

软表面浸润的速度-状态依赖性与微观机理¹⁾

关东石^{* 2)}, Elisabeth Charlaix[#], 童彭尔⁺

^{*} (中国科学院力学研究所, 非线性力学国家重点实验室, 北京, 100190)

[#] (法国格勒诺布尔大学, 物理交叉学科实验室, 法国格勒, F-38000)

⁺ (香港科技大学, 物理系, 中国香港)

摘要: 流体界面在固体表面的运动在现实生活中普遍存在, 其所涉及气-液-固三相物质之间的相互作用和三相接触线的动力学行为, 是力学、物理、材料等学科致力解决的重要基础性问题之一。三相接触线在非理想表面运动时通常呈现粘滑运动(钉扎-脱钉)的特征, 该动力学特征在各种失衡的无序系统中广泛存在。比如, 磁畴壁和涡旋线的动力学、固体摩擦、晶体和玻璃态材料的塑性变形、断层地震和雪崩现象等。由于接触老化, 钉扎强度通常呈现出随时间的增加而增强的趋势。然而, 由于缺乏直接测量钉扎-脱钉转变的实验手段, 这种与状态和速率有关的非线性动力学行为的微观机理仍未得到很好的理解。本研究将原子力显微镜应用于微纳尺度界面流体力学的测量(Guan *et al.* Phys. Rev. Lett. 116, 066102 (2016) & Phys. Rev. E 94, 042802 (2016))。通过在原子力显微镜探针的微棒上附着柔性聚合物薄膜, 精确控制微棒在气液界面运动的速度与状态, 系统地研究了移动接触线在软物质表面上的动力学特征。实验通过测量毛细力迟滞环, 首次发现静态接触线在脱钉时呈现明显的力过冲, 并且过冲幅度随保持时间和运动速度呈对数增长, 而动态接触线的速度依赖性与静态接触线呈现相反的趋势。通过给出定量的力学模型, 提出软表面上浸润脊的缓慢增长(老化现象)与布朗运动协助跨垒的共同影响是移动接触线粘滑运动具有状态和速率依赖性的微观力学起源(Guan *et al.* Phys. Rev. Lett. 124, 188003 (2020))。该工作不仅能够控制液滴在软表面(如凝胶、皮肤)上的运动和蒸发中具有重要的应用, 也对理解摩擦等系统中粘滑运动的微观机理具有重要意义。

关键词: 三相接触线; 软物质; 浸润脊; 力过冲; 原子力显微镜

1) 资助项目 (2020YFC2005400)