物理研究所\*

陇ICP备05000312-1号 甘公网安备62010202000722号

地址 Add: 中国·兰州天水中路18号 邮编 P.C.: 730000

E-Mail: [webeditor@licp.cas.cn](mailto:webeditor@licp.cas.cn) 技术支持: 青云软件



未经中国科学院兰州化学物理研究所书面特别授权，请勿转载或建立镜像，违者依法必究

