2021年招生计划

三、预计招收博士生的课题研究方向和研究工作简介

1.博士论文研究方向： 微流控技术

选题类别：☐基础性研究　☐应用性研究　☐工程技术攻关研究
☐新开辟的研究方向　■已有研究方向的继续　☐其他

2.博士论文的选题背景及意义和主要研究内容简介

微流控芯片系统是随着微机电系统（MicroElectroMechanical Systems, MEMS）加工技术的进步而快速发展起来的一项多学科交叉研究领域。其通过对微米级通道中流体的操纵和控制，完成实验室中的生物化学反应、样品制备、分离与检测等基本操作，并实现各操作单元的微型化、集成化和自动化，最终实现芯片化，即所谓“芯片实验室”（Lab-on-a-chip）。相比于传统的流体研究方法，微流控芯片系统具有快速灵活、低成本、低样品消耗、易于微型化集成等优势，其应用跨越了分析化学、细胞生物学、有机无机合成、个人洗护、光学和信息科技等重要领域。近十年来，微流控技术在单细胞分析、蛋白质提纯及分析、抗肿瘤药物筛选、微纳米材料合成等世界前沿领域显示出了非常有前景的应用，迅速吸引了不同背景的科学技术人员的极大的兴趣。

液滴微流控系统是近年来微流控芯片技术的一个重要分支，其作为一种新的流体控制技术可以在液滴内实现纳升级别的微反应，已然成为微尺度上生物和化学反应及其过程检测的有效手段。液滴作为微反应器，能够有效控制扩散、加速混合、提高检测灵敏度，其应用范围涉及到单细胞分析、药物筛选、材料合成、个人洗护等多学科交叉领域。然而，单乳液滴在壁面润湿、界面扰动等外界因素作用下易产生样品泄露，造成交叉污染，且不易进行多组分液滴操控。双乳液滴独特的核-壳结构能够有效保护内核液滴中的反应样品及反应产物，同时避免有害反应产物对外界环境的污染，且多核双乳液滴为多组分液滴的精准操控提供了重要载体。

此外，微流控技术因其精确的微尺度流体调控性能，也被广泛用于多组分微纤维的制备之中。纤维是指具有一定柔性和强度的高长径比（通常大于1000）材料，其中微米和纳米尺度的纤维状微结构材料在自然界也是十分常见的，比如日常生活中的棉、麻、丝、毛、血管组织，植物叶片上的叶脉等。这些纤维状材料通过编织、缠绕、折叠等方法可用于构建各种三维结构的功能性物质，受此启发，人们致力于合成结构形貌多样性的纤维状微结构材料，并广泛用于环境保护、仿生集水、可穿戴设备、组织工程、催化和控制释放等方面。

鉴于此，课题组根据前期的微流控技术基础，在多组分微液滴/微纤维的制备及应用基础方面取得了一定的研究成果，包裹双乳液滴的导向释放、多核双乳液滴的内核可控融合及微反应应用、多组分微纤维的制备、微纤维的定长可控裁剪等。后续的研究工作将继续基于多组分微液滴/微纤维的功能性材料合成展开，包括但不限于区室化的液滴微反应器、微液滴/微纤维的缓释应用、微纤维材料的组织工程应用等。

3.该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

国家自然科学基金

2021年招生计划

三、预计招收博士生的课题研究方向和研究工作简介

1.博士论文研究方向： 极端工况下金属橡胶元件疲劳寿命及可靠性研究

选题类别：☐基础性研究　☐应用性研究　☐工程技术攻关研究
☐新开辟的研究方向　■已有研究方向的继续　☐其他

2.博士论文的选题背景及意义和主要研究内容简介

金属橡胶技术是解决航空航天、国防装备在特种环境下阻尼减振、过滤、密封及热传导等疑难问题的关键技术。金属橡胶材料本身由金属丝构成且具有一定的弹性，利用金属橡胶制成的零部件具有耐高压、高温、超低温、高真空、腐蚀环境等优良特性。选择特殊的原材料制成的金属橡胶能够满足特殊工况下的长寿命要求。金属橡胶的优良特性决定了其可以用来作为功能材料替代普通橡胶等工作在高低温、大温差、腐蚀环境、辐射环境等特殊工况。本研究以金属橡胶元件在航空航天领域的工程应用为背景，以确立疲劳寿命随温度及材料特性变化函数关系为目标，重在分析和认识极端工况影响下金属橡胶元件的性能退化规律和疲劳失效机理。

主要内容如下：

1.极端工况条件下金属橡胶元件疲劳寿命基础理论研究

主要进行极端工况下元件的力学特性和疲劳特性理论研究，为加速寿命实验提供理论支撑。

力学特性理论研究：分别在不同温度条件下，对不同参数的金属橡胶元件进行力学性能实验和扫频实验，研究不同参数的力学特性曲线、固有频率及加速度传递率等变化规律；分析温度和材料等对金属橡胶刚度、阻尼等力学性能的影响，研究金属橡胶元件的力学特性。

疲劳特性理论研究：分析元件自身参数（丝材、丝径、相对密度等）和环境因素（交变应力场、温度场等）对其疲劳寿命造成的影响，重点分析大温差变化和材料对疲劳特性的影响机理，得出用于表征金属橡胶疲劳性能的特征参数，确立金属橡胶元件的失效判据。

2．金属橡胶元件寿命加速实验及仿真研究

基于改进的Arrhenius模型，以加载力场作为加速应力建立模型，设计寿命加速实验。在极端温度范围内设置梯次温度环境，进行加速寿命实验，得出随试验参数变化的内部应力、平均刚度、材料阻尼、共振频率和加速度传递率等数据。对数据进行分析，推导不同温度影响下的寿命公式，对寿命公式进行误差分析。建立金属橡胶元件的有限元计算模型，采用有限元方法分析其刚度、强度及能量耗散系数，验证理论分析结果。

3.极端工况条件下金属橡胶元件疲劳失效机理分析

综合以上研究结果，分析得出金属橡胶材料的性能退化机理，深入分析大温差等工况对元件的刚度、阻尼及摩擦系数等力学和摩擦学性能的影响，进而分析金属橡胶隔振元件的疲劳失效机理。确立表征金属橡胶疲劳性能的特征参数，明确金属橡胶元件的失效判据，为金属橡胶材料的推广，特别是在航空航天领域的应用提供理论和实践参考。

3.该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

中国航发沈阳黎明航空发动机有限公司合作项目