

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： 针对精密物理实验需求的MEMS机械储能构件，研究基于显微视觉的跨尺度构件装配技术研究。

- 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

伴随着对器件微型化要求的不断提高，如何在微观尺度给微器件提供能量成为一项关键技术。近年来，通过MEMS实现机械能量存储，可以为器件的自行操作提供能量。由于MEMS储能构件的尺寸在数个毫米量级，而要求装配精度达到数个微米量级，因此这种跨尺度的微装配极具挑战性。微小型零件的尺寸跨度大，装配精度要求高，对微操作提出了极高要求。基于显微视觉的非接触式精密微装配可以用来对末端执行器和被操作对象进行精确定位，已经成为提高微装配精度和效率的有效途径。由于微观装配精度通常是微米级，因此如何在工作空间狭小的视觉装配系统中保证图像测量和坐标变换的精度成为影响视觉装配精度的一个重要因素，需要从目标定位、图像去噪和图像增强等技术方面开展算法优化研究。此外，为了适应微装配柔性化和自动化的需求，需要采用基于图像的视觉伺服来补偿微操作系统本身运动模型不准确等造成的定位误差，实现对装配系统的闭环控制，提高基于视觉微装配系统的性能。此外，由于微操作过程中接触产生的力相对微小，加之微尺度下的低信噪比进一步减弱了信号的强度，对微力检测与反馈技术提出了极高的要求。因此，需要寻找一种可以精确地对装配微力进行实时监测和反馈控制的方法。本项目的研究对于提高基于MEMS的微器件系统使用性能具有重要的理论意义与实用价值，在国防领域也有重要的应用前景。

研究基于显微机器视觉的微构件装配过程中装配对象识别、外形尺寸测量及装配路径实时跟踪优化，实现显微机器视觉复杂背景下构件影像处理与实时位置姿态信息提取；研究构件装夹微力视觉测量表征方法，结合构件的显微多视图数据，构建半监督训练算法，通过提取视图中构件之间的空间接触信息和构件微应力数据，建立基于显微机器视觉的装配微力表征模型，并利用有限元仿真计算进行验证；研究基于显微机器视觉的伺服系统控制算法，据此建立轴/孔微装配的显微机器视觉辅助精密伺服装配体系。

3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

该选题依托国防基础科研核科学挑战专题“铜质微尺寸交叉圆柱零件微切削加工机理与工艺（TZ. 0006）”，课题经费200万元，研究期限为2018. 01-2021. 12。本项目与中国工程物理研究院激光聚变研究中心合作研究，对方单位可以提供相应的经费来共同成本选题的研究工作。

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： 针对超硬材料球体部件的超精密加工制备难题，研究碳化硅陶瓷球的超精密磨削成球机理及工艺。

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

轴承是决定精密运动系统的动静态特性的一个关键元件，对轴承部件的制造精度提出了很高的要求。特别是在重载、酸性、冷热交替等极端环境下，当前轴承滚动体多采用钢球材料，其使用性能较差，制约着整机部件精度的提高。而超硬陶瓷材料如碳化硅等具有硬度高、密度小、比刚度高、热膨胀系数小、化学性质稳定等优点，是一种替代钢球作为轴承滚动体的有效材料，在重型车辆、航空航天、舰船等领域具有广阔的应用前景。陶瓷球的成形加工通常是通过机械研磨加工来获得，而陶瓷球的高硬度和脆性断裂等特性给其研磨加工带来了极大困难。目前市场上存在的陶瓷球多为氧化锆、氧化铝等，其比刚度低于碳化硅，且陶瓷球的尺寸普遍小于20mm。碳化硅超硬材料的硬度仅次于金刚石和立方氮化硼，其球体部件的高精度高效加工具有很大的技术难点，对成球理论、加工变形机理、工艺参数优化、加工设备和检测方法等提出了极高的要求，亟需开发针对碳化硅这一超硬材料的大尺寸陶瓷球的超精密加工研制技术，实现大尺寸高精度碳化硅陶瓷球的制备，对于提升我国高端装备的核心件具有非常重要的意义。

主要研究内容为：结合理论、仿真与实验手段，从以下三个方面研究超硬材料球体研磨制备机理与工艺：（1）开展球体研磨成形理论研究；（2）开展球体研磨机理研究；（3）开展球体研磨工艺研究。本项目的研究将获得碳化硅陶瓷球研磨加工成球机理与工艺，对于提升我国高端装备的核心件具有重要的理论意义与实用价值。

3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

该选题依托国家自然科学基金中德国国际合作项目“碳化硅金刚石切削加工脆塑转变和材料去除机理研究（51761135106）”，直接经费180万元，研究期限为2018.01-2020.12。本项目联合德国鲁尔大学、中国哈尔滨工业大学和天津大学、日本名古屋大学等材料与机械加工领域的多名学者，开展多学科间合作，共同完成本项目的研究工作。其中，德方已同时获批德国DFG科学基金经费40万欧元，可以共同完成本选题的研究工作。

七、招生计划申报导师确认

表中所填内容经本人确认属实。

导师签字：年 月 日

八、所在单位党支部意见：

党支部书记签字：年 月 日

九、所在院（系）党委（党总支）意见：

☐ 同意申报 ☐ 不同意申报

党委（党总支）书记签字：年 月 日

十、院（系）意见

☐ 同意招生计划，且建议给予 个博士生招生名额

☐ 不同意招生计划

其他需要特殊说明事项：

院长（系主任）签字：年 月 日

十一、研究生院审核备案意见

负责人签字（盖章）：年 月 日