

# 申报 2022 年度中国振动工程学会科学技术奖公示

**项目名称：**加工振动正反问题基础理论及技术应用

**提名单位（提名专家）：**东北大学

**主要完成单位：**东北大学

**项目简介：**

航空发动机叶轮叶片的加工振动是影响加工效率和加工质量的关键因素，即是科技前沿关键科学问题，也是常受“卡脖子”之困的关键技术。由于航空叶轮既有难加工材料的特性又具有复杂形状的零件，如何有效利用振动和抑制颤振现象的发生已成为关键科学问题和关键技术，其中加工振动反问题是抑制加工颤振发生，主要目的是提高加工效率；加工振动正问题是利用超声振动辅助加工，主要目的是提高加工质量。在航空叶轮的加工振动正反问题基础理论研究过程中，有效解决叶轮叶片加工效率和加工质量的科学问题和技术难题，因此正反问题解析作用效果及影响规律具有一定理论研究价值和应用前景。

本成果在国家自然科学基金、辽宁省“兴辽计划”青年拔尖人才、辽宁省重点实验室、教育部科研业务费等多个项目支持下，先后提出基于过程阻尼效应的五轴车铣加工动力学理论模型及颤振稳定性诊断控制方法、超声振动辅助加工过程中刀具-工件之间接触率模型，同行专家都给予高度评价。

研究内容及科学意义如下：

（1）首次提出基于过程阻尼效应的五轴车铣加工动力学理论模型及颤振稳定性诊断控制方法。构建基于过程阻尼效应的加工动力学理论模型，并确定五轴车铣加工颤振稳定域及工艺参数优化方法。通过定量分析多源信号在不同切削过程中各信号的重要程度，建立以精度和速度为响应目标的叶轮加工颤振稳定性实时辨识模型，提出变分模态分解与能量熵结合方法评价颤振指标，揭示不同信号对加工状态精确表征的影响程度。

（2）首次提出超声振动辅助加工过程中刀具-工件之间接触率模型。构建了超声振动辅助铣磨加工过程中刀具-工件之间接触率模型、叶片复杂曲面加工接触区时变应力和相对速度分布模型，揭示了超声振动辅助铣削微织构表面纹理的形成机理，将超声振动赋能和最小微量润滑技术融合，成功解决了难加工材料铣削加工区温度过高的问题，并实现超声振动铣削加工的加工参数和振动参数的合理匹配与优化。

（3）提出有限元离散化单元算法及复杂曲面分域加工与轨迹优化方法。依据薄壁件几何形状特征及模态参数变化特点，采用有限元离散单元法计算刀具-工件相对传递函数的动态特性。根据叶片型线特点及形状变化特征，采用复杂曲面分域加工与轨迹优化方法，提出解析测量曲面与理论曲面的误差模型，有效解决复杂曲面的加工变形及时变性等难题。

主要完成人情况表:

姓名	排名	技术职称	工作单位	完成单位	对本项目重要科学发现的贡献
朱立达	1	教授	东北大学	东北大学	1.提出基于过程阻尼效应的五轴车铣加工动力学理论模型及颤振稳定性诊断控制方法; 2. 提出超声振动辅助加工过程中刀具-工件之间接触率模型及曲面特征解析; 3. 有限元离散化单元算法及曲面分域加工与轨迹优化。
刘长福	2	副教授	辽宁石油化工大学	东北大学	提出变分模态分解和能量熵的颤振检测方法
倪陈兵	3	副教授	青岛理工大学	东北大学	提出超声振动辅助加工过程中 铣刀-工件之间接触率模型及轨迹优化
杨志超	4	博士生	东北大学	东北大学	提出加工过程接触率模型及工艺参数优化方法
阎伯苓	5	博士生	东北大学	东北大学	提出解析测量曲面与理论曲面的误差模型、复杂曲面分域加工与轨迹优化方法

代表性论文（专著）目录：

序号	论文、专著	影响因子	年卷页码 年（卷）:页码	发表年月	通讯作者/第一作者 (中文名)	SCI 他引次数	他引 总次数	是否国内完成
1	Chatter detection in milling process based on VMD and energy entropy/ MECHANICAL SYSTEMS AND SIGNAL PROCESSING/ Liu, Changfu; Zhu, Lida*; Ni, Chenbing	8.9	2018年,第105卷,169页-182页	2018年5月15日	朱立达/刘长福	107	122	是
2	Recent progress of chatter prediction, detection and suppression in milling[J], Mechanical Systems and Signal Processing,/Lida Zhu*, Changfu Liu.	8.9	2020年,第146卷,1-37页	2020年7月	朱立达/朱立达	80	82	是
3	Analytical modeling of tool-workpiece contact rate and experimental study in ultrasonic vibration-assisted milling of Ti-6Al-4V / INTERNATIONAL JOURNAL OF MECHANICAL SCIENCES / Chenbing Ni, Lida Zhu*, Changfu Liu, Zhichao Yang	6.7	2018年,第142卷,97-111页	2018年7月	朱立达/倪陈兵	67	69	是
4	Review of ultrasonic vibration-assisted machining in advanced materials/International Journal of Machine Tools and Manufacture/Zhichao Yang, Lida Zhu, Guixiang Zhang, Chenbing Ni,Bin Lin	10.3	2020年,第156卷,1-34页	2020年6月	朱立达/杨志超	117	123	是
5	Investigation on chatter stability of thin-walled parts considering its flexibility based on finite element analysis/ INTERNATIONAL JOURNAL OF ADVANCED MANUFACTURING TECHNOLOGY/ Yang Ding, Lida Zhu*	3.56	2018年,第94卷,第9-12期,3173-3187页	2018年2月	朱立达/丁洋	43	46	是

6	Investigation on machining characteristics of TC4 alloy by simultaneous application of ultrasonic vibration assisted milling (UVAM) and economical-environmental MQL technology/Journal of Materials Processing Technology/Chenbing Ni, Lida Zhu	6.19	2020年,第278卷,1-12页	2020年4月	朱立达/倪陈兵	30	33	是
7	Inspection of Blade Profile and Machining Deviation Analysis Based on Sample Points Optimization and NURBS Knot Insertion/Thin-Walled Structures/ Lida Zhu, Boling Yan	5.88	2021年,第162卷,1-12页	2021年5月	朱立达/朱立达	4	4	是
8	超声振动辅助铣削钛合金铣削力信号及切屑特征研究/机械工程学报/倪陈兵、朱立达	2.4	2019年,第55卷,第7期,207-216页	2019年7月	朱立达/倪陈兵	29	29	是