2022年招生计划

六、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： 多相混合、流动、传递和反应的机理及应用研究

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

研究内容：

1.多相混合、流动、传递和反应的CFD仿真

（1）液液系统的界面对流：利用CFD技术在实验难以达到的时间和空间尺度上进行数值模拟，这一做法正被众多学者采用。对于液滴系统来说，传质增强、自驱动、表面湍动等形式相当丰富的界面现象都被称为Marangoni效应，无论其形成机理如何复杂，归根结底是由热或溶质对流扩散引起的表面张力梯度导致的。对于在互不相溶液体中运动的多组分液滴来说，溶质浓度与流动之间存在着复杂的作用关系。随着溶质的扩散，界面处浓度的梯度导致张力梯度，引发的Marangoni效应又通过对流影响浓度。

（2）微流控芯片中的流动与传质：与宏观相比，微尺寸流道内流体的流动特性发生了很大的变化，主要有以下特点：梯度量（包括动量梯度，即剪切率；能量梯度，即导热梯度、表面张力梯度等）相较于宏观尺度的更大；低维化，即微流道径向影响减小等特点；通道的表面润湿性和粗糙度是流体流动的重要影响因素。微流体流动特性研究包括表面张力效应、传质传热效应等研究。

2.流体可视化测量及流场图像处理

PIV(粒子图像测速)和PLIF（平面激光诱导荧光）作为新颖的光学的非侵入式的流体可视化实验技术，可实时测量整个视界内流体的速度场和浓度场。有望为微小尺度的界面流动和微流道流动提供详细的、真实的、微观的流动信息，有助于深入理解液液系统的界面现象，多相混合、流动、传递和反应的机理。利用该技术，课题组开展了液滴系统界面Marangoni对流、Rayleigh-Bénard对流等的测量与研究。随之而来的问题是，流场数据的可视化。流场数据类型复杂，物理量种类多、物理特征提取困难、可视化要求高，以流体力学中主要的特征漩涡为例，由于缺乏严格的定义，目前诸多关于漩涡的检测方法并不理想。本部分研究内容基于机器学习和MATLAB对全局特征和局部特征进行检测，不断优化改进标量场、向量场、张量场数据的可视化。

3.面向太空环境下生命维持的微流控装置

地外生存作为太空探索的核心技术之一，人类脱离地球，开展太空探索的活动中，必须具备氧气、燃料和营养的长期持续供应能力。原位资料利用作为一种可持续能力强、低成本的解决方案，并且能够降低对携带资源和地球补给的依赖，是实现地外载人探测和未来太空移民等地外活动的关键技术手段。利用微流控装置将人类呼吸产生的二氧化碳转换为氧气，实现密闭空间的废弃原位资源再生循环，同时满足人类在其他天体上长期生存和深空往返推进运输的物质供给，绿色植物的光合作用则巧妙利用了这一点有效地实现了资源的转化利用。开发了基于“人工光合成”技术的二氧化碳转换和氧气制备装置，发展面向地外生存的光电催化二氧化碳转化技术，实现资源再生循环利用与生命保障体系构建。

4.自游动粒子与微纳器件研制

活性粒子是界面科学与软物质研究领域的交叉点，通过消耗化学燃料或从外部场（如电磁场）中获取能量，系统的结构和动力学被驱动到非平衡状态。关键挑战包括粒子的定向引导（如溶质浓度梯度的定向引导），与生物的相容性，制造的简易性。具体应用领域包括环境修补（例如，利用粒子的运动增强其与污染物的接触），芯片实验室技术（例如，使用活性胶体精心策划每个胶体表面的顺序缠绕，从而消除了大量流体流动的需要）和体内给药（例如，将含有药物的微粒导向体内所需的位置）。该领域的研究进展才刚刚开始，为更多种类的活性粒子、集体运动、生物和材料应用打开大门。新型电、化学或磁力“驱动”的粒子的开发，以及引入“更快”、“更智能”的活性粒子类别，这些粒子也可能具有刺激响应性、形状变化、电路承载或生物接口功能。大型“活性粒子”组合的相互作用和动力学还可以转化为可重组和可适应的软物质的新类别。

3.该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

部分与529合作，部分自筹

2022年招生计划

六、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： 液压四足机器人

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

研究内容：

1.执行器的伺服控制：在液压四足机器人运动过程中，执行器的工况复杂多变，具有非线性强、参数不确定性强以及外干扰不可预测的特点。常规的PID结合反馈的控制策略难以实现良好的控制性能。需要对执行器伺服系统进行具体的建模，详细分析系统的各类非线性与不确定性因素、综合利用自适应控制策略、滑模控制策略等非线性系统控制策略使执行器系统具备强鲁棒性与令人满意的跟踪性能。

2.柔顺控制：高刚度的特性虽然使得液压伺服系统具备快速响应能力，但是当机器人腿部与环境接触时，稍有误差，便会带来较大的冲击力。为了降低机器人腿部与环境突发接触时的冲击力，以及确保支撑腿在地面运动时的接触力稳定无振荡需要采用柔顺控制。需要研究基于位置和基于力控制方法下的柔顺控制策略，探究如何设计柔顺控制器的参数，并比较基于位置模式下的导纳控制策略与基于力控制方法下的逆动力学主导的力控制策略的柔顺控制效果。

3.步态规划与优化：四足动物常用的步态有步行（Walking）、对角小跑（Trot）、飞行对角小跑（Flying trot）、跳跃（Bound）和飞奔(galllop)。规划步态的方式有基于正逆运动学的规划方法、CPG、虚拟模型、基于逆动力学模型的规划等，需要探究每种步态最合适的规划方法。对于确定的步态而言，步态生成器含有周期、占空比、抬腿高度、步距等参数，需要确定合理的目标函数，对这些参数进行优化，找到最优的步态参数组合。

4.稳定运动控制与非结构地面的行走：除Walking步态之外，其余步态均是动步态，即运动过程中机体的质心投影不始终位于支撑腿构成的支撑区域。因此采用动步态的机器人运动过程中机体会不可避免的发生偏转。为了确保动步态运动的稳定性，一方面需要对足端接触力进行控制，另一方面需要对机体的姿态角实行闭环控制。常规的足端力反馈控制策略难以使机器人在非结构化的地面运动，通过预测控制、强化学习等策略使机器人能够及时的调整姿态以及对地形及时的感知。

5.机体状态估计：机器人的稳定运动离不开对机体姿态估计。尤其时机器人运动过程中的侧向速度、横滚角与俯仰角对稳定性的影响甚大，因此需要对机体的状态进行估计。由于运动过程中的不间断与地面接触，机体在竖直方向的加速度变化剧烈，仅依靠陀螺仪与加速度计的互补滤波、卡尔曼滤波方法难以实现对机体状态的精确估计。研究扩展卡尔曼滤波、不变卡尔曼滤波等方法，将陀螺仪、加速度计的数据结合机器人自身运动学测量参数，进行融合计算，提升状态估计的精确度。

即时定位与地图构建（SLAM）：机器人的运动过程，需要依靠视觉进行定位和地图构建，并完成避障行进，由于液压四足机器人本身自带一个IMU来测量三轴的姿态和加速度，因此再使用一个激光雷达辅助，构成LEGO-LOAM组合SLAM即可实现以上功能，具有避障精度高、速度快的特点，主要研究后端的非线性优化，利用扩展卡尔曼滤波或图优化的方法可以较为方便的快速处理相邻两帧的相对运动并过滤噪声，降低累积误差，提高建图精度。

3.该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

部分与201所合作，部分自筹