



当前位置： 首页 (../..>重要图片 (../)

国家纳米科学中心在拓扑浸润态方面取得新进展

发布时间：2024-10-22

近日，国家纳米科学中心研究人员在化学异质平面拓扑浸润态方面取得新进展，相关研究成果以“Tunable Topological Wetting State of Water Droplets on Planar Surfaces: Closed-Loop Chemical Heterogeneity by Design”为题，在线发表在《美国化学会志》（*Journal of the American Chemical Society*）上。

液滴浸润作为一个跨世纪的重要科学领域，广泛应用于自清洁、抗结冰、喷墨打印和材料制造等领域。如何产生可控的液滴形态，仍是当前研究的重点之一。特别是制造大小、形状和接触角可控的液滴，对微反应器、生物传感器和微液滴化学等领域的应用至关重要。研究团队揭示了化学异质平面上拓扑浸润态的形态和转变动力学，提出了基于闭环化学异质平面设计实现液滴调控。

在前期工作中，研究团队通过理论模拟揭示了表面粗糙结构的拓扑属类对浸润的决定性影响，提出了“拓扑浸润态”概念（*J. Am. Chem. Soc.* 2020, 142, 18491-18502）。随后，他们通过实验验证了具有同心闭环微壁/微通道结构的粗糙表面上存在拓扑浸润态，提出了利用拓扑浸润对微液滴尺寸、形状和接触角进行精确调控。并发现传统用于预测宏观液滴接触角的吉布斯方程在微纳尺度可能会失去适用性（*Proc. Natl. Acad. Sci.* 2024, 121, e2315730121）。然而，由于粗糙表面在易磨损的应用场景中存在限制，近期研究人员将目光转到化学异质平面上。如果液滴在平面上也存在拓扑浸润态，那么就能规避粗糙结构易磨损的问题，在液滴调控方面展现独特的优势。

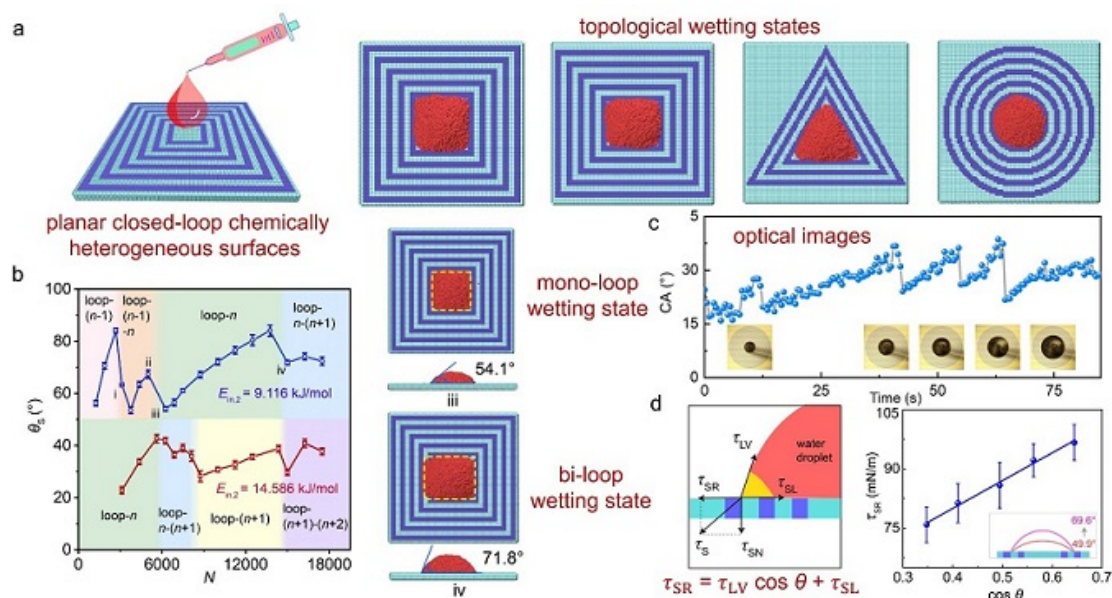
针对上述问题，研究团队通过理论模拟，设计了由超亲水和疏水性质的同心圆周纳米条带交替排列的化学异质平面（图a）。水滴在这类表面上表现出多个拓扑浸润态，其与表面的接触形状可以通过设计闭环纳米带的形状调控，而接触角则依赖于闭环形状、水滴的初始位置、水与疏水粒子的相互作用，以及亲疏水纳米带的宽度。有意思的是，浸润态转变动力学依赖于闭环纳米带的形状。在圆形闭环异质平面上，水滴平衡后的三相接触线会钉扎在单一纳米带的边界，形成单环浸润态。随着液滴增大，其会经历铺展程度逐渐变大的多个单环浸润态，如loop-(n-1)态、loop-n态等。而在方形闭环纳米带表面上，不仅存在单环浸润态，也存在跨两个或

多个闭环的多环浸润态，如loop-(n-1)-n态、loop-n-(n+1)态、loop-(n-1)-n-(n+1)态等，尤其是在两个单环浸润态之间的过渡区（图b）。这与前期报道的闭环粗糙表面诱导的拓扑浸润态有很大不同。对后者而言，液滴只存在单环浸润态。

为了验证平面上的拓扑浸润态，研究团队利用光刻微加工技术制备了具有同心闭环Si/Au微米带的化学异质平面，结合紫外/臭氧处理，使交替排列的微米带本征接触角分别达到0°和32.4°。水滴实验表明，在这类化学异质平面上存在多个拓扑浸润态（图c）。浸润态转变的动力学、单环浸润态、以及跨多个闭环的多环浸润态，也与理论模拟结论吻合。最后，研究人员进一步分析了水滴三相线附近的毛细力平衡，揭示了拓扑浸润态的形成和转变机理（图d）。

该工作不仅拓展了表面科学的基础理论，还在微纳液滴化学反应的精确控制、高分辨打印和表面包覆等领域展现了潜在的应用前景。

国家纳米科学中心王世嫻博士和宁波大学林冬冬副研究员为论文的共同第一作者，国家纳米科学中心高玉瑞研究员、香港城市大学曾晓成教授和宾夕法尼亚大学Joseph S. Francisco教授为共同通讯作者。该工作得到了国家重点研发计划、国家自然科学基金、香港特区“杰出创科学人计划”和研究资助局的资助。



图：水滴在闭环的化学异质平面上的拓扑浸润态

相关链接：<https://pubs.acs.org/doi/10.1021/jacs.4c07473>
(<https://pubs.acs.org/doi/10.1021/jacs.4c07473>)

挂靠单位 (<http://nanoctr.cas.cn/gkdw2017/>) |

博士后流动站 (<http://nanoctr.cas.cn/bshldz2017/>) |

招生咨询 (<http://edu.nanoctr.cas.cn/zs/dsjs/>) |

主任信箱 (<http://nanoctr.cas.cn/zrxx2017/>) |

违纪违法举报 (<http://nanoctr.cas.cn/xfjb/>) |

友情链接 (<http://nanoctr.cas.cn/xglj/yqlj2017/>)



(<http://www.cas.cn/>)

版权所有 © 2017-2018 国家纳米科学中心 京ICP备05064431号-1 (<https://beian.miit.gov.cn/>) 京公网安备: 110402500013

地址: 北京市海淀区中关村北一条11号 邮编: 100190

电话: 010-62652116 传真: 010-62656765 Email: webmaster@nanoctr.cn



(<https://bszs.conac.cn/sitename?method=show&id=0923029C0CA67FF1E053022819AC7129>)

