**项目名称：**电主轴转子-轴承系统动态性能主动调控关键技术与方法

**完成人（限11人）：**樊红卫，许涛，景敏卿，徐光华，刘恒，张旭辉，辛文辉，马宏伟，毛清华

**完成单位（所有单位）：**西安科技大学，西安交通大学，西安理工大学

**项目简介：**针对高档数控机床高速精密电主轴动态性能主动调控问题，从转子在线主动平衡和轴承主动预紧两个层面，开展了系统深入地理论研究和技术开发，在ZYS-170MD12Y16和150MD36Q11两个主要型号磨削电主轴上进行了试验考核，证明了技术与方法的有效性。(1)提出了一种“五气隙、方波驱动”的新型含永磁体固定半径极坐标式电磁圆环形主动平衡器，从结构设计、磁场分析、力矩计算、驱动优化和主动控制方面深入探究了系统设计与控制的基础性关键问题，首次实现了电主轴和平衡器一体化主动集成，试验确认了系统是可行且有效的。(2)以轴承预紧与动态特性的调控关系为基础，构建了任意速度激励的轴承预紧作用与动态控制模型，表征了预紧对轴承动力学影响规律；综合考虑速度激励下轴承服役性能与预紧力作用规律，研究了复杂工况下电主轴轴承预紧主动调控方法和服役性能自适应优化技术，试验验证了预紧力动态优化对轴承摩擦和振动影响关系，证明了预紧优化可有效改善服役性能。成果对提高电主轴动态精度、可靠性和促使其转子-轴承系统动态性能的在线自适应增长具有重要意义。

**主要知识产权目录：**

1. 文章（限15篇）（文章的第一作者、通讯作者必须为奖励申报完成人）

发表SCI检索期刊论文4篇，EI检索期刊论文6篇，EI检索高水平会议论文2篇，中文核心期刊等3篇。

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 文章题目 | 期刊名称 | 作者（所有人） | 发表时间 | 完成单位（所有） |
| New machine tool motorized spindle integrated with one electromagnetic ring balancer driven by optimal square wave | Proceedings of The Institution of Mechanical Engineers Part C-Journal of Mechanical Engineering Science | Hongwei Fan, Minqing Jing, Heng Liu, Tingting Yang | 2015, 229(8):1509-1522 | 西安交通大学 |
| New electromagnetic ring balancer for active imbalance compensation of rotating machinery | Journal of Sound and Vibration | Hongwei Fan, Minqing Jing, Renchao Wang, Heng Liu, Jingjuan Zhi | 2014, 333(17): 3837-3858 | 西安交通大学 |
| An optimum preload method for machine tool spindle ball bearings | Proceedings of The Institution of Mechanical Engineers Part B-Journal of Engineering Manufacture | Xu Tao,Xu Guanghua,Zhang Qing,Zhang Sicong,Luo Ailing | 2016.11, 230(11):2016-2025 | 西安交通大学 |
| A preload analytical method for ball bearings utilizing bearing skidding criterion | Tribology International | Xu Tao,Xu Guanghua,Zhang Qing,Hua Cheng,Tan Haihui, Zhang Sicong,Luo Ailing | 2013.11,67:44-50 | 西安交通大学 |
| 磁力配重型在线自动平衡头的作动原理研究 | 西安交通大学学报 | 樊红卫，景敏卿，王仁超，刘恒 | 2013, 47(2): 97-102 | 西安交通大学 |
| 结构参数对磁力平衡头自锁和启动力矩的影响研究 | 振动与冲击 | 樊红卫，景敏卿，王仁超，刘恒，辛文辉 | 2014, 33(3): 96-101 | 西安交通大学，西安理工大学 |
| 一种电磁式自动平衡头设计计算与响应试验 | 振动.测试与诊断 | 樊红卫，景敏卿，王仁超，刘恒，辛文辉，智静娟 | 2014,34(5):807-811,971 | 西安交通大学，西安理工大学 |
| 转子在线自动平衡嵌入式控制系统开发与验证 | 振动.测试与诊断 | 樊红卫，景敏卿，智静娟，辛文辉，李猛，刘恒 | 2015,35(4):746-751 | 西安交通大学，西安理工大学 |
| 主动混合式砂轮-电主轴系统自动平衡装置研究综述 | 振动与冲击 | 樊红卫，景敏卿，刘恒 | 2012, 31(5): 26-30, 41 | 西安交通大学 |
| 提高电磁平衡头运动平稳性的驱动参数优选方法 | 电机与控制学报 | 杨婷婷，景敏卿，樊红卫，刘恒 | 2015,19(5):14-20 | 西安交通大学 |
| An online automatic balancing system to actively reduce vibration of machine tool motorized spindle | Proceedings of the ASME 2014 International Mechanical Engineering Congress & Exposition | Hongwei Fan, Jing Minqing, Zhi Jingjuan, Liu Heng, Xin Wenhui | 2014.11.14-20, Montreal, Canada, oral paper | 西安交通大学，西安理工大学 |
| Magnetic Field Establishment Simulation of Electromagnetic Active Balancing Mechanism | 13th International Conference on Ubiquitous Robots and Ambient Intelligence | Hongwei Fan, Xuhui Zhang, Minqing Jing, Ling Xiao, Qinghua Mao, Heng Liu | Xi’an, China, 2016.08.19-2016.08.22 | 西安科技大学，西安交通大学 |
| Development and Study on Automatic Balancer Based on Counter Weight by Magnetic Force | Engineering Sciences | Liu Heng, Fan Hongwei, Jing Minqing, Wang Renchao, Zhi Jingjuan | 2013, 11(1): 35-38 | 西安交通大学 |
| 含永磁体电磁式在线主动平衡装置自锁磁场有限元分析 | 机床与液压 | 樊红卫，张旭辉，景敏卿，马宏伟，刘恒，毛清华 | 2017, 45(4): 1-5 | 西安科技大学，西安交通大学 |
| 电主轴用电磁式主动平衡装置启动磁场仿真分析 | 磁性材料及器件 | 樊红卫，景敏卿，张旭辉，刘恒，马宏伟，毛清华 | 2017, 48(2): 18-24 | 西安科技大学，西安交通大学 |

1. **专利&软著**

授权3项中国发明专利，3项中国软件著作权。

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 专利（软著）名称 | 完成人 | 权人 | 专利（软著）号 |
| 一种在线主动动平衡测控装置及测控方法 | 景敏卿，樊红卫，尹明泉，刘恒 | 西安交通大学 | ZL201210363937.6 |
| 一种自平衡电主轴综合性能试验平台 | 景敏卿，樊红卫，刘恒，吴腾庆，王仁超，智静娟，倪大军，杨婷婷 | 西安交通大学 | ZL201310173655.4 |
| 一种在线磁平衡头励磁线圈的驱动装置 | 景敏卿，辛文辉，樊红卫，李猛，刘恒 | 西安交通大学 | ZL201210336731.4 |
| 在线动平衡远程监测与主动控制软件V1.0 | 景敏卿，樊红卫，尹明泉，刘恒，智静娟 | 西安交通大学 | 2012SR075346 |
| 转子振动监测、分析、平衡与预警软件V2.0 | 景敏卿，樊红卫，刘恒，智静娟，倪大军 | 西安交通大学 | 2013SR025798 |
| 基于影响系数法的现场单面动平衡软件V1.0 | 景敏卿，史必佳，樊红卫，王锦，刘恒 | 西安交通大学 | 2015SR045069 |