

原子级光滑表面摩擦粘滑运动机理与摩擦调控

魏志勇

东南大学机械工程学院，南京，211189

摘要

粘滑(stick-slip)是摩擦运动的普遍现象，它不仅存在于宏观的摩擦运动中，而且也出现在纳米尺度物体的相互运动中。通过对原子级光滑表面，例如石墨片、二硫化钼片等的摩擦粘滑运动进行分子动力学建模和仿真，并辅以原子力显微镜测试，本研究将主要从声子摩擦模型介绍、声子共振耗能机理和振动控制摩擦技术等三个方面介绍课题组最近的研究工作。我们发现界面相互作用力实际上只是把机械动能转化成了弹性体的弹性势能，这种势能不断累积，直到超过特定的阈值，然后以声子的形式将部分累积的势能释放。基于此，我们提出了声子摩擦模型。该模型显示，滑动物体受到的阻尼力与其自身振动的速度成正比。在原子级光滑表面，摩擦粘滑运动激励的声子主要集中在搓板频率以及搓板频率的整数倍，当搓板频率与摩擦系统接触共振频率的分数频接近时会出现摩擦声子共振导致摩擦力局部极大值。声子摩擦模型还能预测高速摩擦下的速度弱化现象，可以在宽的速度范围内准确预测摩擦力的变化。虽然摩擦能够激励声子引起振动，但是如果对摩擦系统施加某些特定频率和振幅的振动，粘滑运动就会发生改变，进而引起摩擦力的变化。本研究提出的声子摩擦模型对理解摩擦耗能机理以及控制材料表面摩擦力具有重要意义。

关键词：粘滑；声子摩擦模型；摩擦调控；分子动力学模拟

主要参考文献

- [1] Shuyu Huang#, Zhiyong Wei#, Zaoqi Duan#, Chengdong Sun#, Yongkang Wang, Yi Tao, Yan Zhang, Yajing Kan, Ernst Meyer, Deyu Li*, Yunfei Chen*, A re-examination of damping in sliding friction, *Physical Review Letters*, 132, 056203 (2024).
- [2] Zhiyong Wei*, Dong Han, Qi Wang, Chengdong Sun, Yi Tao, Li Xiang, Yajing Kan, Yan Zhang, Xi Lu, and Yunfei Chen*, Modulating friction by the phase of the vertical vibrational excitation at washboard frequency, *ACS Applied Materials & Interfaces* 15, 45516-45525 (2023).