**“介观尺度结构超滑力学模型与方法”重大项目指南**

摩擦和磨损对能源、环境、高端制造和医疗健康等领域影响深远。据统计，当今工业化国家依然有高达约25%能源因摩擦消耗掉，约80%机械部件失效由于磨损造成。对未来影响更大的是，摩擦磨损使得许多梦寐以求、潜力无限的高端技术无法实现。

　　1983年科学家第一次理论预测两个范德华固体表面之间可能实现几乎为零的接触摩擦，后称之为结构超滑（Structural Superlubricity）。2004年，首次实现了接触面积为纳米尺度的结构超滑。2012年，研究者将该尺度拓展到了微米级，立刻将这个现象的研究从学术兴趣转化到实际应用。目前，研究人员已经在实验上实现了石墨-石墨（烯）、碳纳米管-碳纳米管、石墨（烯）-六方氮化硼、石墨（烯）-类金刚石等体系内的接触面积最高达100μm2的结构超滑，并通过实验研究了压力、速度、温度、湿度、真空度等因素对于结构超滑体系摩擦与磨损的影响。然而，现有理论、模型和计算方法，都无法对已经获得的大量的微米尺度结构超滑实验观察，做出精细的、定量的解释；更难以支撑产生微米到毫米级这一介观尺度上超滑重大原创技术和实现微米以上尺度结构超滑所需要的深度理解和设计方法。究其本质，在于结构超滑是一个以力学原理为主的跨学科、跨尺度、非线性和非保守系统的复杂现象。

　　本项目旨在建立介观尺度结构超滑力学模型与方法。以力学为主线，通过关于微米-毫米体系超滑理论模型、计算方法和实验技术的系统性研究，对已有的实验现象进行分析、理解，形成统一的理论体系和完备的计算、实验方法，助推微米-毫米尺度结构超滑的实验实现，为今后产生基于结构超滑的颠覆性创新技术提供理论支撑。

**一、科学目标**

　　建立普遍适用于介观尺度（微米-毫米尺度）结构超滑的理论模型、计算方法和实验技术，充分考虑超滑界面的纳米-微米-毫米的跨尺度性和高度各向异性。在介观尺度上，探索变形、强度、缺陷、吸附、温度等对于结构超滑摩擦特性影响的规律，理解基底与超滑材料的力学特性与结构超滑摩擦特性的本质联系，厘清结构超滑界面清洁机理。通过项目的研究，构建介观尺度结构超滑力学这一新方向的理论体系和基本计算与实验方法，为实现毫米乃至更大尺度结构超滑打下坚实基础。

**二、研究内容**

　　（一）介观尺度结构超滑力学模型。

　　建立既能考虑原子尺度公度性又能研究微米-毫米尺度弹性作用、能量耗散和磨损的力学模型，提出相应的含参数与无参数的解析关系，研究压力、加载方式、起停时间、速度、温度等因素对于结构超滑体系摩擦磨损特性的影响。

　　（二）介观尺度结构超滑计算方法。

　　发展用于介观尺度结构超滑的、考虑热运动的共存类有限元-分子动力学耦合模型；发展基于弹簧-铰链结构、跨原子-微观尺度的二维摩擦模型，建立与三维摩擦特性的对应关系。采用上述方法，在微米-毫米尺度上研究二维材料与基底力学特性和温度对于表面平整度、褶皱失稳现象以及实际接触面积等特性的影响，厘清结构超滑界面的清洁机理。

　　（三）介观尺度结构超滑实验技术。

　　开发适合研究微米-毫米尺度结构超滑的，可加载、可控环境、能够原位可视化、高度集成的测量系统，要求力分辨率需优于5 nN、力量程大于50 μN；位移高于0.1mm、滑移速度10 nm/s - 10 μm/s；环境可实现超高真空；温度变化区间包含35 K-1200 K这一范围。

**三、申请注意事项**

　　（一）申请书的附注说明选择“介观尺度结构超滑力学模型与方法”。

　　（二）申请人申请的直接费用预算不得超过2000万元/项（含2000万元/项）。

　　（三）本项目由数理科学部负责受理。