

2023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
<div>1. 博士论文研究方向： 微纳机器人可重构集群行为机理与调控</div> <div>选题类别：<div><input type="checkbox"/>基础性研究</div><div><input type="checkbox"/>应用性研究</div><div><input type="checkbox"/>工程技术攻关研究</div><div><input type="checkbox"/>新开辟的研究方向</div><div><input checked="" type="checkbox"/>已有研究方向的继续</div><div><input type="checkbox"/>其他</div></div>
<div>2. 博士论文的选题背景及意义和主要研究内容简介</div> <p>微纳机器人技术将机器人研究扩展到纳米量级，在精准医疗、能源开采、信息检测、环境污染处理等领域具有巨大应用前景，成为机器人研究领域的重要分支，是国家“十三五”、“中国制造 2025”和“健康中国 2030”等战略规划的首选发展技术，也是美国列为出口管制的新兴技术之一。微纳机器人融合材料、机械、化学及纳米等多学科交叉，将光、电、磁、声以及化学等能量在微纳尺度转换成机械能，是机器人研究的前沿技术，诺贝尔奖获得者 Stoddart 认为：“微纳机器人在未来将为人带来无限可能”。</p> <p>微纳机器人具有体积小、质量轻、推重比大等特点，是纳米科技的前沿研究领域之一。然而，由于微纳机器人尺寸、结构等制约，运动及负载能力十分有限，可控性及作用效果差，极大地制约了微纳机器人在微纳手术及治疗、纳米传感等领域的作用效果。因此，迫切需要以自然界典型集群体（鸟群、鱼群等）为仿生对象，研究微纳机器人集群体的协同作用，以满足生物医疗领域复杂动态环境多任务、大负载及集体协同作业的发展需求。</p> <p>微纳机器人集群体是微纳机器人在自身或外加物理场作用下形成的稳定有序、并具有一定规则排布及功能的集群结构。相比于单个微纳机器人，微纳机器人集群体具有负载能力更强、形状规则可控、局部区域作用效果更明显等特点，可实现在复杂环境内的结构重组、障碍躲避及功能按需调控等，最大程度发挥微纳机器人的功效。然而，现有微纳机器人集群体理论研究大多局限于研究二维平面内的微纳机器人集群体特征，并着重于单一物理场作用微纳机器人集群机理及集群效果进行研究。此外，机器人集群体只能实现简单的平面结构，控制方法简单，理论研究不够深入，极大限制了微纳机器人集群体应用范围。因此，如何突破传统单一机器人操控或单场驱动集群行为的局限性，研究微纳机器人可重构集群行为的聚合机理、能量传递及转化机制的基础理论是目前亟需的关键问题。</p> <p>本研究方向以单一物理场及多物理场耦合作用下微纳机器人的设计、制备方法、控制策略、运动行为与集群行为等为主要研究对象，应用近代物理学、流体力学、热学、分子动力学、信息存储学、电磁学、光学以及机械学等多学科理论，并配以系统的实验设计和先进的观测手段，旨在克服传统微纳机器人功能单一、可控性差、运动负载能力弱等局限性，为将微纳机器人技术应用于生物医疗、环境保护、先进功能器件及微尺度传感器等工程实践提供理论依据和技术支撑。</p> <p>主要研究内容如下：</p> <div><div>(1) 基于唯象理论的单场驱动微纳机器人集群行为及动力学机制研究</div><div>(2) 微纳机器人可重构集群行为多物理场耦合调控新原理与新方法</div><div>(3) 微纳机器人可重构集群行为机器人个体运动动力学机制</div><div>(4) 微纳机器人集群体稳定性与环境敏感性研究</div></div>
<div>3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况</div> <p>国家自然科学基金区域创新联合基金重点项目（260万元）</p> <p>国家自然科学基金优秀青年项目（130万元）</p>

2023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： 宏-微多尺度光固化增材制造关键技术研究

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

增材制造（3D打印）技术是近年来快速发展的先进制造技术，被誉为“改变世界的技术”、“第三次工业革命的重大标志”等，是“中国制造2025”的优先发展方向。增材制造在复杂三维结构、高深宽比结构和多材料/复合材料结构制造方面具有无可比拟的优势，且具备成本低、效率高、材料种类多、直接成形等优点，在微机电系统、超材料、生物医疗、5G通讯等领域具有广阔的应用前景，是当前国内外高度重视的先进制造技术。然而，现有增材制造技术或面向大尺寸制造、无法保证微纳尺度特征结构精度，或面向微纳制造、难以实现宏观尺度整体成型尺寸，成型尺寸与制造精度间的固有矛盾难以解决。其中，微纳结构增材制造过程受能量密度、固化时间、微尺度流场、热应力等诸多因素影响，微纳结构高精度成型理论尚不完善。同时，宏-微多尺度制造既需要满足宏观尺度制造构件的力学性能、又需要满足微纳尺度特征结构的精度及保持性，亟待研发面向宏-微多尺度增材制造的功能性材料。此外，成型过程光学、机械等误差累积显著，且存在海量数据处理与存储及物质流、能量流、信息流协同控制等关键难题亟待解决。

针对上述问题，本课题以机械电子技术为基础，结合材料、光学、信息、化学、热学等多学科交叉，对宏-微多尺度光固化增材制造进行系统研究，突破宏-微多尺度复杂三维结构器件的高精度增材制造技术、材料设计与制造工艺等瓶颈，研制宏-微多尺度增材制造装备，实现增材制造在微机电系统、精密连接器件、微纳电子、精密医疗器件、生物芯片等微纳结构器件典型示范应用，对于解决我国装备制造业“卡脖子”问题，促进我国高端制造业发展、提升智能制造技术水平具有重要的战略意义。

具体包括以下研究内容：

（1）宏-微多尺度增材制造表界面行为机理

研究宏-微多尺度光固化过程尺度材料时变、流变、相变行为规律，揭示曝光能量、波长、临界曝光量及材料透射深度等对固化均匀性、层间界面及拼接界面微观形貌的影响机制，研究材料张力、粘附力、浸润性及固化过程动态接触角与固/液微观界面树脂流动特性之间的相互关系，研究热产生-传递及热应力产生-耗散对制造精度的影响规律。

（2）高性能/多功能材料体系设计与成形机理

研究高刚度、高韧性、耐高温、导电、介电、压电、磁响应、陶瓷等粒子掺杂类型的多功能光敏树脂材料体系，揭示增材制造过程中工艺参数、材料参数、结构参数与器件性能之间的内在联系及影响规律，探究粒子形貌尺寸对光强分布、固化特性和成型效率的影响规律。研究磁场、电场、热场等多物理场对宏-微多尺度增材制造过程材料性能的影响规律，提出制造过程材料性能多能场耦合调控方法。

（3）宏-微多尺度/多材料增材制造装备

研究固化光在光路系统及空气/液态树脂界面传播行为特性，揭示定位误差、平行度误差、垂直度误差等机械误差对层内拼接、层间拼接过程制造精度的影响规律，研究跨尺度运动控制机理、轨迹规划及控制器设计方法，研究供料-成形-测量一体化数字在线检测与反馈控制策略，开发光固化打印系统多维信息/复杂结构高效集成技术，研制面向精密器件制造的宏-微多尺度/多材料增材制造装备。

（4）复杂三维功能器件宏-微多尺度增材制造应用

研究基于面投影光固化宏-微多尺度增材制造的典型器件制造工艺，提出多尺度、多维度、多方式协同的功能器件一体化检测与评价方法，研究光照强度、固化时间及材料特征对复杂三维结构功能器件结构及性能的影响机制，开展面向实际工况环境的典型器件制造与性能检测实验研究。

3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

广东省重点领域研究计划项目“复杂三维微纳结构器件高精度大幅面增材制造技术与装备”（项目总经费1600万元，子课题经费320万元）等可为本课题研究提供经费支持。其他相关领域在研纵、横向课题也可提供经费支持。