

兰州化物所在固-液界面摩擦起电研究方面取得新进展

摩擦起电是界面摩擦过程中普遍存在的物理现象，电荷积累易导致表面带电。含油界面静电原位复合被抑制，静电积累加剧，易导致油品积碳和加速氧化失效，这种危害不容忽视。固-液界面摩擦起电的机理复杂，既受控于界面双电层的性质，又受控于液体在固体表面的润湿行为与界面性质，这为开展固液界面摩擦起电机理与静电防护研究带来挑战。

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研究员王道爱团队，将摩擦学研究与界面摩擦电研究相结合，从宏观到微观，研究了界面摩擦电子产生与积累对材料性能的影响规律和调控机理，并研究了其在摩擦与润滑界面监测、输运管道预警、摩擦调控等领域的初步应用。

影响固-液界面摩擦起电的因素众多，导致科学家对固液界面摩擦起电机理与本质的认识尚未统一。科研团队通过建立固液界面的新模型，探究摩擦起电机理与界面双电层的内在关系，研究温度耗散、液体离子浓度、pH导致的反离子吸附、表面组分等因素的影响，揭示了电子转移和离子转移在固-液界面起电中的共同作用（图1）。为进一步通过调控润滑介质组分，实现机械装备中摩擦界面的静电防护提供了理论和技术支持。此外，科研人员还研究了油-固摩擦界面的摩擦起电行为，揭示油润滑界面摩擦起电与润湿性的关系，阐释润滑油性质与摩擦起电的关系，设计了基于摩擦电的润滑品静电预警及油润滑界面乏油状态预警系统。相关研究成果发表在Nano Energy (2022, 104, 107900; 2022, 104, 107930; 2020, 78, 105370)、Tribology International (2022, 165, 107323) 上。

表面润湿行为是影响固-液摩擦起电的另一重要因素。科研团队通过设计材料表面结构、组分、界面接触等因素，系统探究了固-液界面润湿性、黏附、界面接触与摩擦起电的相互关系。研究通过固-液摩擦起电准确地量化和跟踪了润湿动力学（图2），进而原位揭示了表面微观结构调控润湿转变行为的机制。此外，科研人员还根据PCL构象变化与摩擦电学行为之间的密切相关性，利用液-固摩擦电信号研究了两亲性聚合物的表面重构行为，探索了固-液摩擦起电在界面润湿性监测和智能润滑检测等领域中的潜在应用。相关成果发表在Advanced Science (2022, 9, e2200822)、Advanced Functional Materials (2021, 31, 2010220; 2019, 29, 1903587) 上。

近日，科研团队利用一种类似文丘里管的结构，通过耦联摩擦起电效应与击穿放电效应，研究气体-液体两相流与固体界面的摩擦起电行为。科研人员利用流体的流变学性能，解决了固-液在摩擦起电收集过程中接触面积小、接触分离速度、输出性能低等问题，实现了用1.0 mL水获得3789V和867 μ A瞬时电流和电压输出的新纪录，分别是传统设计的1890和430倍（图3）。在微观的电荷转移机理方面，科研团队基于密度泛函理论（DFT）建立模型对固-液界面的电荷转移进行仿真模拟，利用专业的流体仿真软件和高速摄像机对气液两相流在固体器件内的动力学特性进行分析。该研究对认识多相流与固体界面间的摩擦起电行为以及机械运动过程中高速油液的静电防护颇具意义。相关研究成果以Gas-liquid two-phase flow-based triboelectric nanogenerator with ultrahigh output power为题，发表在《科学进展》（Science Advances）上。

研究工作得到国家自然科学基金、国家重点研发计划、中科院先导科技专项培育项目等的支持。

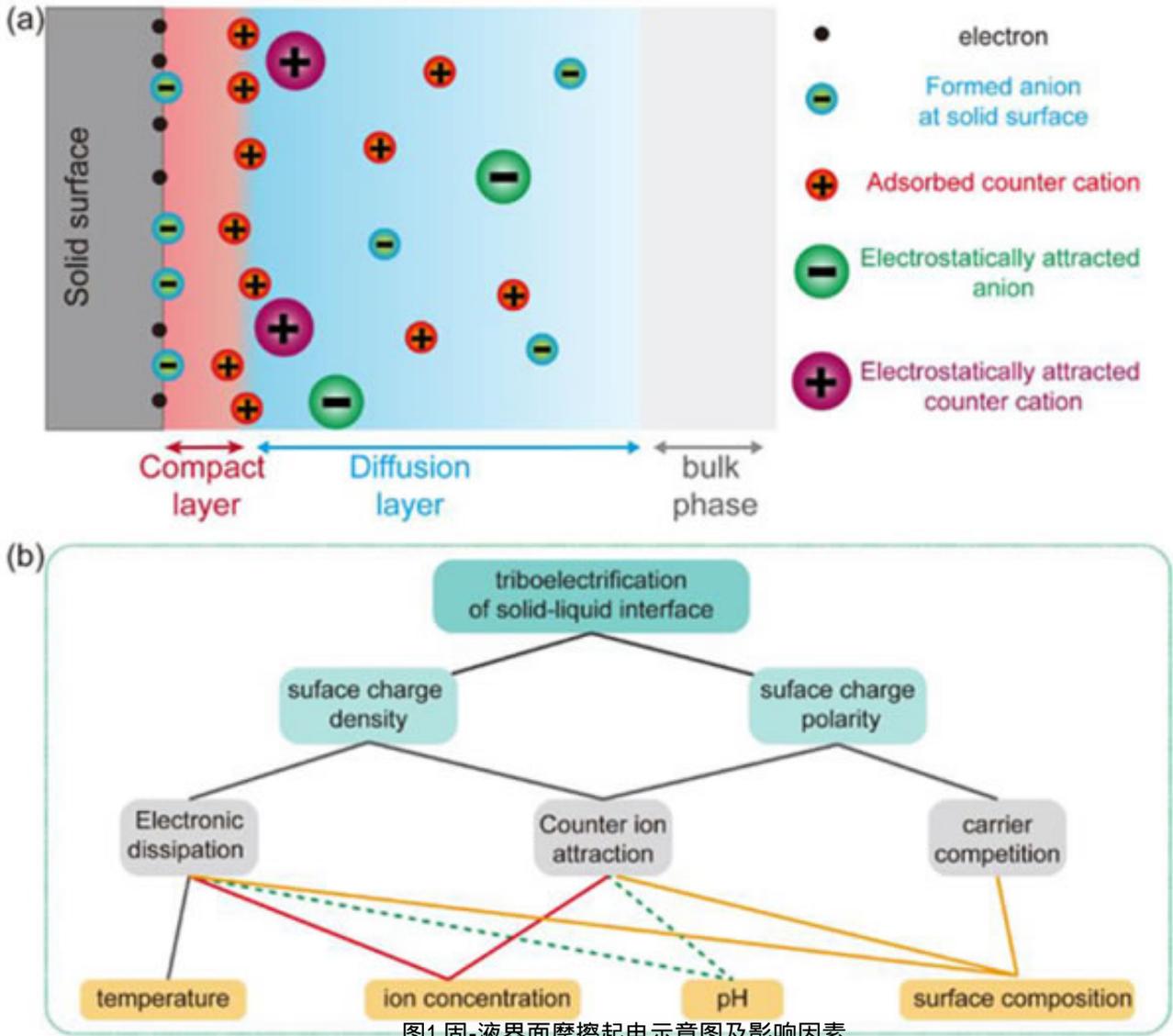


图1.固-液界面摩擦起电示意图及影响因素

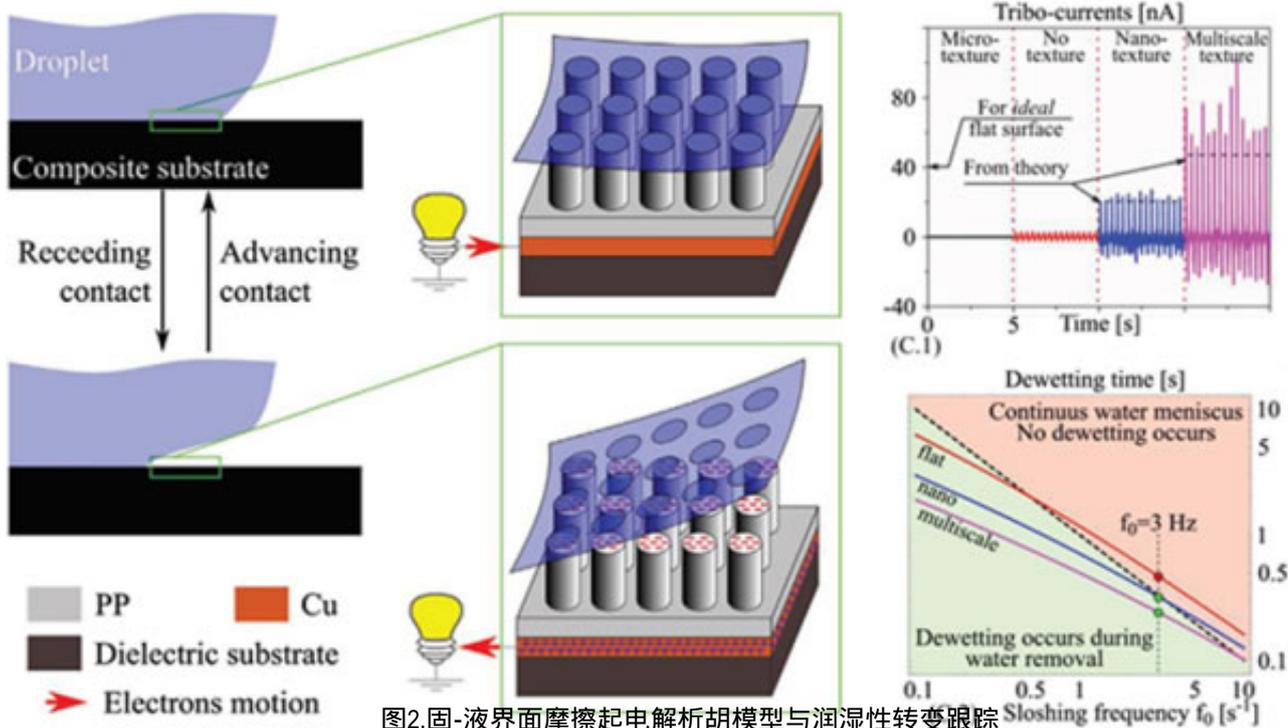


图2.固-液界面摩擦起电解析模型与润湿性转变跟踪

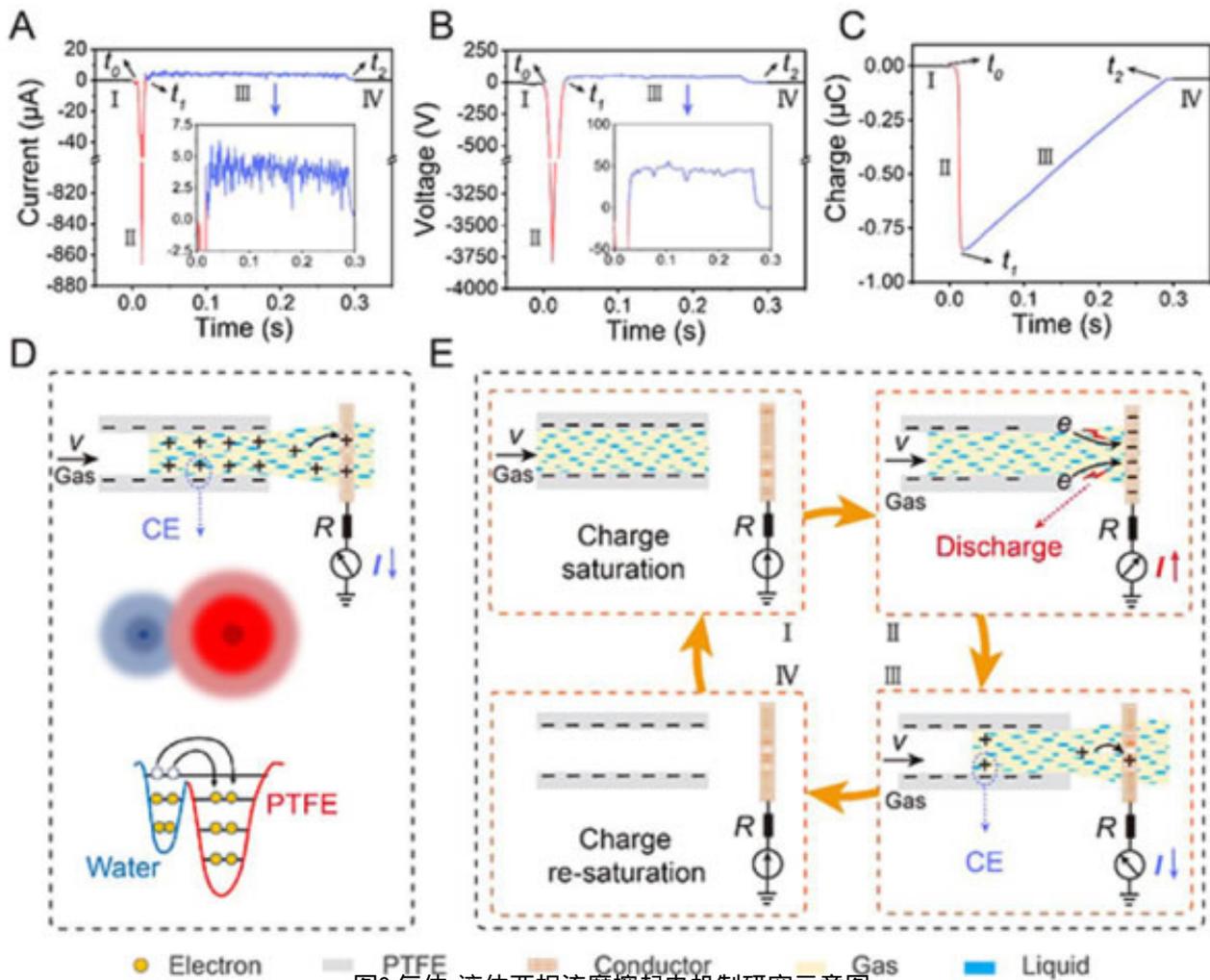


图3.气体-液体两相流摩擦起电机理研究示意图

原文地址：<http://www.china-nengyuan.com/tech/189277.html>