

2024 年度青岛市自然科学奖提名公示信息

项目名称	复杂过程工况异常检测与智能诊断关键技术		
提名者	山东科技大学	提名等级	二等奖
提名意见	该成果针对复杂工业生产中的多工况、强干扰、大滞后等造成的异常工况难以检测，异常工况引发的故障难以识别等问题，构建了保障生产高效、稳定的异常工况智能检测、异常监控和故障隔离方法:突破现有异常工况检测、监控理论的局限性，取得了以下创新性成果： (1)揭示了融合时域和频域的异常特征提取的有效性，提出异常数据缺失情况下的物质属性异常监测方法。 (2)揭示了基于有偏估计理论的智能检测方法原理:建立了随机扰动概率分布未知情况下等价空间向量与故障检测性能指标的一体化设计框架。 (3)提出了融合机理和数据知识的故障诊断模型构建方法，构建了基于最小错误最小最大概率学习机的异常工况隔离方案。 推荐该项目为 2024 年度青岛市自然科学奖二等奖。		
项目简介	复杂工业系统异常工况的智能检测、质量异常监控及故障隔离是大型、高端复杂工业系统高效运行的重要保障，受到学术界和工业界的极大关注。工业系统及其运行过程工况异常监控提高了生产过程对产品品质控制的安全性，是工业产品品质控制的前提；异常工况的隔离提高了生产的可靠性和稳定性，是系统高效、稳定运行的基石。近年来，随着工业系统的复杂性越来越高，传统的故障检测、诊断和隔离方案已不能适应实际需求。随着信息技术、机器学习、人工智能等与生产过程的深度融合，异常工况智能检测、质量异常监控、异常工况隔离方案逐步升级，其复杂性和规模性急剧增加，呈现非线性、多工况等动态特征；大滞后、强干扰、高维度等数据特征；这对传统的故障诊断和异常监控理论和技术带来了极大的挑战。数据驱动技术的发展推动了智能监测在工业系统中的应用，是大型高端装备先进生产控制方案顺利实施的重要基石，相关理论与应用研究已成为信息领域的前沿热点。 项目组成员长期致力于复杂工业系统关键参数智能检测、异常工况监测、故障诊断等领域的理论和应用研究。近年来，在山东省自然科学基金、国家自然科学基金、中国博士后科学基金等项目支持下，围绕智能检测、异常工况监测、以及故障诊断等方面取得了一系列突出成果。主要理论和应用创新点为： 1) 揭示了融合时域和频域信息的故障敏感特征提取原理，分析了不依赖故障标签数据构建异常工况监测模型的可行性；基于证据 k 近邻构建了数据不平衡条件下的复杂系统异常工况的监测模型。 2) 分析了概率分布未知条件下智能检测与故障分析模型构建的可行性，提出基于有偏估计的关键参数智能预测方法；针对随机扰动概率分布未知的情况，基于随机化方法建立了残差样本、阈值、故障检测误报率及其置信度之间的解析关系。 3) 分析了在未知输入概率分布下故障分离精度估计的可行性，构建了基于等价空间的故障分离算法与故障可分离性指标之间的集成设计框架，提出了一种基于最小误差最小最大概率机的故障分离方法。 项目组在相关领域发表 SCI 学术期刊论文 100 余篇，5 篇代表性论文的 SCI-E 他引 100 余次，获得包括国内外多位院士团队和 IEEE Fellow 在内的一批学者的高度评价。项目完成人中 1 人入选山东省泰山学者特聘教授。		

代表性论文专著目录							
序号	论文（专著）名称	刊名（出版社）	Doi / ISBN	发表时间	作者（按刊物发表顺序）	通讯作者（含共同）	第一作者（含共同）
1	Anomaly Detection and Early Warning Via a Novel Multiblock-based Method with Applications to Thermal Power Plants	Measurement	Doi: 10.1016/j.measurement.2022.110979	2022.04	贺凯迅, 王涛, 张方坤, 金鑫	贺凯迅	贺凯迅
2	An Improved Fault Diagnosis Method of Rotating Machinery Using Sensitive Features and RLS-BP Neural Network	IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement	Doi: 10.1109/TIM.2019.2913057	2020.04	鲁其东, 杨瑞, 钟麦英, 王友清	钟麦英	鲁其东
3	Biased Minimax Probability Machine-Based Adaptive Regression for Online Analysis of Gasoline Property	IEEE Transactions on Industrial Informatics	Doi: 10.1109/TII.2019.2945001/ Print ISSN: 1551-3203	2020.04	贺凯迅, 钟麦英, 房惊仲, 李一然	钟麦英	贺凯迅
4	Probability Analysis of Fault Diagnosis Performance for Satellite Attitude Control Systems	IEEE Transactions on Industrial Informatics	Doi: 10.1109/TII.2019.2907382	2020.01	钟麦英, 刘成瑞, 周东华, 李文博, 薛婷	钟麦英	钟麦英
5	Parity Space-Based Fault Isolation Using Minimum Error Minimax Probability Machine	Control Engineering Practice	Doi: 10.1016/j.conengprac.2019.104242/ISBN: 0967-0661	2020.02.17	宋洋, 钟麦英, 薛婷, Ding, Steven X., 李文博	钟麦英	宋洋
主要完成人情况							
位次	姓名	工作单位	完成单位	对本项目贡献			
1	贺凯迅	山东科技大学	山东科技大学	是本项目主要学术思想的提出者, 领导了项目全过程, 对观点 1 和 3 做出了重要贡献, 是代表性论文 1 和代表性论文 3 的第一作者。主要贡献为:提出基于有偏估计的性能参数实时预测方法, 验证了有偏估计对关键质量参数预测的意义和有效性;揭示了基于有偏估计的异常工况智能检测方法的可行性, 为复杂工业过程异常工况智能检测奠定了基础。			
2	钟麦英	山东科技大学	山东科技大学	对发现点 2、3、4、5 做出了重要贡献, 是代表性论文 2、3、5 的通讯作者和代表性论文 4 的第一作者。主要贡献为:提出基于有偏估计的性能参数实时预测方法;提出了基于最小错误最小最大概率机的奇偶空间故障隔离方法。			
3	宋洋	北京建筑大学	北京建筑大学	对发现点 5 做出了重要贡献, 是代表性论文 5 的第一作者。主要贡献为:提出了基于等价空间的最小误差极大极小概率机故障隔离方法。			
4	薛婷	上海海事大学	山东科技大学	对发现点 4、5 做出了重要贡献, 是代表性论文 4 和代表性论文 5 的主要作者。主要贡献为:参与完善了基于随机化算法的故障检测性能分析方法, 揭示了样本数量、故障误报率及其置信度之间的解析关系;			

				参与完善了基于最小错误最小最大概率机的等价空间故障隔离方法，建立了随机扰动概率分布未知情况下等价空间向量与故障分离性指标的一体化设计框架。佐证材料为代表性论文 4、5。
5	杨瑞	西交利物浦大学	山东科技大学	对发现点 2 做出了重要贡献，是代表性论文 2 的第二作者。主要贡献为:揭示了多工况条件下基于时域和频域组合的故障特征提取原理，提出一种基于敏感特征和 RLS-BP 神经网络的故障诊断方法。
主要完成单位情况				
山东科技大学 北京建筑大学				