



## 兰州化物所在六方氮化硼基纳米润滑材料研究方面取得系列进展

来源：中国科学院材料磨损与防护重点实验室 | 发布时间：2021-08-31 | 【大 中 小】

随着人们对环境保护意识的增强，无污染、无毒、生物降解性好的“绿色”润滑剂的开发变得尤为重要。由于润滑剂的主要组成要素为润滑介质（基础油、水、离子液体等）和添加剂，因此，开发“绿色”添加剂成为重要研究课题之一。六方氮化硼纳米片（h-BNNSs）与石墨烯结构相似，具有优异的生物相容性、机械强度、高温抗氧化性和化学稳定性，是一种极具发展前景的“绿色”添加剂。然而，由于h-BNNSs化学稳定性好，难以改性，使其很难长期稳定分散于润滑介质中充当添加剂。因此，如何提高h-BNNSs在润滑介质中的分散稳定性成为其能否作为润滑剂添加剂的关键问题之一。

近期，中国科学院兰州化学物理研究所纳米润滑课题组基于h-BNNSs层间相互作用、结构及功能调控的策略，开展了h-BNNSs基润滑剂添加剂设计、开发、润滑性能优化以及摩擦学机制等方面的研究，设计制备了一系列h-BNNSs基润滑剂添加剂。

基于对电子分布状态与相应摩擦性能之间的构效关系，研究人员提出了通过调整h-BNNSs体系的电子结构来改变层间相互作用，从而降低h-BNNSs层间摩擦的方法。基于“egg-box”模型，通过引入氟（F）、氢（H）、氧（O）等原子促进电子在双层h-BNNS层间和层内的再分布，从而改变层间的相互作用能（图1）。这种能量变化可以有效调控层间的摩擦学行为，尤其在层间距达到临界数值时，体系可以实现超低摩擦。该研究工作为控制和降低二维纳米材料层间的摩擦提供了一种新的策略，也为实验分析和工程应用提供了良好的理论基础。相关研究结果发表在J. Appl. Phys. (2019, 126, 035104), Europhys. Lett. (2019, 127, 16003)和Physica E (2020, 120, 114045)上。

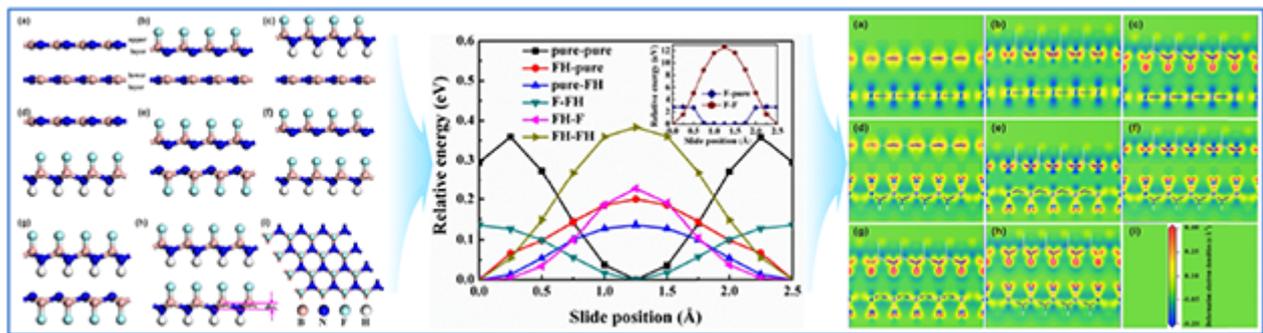


图1.氟、氢掺杂h-BNNSs层间摩擦行为的调控与机理研究

通过机械剥离-原位改性工艺，研究人员制备了聚合物和氟元素功能化h-BNNSs (Pebax-BNNSs和F-BNNSs)，并系统研究了Pebax-BNNSs和F-BNNSs作为水基纳米润滑添加剂的摩擦学性能和摩擦机制。其中，Pebax-BNNSs/水分散体系通过“弥散补偿-填充-修复”过程实现超低摩擦 (COF $\leq$ 0.01，图2a)；而对F-BNNSs/水分散体而言，F改性可以促使F-BNNSs边缘发生卷曲，并在剪切力的作用下，F-BNNSs在滑动界面处形成纳米卷结构，导致摩擦界面形成非公度接触，从而有效降低界面间摩擦磨损 (图2b)。相关研究结果发表在npj 2D Mater. Appl. (2019, 28, 3)和ACS Appl. Nano Mater. (2019, 2, 3187-3195)上。

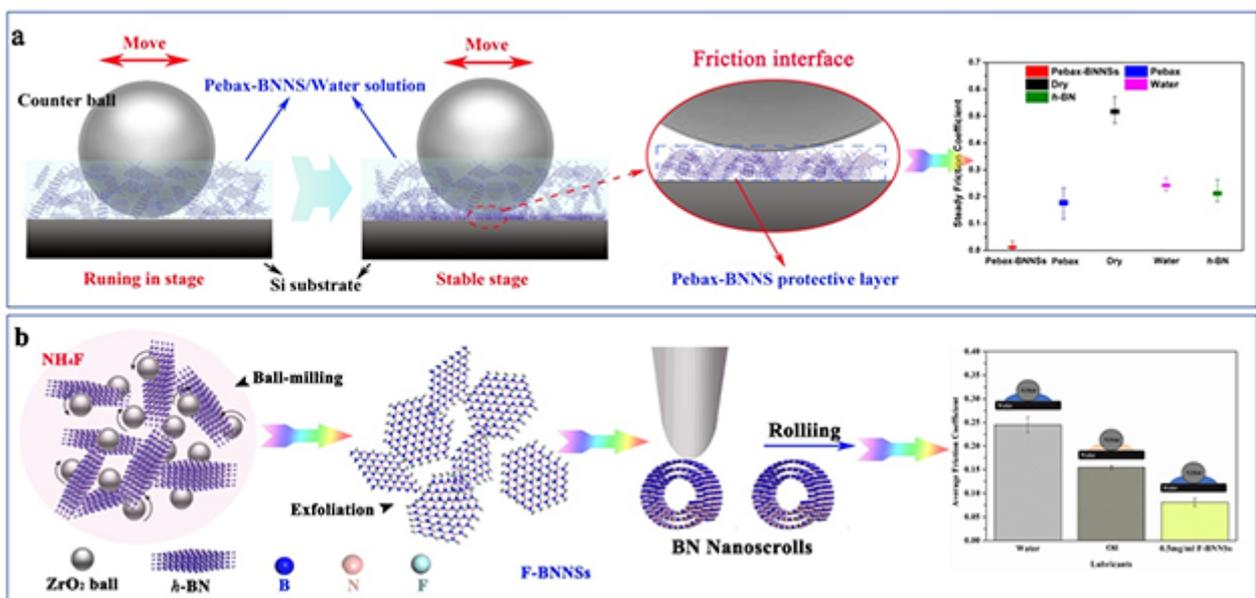


图2.h-BNNSs剥离和功能化示意图及摩擦学性能：(a) Pebax-BNNSs，(b) F-BNNSs

研究人员还制备了h-BNNSs包裹碳纳米颗粒(CNP@h-BNNSs)结构。该结构可直接涂覆于非晶碳膜表面，优化碳基薄膜在潮湿环境下的摩擦学性能。研究表明，对偶钢球表面电荷和核心碳纳米颗粒之间的静电吸引力有助于形成保护性摩擦层，而暴露在摩擦界面的h-BNNSs充当润滑剂，从而降低了能耗和摩擦力 (图3a)。此外，研究人员采用多巴胺功能化h-BNNSs，以提高h-BNNSs的界面相容性和成膜性，并在聚乙烯醇的辅助下，通过简便的环保喷涂工艺制备出致密的h-BN@PDA基涂层。h-BN@PDA纳米片可以作为耐腐蚀性介质的阻挡层或润滑剂/润滑层，以减少界面腐蚀或磨损，从而表现出良好的防腐和减摩性能 (图3b)。相关研究结果发表在Chem. Eng. J. (2020, 402, 126206)和Mater. Today Nano (2021, 15, 100129)上。

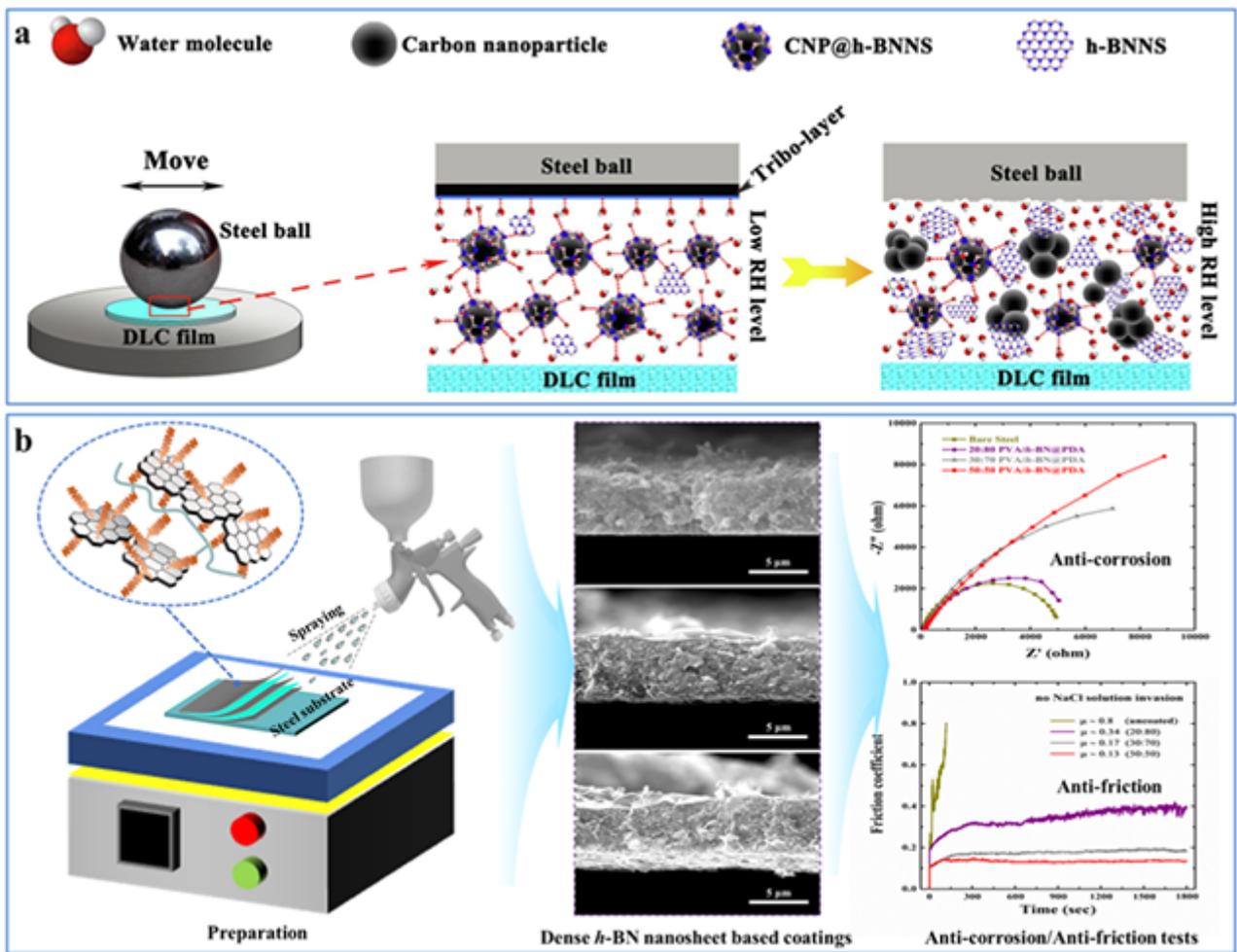


图3.(a)h-BNNSs在潮湿环境条件下优化摩擦学性能机制和(b)h-BN@PDA复合涂层防腐机制

以上工作得到了国家自然科学基金、中科院青促会、甘肃省自然科学基金、兰州化物所特聘人才计划等项目的支持。



版权所有 © 中国科学院兰州化学物理研究所\*党政办公室  
 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 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

