

研究生学术论坛

动力装备设计高水平创新团队

上海理工大学 机械工程学院

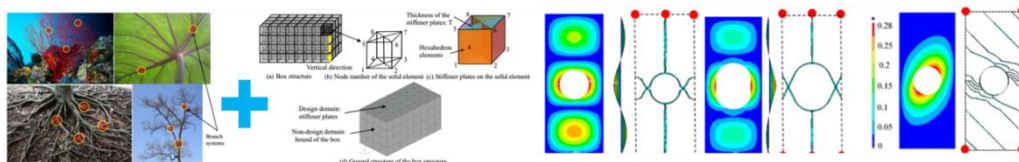
2023年6月18日

创新团队基本情况

本团队以国家和上海市先进制造业发展和创新人才需求为导向，以动力装备设计若干关键技术达到国际先进、国内领先，培养具有创新设计思维及理念、掌握先进设计技术的创新人才为目标，长期聚焦以下重点研究方向，取得一系列创新成果。

(1) **动力装备结构优化设计技术**：针对高性能动力装备的技术需求，基于结构优化设计技术和仿生设计原理，原创性地提出了装备仿生结构优化设计技术，突破了传统设计方法无法基于性能要求自动设计得到最优装备结构的局限，在装备结构轻量化设计、抗振及抗冲击设计、可靠性设计、热管理设计等方面取得多项原创性创新成果：在轻量化设计中，提出了多尺度轻质高刚仿生结构的设计方法并应用于多种产品的结构设计中；在抗振及抗冲击设计中，开发了多款隔振产品，通过多项国防科工局组织的成果鉴定；在热管理设计中，研发了宏微观双尺度的高效散热液冷板，实现高热流密度的热量收集和散热。研究成果曾获得 2016 年上海市技术发明二等奖等多项省部级科技奖励。

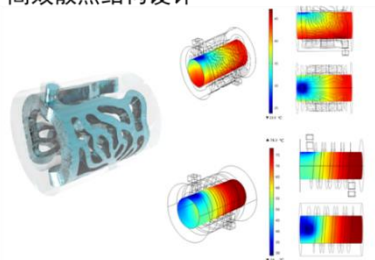
1. 轻质仿生结构设计



2. 材料-结构-性能一体化设计制造



3. 高效散热结构设计

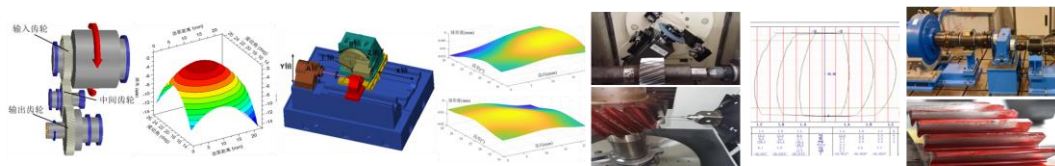


(2) **动力装备传动设计技术**：传动既是动力装备运转速度的调节器，也是传递力的放大器，是中国制造 2025 强基工程以及智能制造技术领域中的重点研究方向。本团队在世界上率先研究并提出了误差齿轮弹性啮合理论，

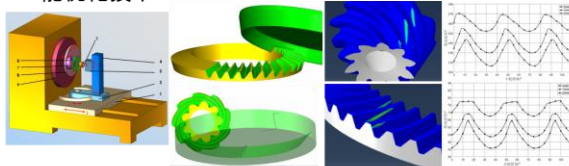
突破传统的经典几何齿轮啮合理论，完成了具有自主知识产权的齿轮设计与优化软件，可快速得到最佳设计齿面。其中齿轮振动激振力指标值的开发，攻克了评判齿轮振动噪声大小指标值这一世界难题，属于国际首创。进一步把齿轮动态性能仿真软件与齿轮磨削软件集成起来，开发成功拥有完全自主知识产权的精密齿轮磨削中心，首次实现了齿轮由原来的面向图纸制造到面向性能制造的飞跃，真正实现了齿轮的设计、仿真分析、加工制造、在线检测等齿轮关键技术链的集成化。相关齿轮产品降低齿轮噪声 3 至 5 分贝，齿轮寿命提高 30%以上。

研究方向：高性能齿轮装备设计与减振降噪技术研究

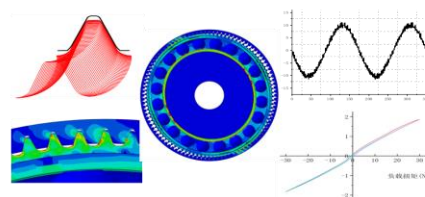
1. 渐开线齿轮 设计-虚拟制造-加工测量-传动测试一体化方案



2. 螺旋锥齿轮 设计-虚拟制造-传动分析与性能优化技术

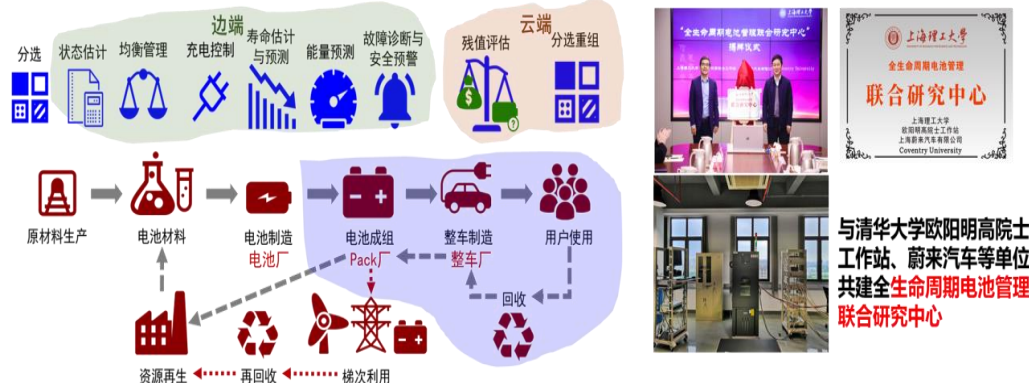


3. 谐波减速器 设计-传动分析与性能优化



(3) **动力驱动设计技术**：针对动力装备驱动系统节能与新能源化的需求，基于新能源动力装备驱动系统构型匹配、建模、优化与控制技术，致力于新能源动力装备驱动系统和储能锂电池系统的匹配、管理与控制，聚焦新能源动力装备驱动系统力-热-电-磁多场耦合下可靠性设计与安全管理等核心问题，重点研究动力系统匹配与控制技术，先进燃烧及排放控制技术，动力系统能量管理与热管理技术，动力电池可靠性评价与预测技术，以及动力系统轻量化设计与服役寿命评估技术。研究成果在上汽集团、华为等公司得到应用。主持制定国家标准 1 项，参与制定行业标准 2 项。研究成果曾获得 2018 年上海市技术发明二等奖、2022 年上海市自然科学二等奖以及省部级三等奖 4 项。

面向电动汽车与储能等行业，对动力电池系统的全生命周期管控理论及方法研究，建立全生命周期机-电-热综合管理方法，构建电池状态感知新框架，探究电池均衡决策与延寿新方法，提出电池典型故障早期识别与预报方法，建立废旧电池梯次利用与材料回收新路线，评价电池全生命周期碳排放及可持续发展。



(4) 水下机器人与智能系统：团队以上海市“水下工程检测”

专业技术服务平台和上海市“水下机器人工程”技术创新中心为科研基地，将现代人工智能理论与水下机器人系统相结合，研究水下机器人关键与共性技术，研发新型水下机器人系统。团队主持完成与在研国家 863 计划项目与重点研发计划课题 4 项，主持国家自然科学基金重点项目 3 项，主持国家自然科学基金面上青年基金 15 项以上；主持上海市科委重大重点等省部级课题 30 项以上；JKW 项目 4 项，以及企业委托课题 30 项以上。年均到账科研经费 700 万元以上。团队每年发表 SCI 期刊论文 20 篇以上，已授权发明专利 50 项以上，出版专著 7 部，获中国航海学会科技进步一等奖 1 项，上海市科技进步二等奖 4 项，三等奖 2 项。自主研发的“智海金枪鱼”号 AUV，“海寻”号 ROV 和智能船舶清洗机器人已在企业定制生产。



团队负责人：丁晓红；论坛组织、会务：丁晓红、王神龙、李大伟、吴薇

学术论坛日程安排

时间	报告题目	报告人	指导教师	主持人
13:00-13:10	开幕式			丁晓红
13:10-13:40	业精于勤 文成于思——浅谈如何写高水平学术论文	来鑫		褚振忠
13:40-14:00	多 AUV 编队规划与安全避障	庞文	朱大奇	
14:00-14:20	基于机器学习的锂离子电池电化学阻抗谱高精度在线重构及应用	朱佳俊	来鑫	
14:20-14:40	漂浮式海上风力机全耦合振动与混沌抑制及应用	秦波	张建平	
14:40-15:00	气动双稳态装置驱动的仿喷水推进软体机器人	乔增	王神龙	
15:00-15:10	中场休息			
15:10-15:30	机器人视觉检测系统误差传递机理建模与应用研究	赵文政	刘银华	王神龙
15:30-15:50	高速飞行器轻量化复合结构拓扑优化设计	王谦	丁晓红	
15:50-16:10	运行数据驱动的电驱可靠性动态评估方法研究	王震	赵礼辉	
16:10-16:30	等几何接触分析及应用	尚延鹏	陈龙	
16:30-16:50	轴承故障多通道特征可视化智能解析表征及应用	胡雯玥	袁静	

学术论坛地点：先进制造大楼主楼 103 会议室

报告一

业精于勤 文成于思——浅谈如何写高水平学术论文

报告人：来鑫 副教授

摘要：学术论文是创新性研究工作成果的科学论述/记录总结，是知识传播、科学交流与成果推广的重要载体。本报告结合报告人多年论文发表及评审的经验，介绍高水平学术论文的撰写方法及发表流程，特别对子刊进行介绍并分享发表的点滴经验。

报告人：来鑫 副教授、博导

简介：来鑫，男，工学博士，副教授，博士生导师。近年来主持国家自然科学基金项目 3 项（面上项目 2 项、青年基金 1 项）、上海市自然科学基金面上项目 1 项。发表高水平 SCI 论文近 70 篇（其中以第一或通讯作者发表 SCI 论文超过 50 篇），一区论文超过 30 篇，Google Scholar 总引 2400 余次，H 因子 26，9 篇论文入选 ESI 高被引论文，合著学术专著 1 本，入选 2022 年度全球前 2% 顶尖科学家(World's Top 2% Scientists2022)。



报告二

多 AUV 水下编队重构与避障控制技术

报告人：庞文（博士后）

合作导师：朱大奇 教授、汪中厚 教授

摘要：本研究以多自主水下航行器 (Autonomous Underwater Vehicle, AUV) 为研究对象，基于图论、仿射变换 (Affine Transformation, AT) 理论、改进人工势场 (Improved Artificial Potential Field, IAPF) 和扰动流体动态系统 (Interfered Fluid Dynamical System, IFDS) 等理论工具，深入系统地研究多 AUV 水下编队控制理论与技术，包括编队生成与保持，编队重构与避障控制，以及时变海流干扰下的编队避障等。主要包括以下几个方面：(1) 基于刚性图论、反步控制技术和仿射变换相结合的多 AUV 编队控制算法，实现编队形状的变换。可以实现编队的变换包括编队移动、收缩、剪切和旋转。解决基于距离的刚性结构编队变换灵活性差的问题。(2) 在多 AUV 编队控制基础上，针对多 AUV 二维和三维编队重构避障问题，结合改进人工势场 (IAPF) 方法，设计基于改进人工势场和仿射变换 (IAPF-AT) 算法的编队重构避障控制器，实现编队重构避障。(3) 针对人工势场避障算法中，存在局部死区，目标不可达的局限性，设计基于扰动流体动态系统和仿射变换 (IFDS-AT) 的多 AUV 编队重构避障方法。基于流水避石，在规划多 AUV 航行路径时，原理清晰简单，计算量小，较其他算法计算效率要高，同时，规划的避障路径具有较强的连续性，平顺光滑，在复杂二维和三维环境均适用。(4) 针对多 AUV 的编队航行和避障问题，充分考虑时变海流对编队的影响，设计海流扰动观测器，以实现洋流干扰下的多 AUV 编队重构避障。(5) 搭建基于多仿生机器鱼的编队控制平台，通过相应的水池实验，分别进行多机器鱼编队形成及保持实验，编队重构实验，以及编队避障实验，以证明相应设计方法的可行性和有效性。

赞助基金：国家自然科学基金项目 (62033009、U1706224)，国家重点研发计划项目 (2021YFC2801300)，东海实验室科学基金 (DH-2022KF01013)，上海市科委创新活动计划 (20DZ1206700、21DZ2293500、20510712300)



报告三

锂离子电池全生命周期全频域阻抗谱在线重构

报告人：朱佳俊（博士生）

导师：来鑫 副教授

摘要：阻抗谱测量需要专门的测量仪器，在车端或云端在线实时获取电池的 EIS 具有较高难度及技术挑战，如香农采样定理和电池复杂的实际工况，限制了便携式电子设备和电动汽车等技术的发展。本文提出了一种全新并快速准确的锂离子电池全频域 EIS 重构方法，此法将分数阶电路模型与中值滤波神经网络机器学习相结合，通过低频采样的任意工况短时数据快速准确重构出电池此状态下的全频域 EIS 曲线。本文利用在不同荷电状态和健康状态下收集的 1000 多个负载配置文件进行实验验证，预测的均方根误差在 $1.1 \sim 2.1 \text{ m}\Omega$ ，实现了从短时间动态工况中获取全频域的 EIS 曲线。

基金赞助：基于电化学特征在线映射与多源迁移的锂离子电池老化行为建模、强化与预测方法研究，国家自然科学基金面上项目



报告四

漂浮式海上风力机全耦合振动与混沌抑制及应用

报告人：秦波（博士生）

导师：张建平 教授

摘要：漂浮式海上风力机作为一项重要的可再生能源技术，面临着海洋环境不稳定性和风浪扰动引起的振动与混沌运动的挑战。本研究建立风力机的全耦合振动模型，揭示风机叶片振动不稳定机理，优化设计浮式基础来抑制整机混沌运动。并通过数值验证模型合理性，结果表明该方法能有效抑制风力机的混沌运动现象，提高其稳定性和可靠性。本研究对改善漂浮式海上风力机的性能，进而推动海上风电技术的可持续发展具有重要意义。

基金资助情况：国家自然科学基金项目(12172228, 11572187)、上海市自然科学基金项目(22ZR1444400)、上海市科学技术委员会项目(22dz1206005, 22dz1204202)、上海市新能源智能运维专业技术服务平台(22DZ2291800)。



报告五

气动双稳态装置驱动的仿喷水推进软体机器人

报告人：乔增（硕士生）

导师：王神龙 副教授

摘要：软体机器人作为新兴的机器人领域，具有较强的研究和应用价值。相比于传统刚性机器人，软体机器人因其独特的材料特性、结构设计以及驱动方式，在面对极端复杂的工作环境时更具安全共融性。本研究基于双稳态结构无需持续供能、响应迅速的特点，将双稳态驱动装置应用到仿喷水推进软体机器人的驱动之中。首先，制作了两端夹紧预弯曲、弹力带拉伸预弯曲两种双稳态驱动装置，表现出结构简单、驱动力稳定输出等优点。其次，将乌贼和水母作为仿生对象，设计出两种样机结构，可以实现仿生样机的带缆绳、无缆绳喷射流游动。最后，对仿生样机进行游动测试分析，验证所制作的两种仿生软体机器人的实际游动性能。实验表明，仿乌贼样机在双稳态装置驱动下可以达到 8.7 cm/s (0.58 BL/s) 的运动速度；仿水母样机在带缆绳状态下的游动速度可达 3.8 cm/s (0.32 BL/s)，无缆绳状态下游动速度可达 4.7 cm/s (0.38 BL/s)。两种样机均具有一定的负重能力，相较于其它驱动方式的软体机器人展现出优异的游动性能。

基金赞助：1. 国家自然科学基金面上项目，“极端载荷作用下非线性随机系统的响应和可靠性：理论与应用研究” (No. 12172226) .

2. 国家自然科学基金青年项目，“高静水压下介电高弹聚合物力电耦合建模与结构设计” (No. 12102398) .



报告六

机器人视觉测量系统的几何误差机理建模与应用研究

报告人：赵文政（博士生）

导师：刘银华 教授

摘要：机器人视觉测量系统因其非接触、灵活性好、对制造环境适应性强等优点在汽车、航空航天等领域受到广泛应用。然而，与高精度接触式三坐标测量机相比，测量精度问题是限制其进一步应用的主要原因。本研究针对机器人视觉测量系统误差建模与精度控制问题。提取机器人位姿误差、手眼位姿误差、视觉传感器成像等多源误差，研究机器人视觉测量系统的误差传递建模方法，揭示多源几何误差到测量系统误差间的传递机理。在上述建模基础上，提出了同时标定系统几何参数的方法和考虑测量不确定度约束下的最优测量位姿优化方法，实现机器人视觉测量系统的测量误差控制。具体研究包括：

1) 机器人视觉测量系统测量误差传递建模。对机器人视觉测量系统运动链进行分析，构建包括机器人位姿误差、手眼位姿误差、视觉传感器成像误差与测量误差的传递模型，为后续几何参数标定和位姿优化提供理论基础。

2) 机器人视觉测量系统几何参数同时标定方法。在上述误差传递模型基础上，同时考虑手眼标定方程中机器人位姿误差、手眼位姿误差和传感器成像误差建立球心约束目标函数。提出基于最小二乘法实现视觉测量系统几何参数同时标定，消除几何误差在多源误差间传递。

3) 考虑测量不确定度约束下的机器人视觉测量系统位姿优化。研究以全局测量误差最小为目标，以测量不确定度、测量重叠率、关节极限、速度极限、碰撞规避为约束条件的全局测量优化模型构建方法，提出了迭代最优的测量位姿优化方法。

最终，结合车身实体零件进行测量应用，验证所提出几何参数标定和位姿优化方法的有效性。该研究将为复杂产品的视觉测量系统误差控制和测量路径规划提供理论基础。

基金资助情况：国家自然科学基金面上项目（51875362），上海市自然科学基金项目（21ZR1444500），上海市浦江人才计划（22PJD048）



报告七

高速飞行器轻量化复合结构拓扑优化设计

报告人：王谦（博士生）

导师：丁晓红 教授

摘要：三明治结构具有高刚轻质的特点，广泛应用于航空航天领域。粉末颗粒阻尼器是一种基于增材制造的新型减振结构，通过粉末之间以及粉末与壁面之间的碰撞能量损失实现减振。提出一种高速飞行器三明治阻尼复合结构芯层骨架-外层蒙皮厚度-粉末颗粒阻尼器位置协同拓扑优化方法，用以提升三明治结构的轻量化、承载和减振性能。首先，通过实验设计和均匀化方法获得粉末颗粒阻尼器的阻尼特性和等效力学模型；其次，利用基于自然界生物分支结构形态形成机理的自适应成长法，优化芯层骨架的布局，并针对有重心位置要求的结构提出了考虑重心坐标位置约束的三明治阻尼复合结构拓扑优化方法；为了进一步提高结构的减振性能并实现轻量化，以骨架布局、变厚度蒙皮以及粉末颗粒阻尼器位置为要素对三明治阻尼复合结构进行协同拓扑优化设计。以高速飞行器舵面结构为例，进行优化设计，设计结果表明，在进一步轻量化的同时，结构的抗振性能得到显著提升。所提出的设计方法创新性地采用内置粉末颗粒阻尼器为减振手段，结合三明治阻尼复合结构芯层骨架和外层蒙皮厚度的协同优化，为三明治阻尼复合结构的设计提供了一种新思路。

基金资助情况：国家自然科学基金（51975380）



报告八

运行数据驱动的电驱可靠性动态评估方法研究

报告人：王震（博士生）

导师：闫楚良 院士；副导师：赵礼辉 副教授

摘要：电驱动系统作为新能源汽车核心动力来源，其可靠性直接影响整车行驶的安全性。随着电驱动系统集成化程度高其内部多部件耦合失效机理复杂，在大数据背景下其外部用户行为及工况载荷等不确定性因素都会影响电驱动系统性能退化状态及可靠性评估。传统的以失效概率或可靠度估计的方法难以适用于时变工况下电驱动系统可靠性动态评估问题。因此，如何实现电驱在运行状态下性能退化程度的动态感知，并对各部件短期运行风险进行合理预测，对其健康监测和寿命管理至关重要。本报告主要从当前电驱动系统可靠性评估方面面临的关键问题出发，介绍一种基于运行数据驱动的电驱可靠性动态评估方法。

基金赞助情况：国家重点研发计划项目（2018YFB0104802）资助；国家自然科学基金（51705322）资助。



报告九

等几何接触分析及应用

报告人：尚延鹏（博士生）

导师：陈龙 教授

摘要：传统有限元法受限于拉格朗日插值函数特性，“以直代曲”的离散模式使得单元间一阶导数不连续，接触法线不唯一，导致接触应力产生虚假动荡，降低分析精度。此外，在进行网格离散时，需多次细化才能较好的表征接触表面，导致刚度矩阵维数增多，计算量增大。因此，计算精度与求解效率的平衡一直是传统有限元法不可回避的重要问题。相比来看，等几何分析以 NURBS 基函数为形函数，可实现计算单元间高阶导数连续，边界描述更光滑，接触法线唯一，消除了应力虚假震荡现象。同时，设计模型即为分析模型，不存在离散误差，克服了传统有限元法网格划分繁琐，数据转换失真等局限性。鉴于此，本报告拟从接触理论出发，对等几何接触分析进行阐述，并以齿轮接触分析为例，探讨等几何接触分析的工程应用性。

基金资助情况：国家自然科学基金项目，基于全参数化无网格特征模型的复杂机械结构一体化正向设计方法（52075340）



报告十

轴承故障多通道特征可视化智能解析表征及应用

报告人：胡雯玥（硕士生）

导师：袁静 教授

摘要：多个传感器采集的多通道信号比单通道信号包含更丰富的设备状态信息，挖掘信号间存在的潜在结构信息，有利于提高复杂结构故障诊断的准确性。然而，多通道信号的并行处理仍然具有较高的挑战性。针对工程实际采集的振动信号包含大量噪声及多故障特征的特点，以滚动轴承为研究对象，提出轴承故障多通道特征可视化智能解析表征方法。该方法首先提出奇异熵增量截断高阶奇异值分解的多通道信号同步降噪方法，以作为特征表征前的预处理手段，提高后续表征的准确性。其次，基于降噪后信号设计多层自适应 K 值的多元模态分解方法，以多通道滤波树的形式实现对多通道多特征信号的同步自适应滤波及分解。最后，受塔形峭度图启发，计算多通道信号在多维滤波树框架下敏感健康特征指标最优值，设计包含特征源、多元 IMF 输出、多尺度值和敏感健康特征最优值四类元素的层叠式多维塔形特征魔方图，最终根据魔方图，选择并输出多通道信号的最优分析结果，实现轴承多故障特征的分离与识别。通过可重复的仿真及两个实验案例，验证该方法的实用性和有效性。结果表明，该方法能够成功揭示仿真及实验轴承的多故障特征，并有效识别机车轮对轴承中的复合故障。

基金资助情况：国家自然科学基金项目，高精度长寿命空间指向机构健康状态识别与运行品质（51975377）

