

2025 年度山西省自然科学奖公示材料

项目名称：

资源受限下飞行器保性能强适应精细抗扰控制方法及应用

提名者：

中北大学

提名意见：

高超声速与低空无人飞行器是遂行战略突防、隐蔽侦察等任务的核心装备，为应对大空域、宽速域及强不确定性带来的可靠控制需求，其自主控制须从偏差适配向本体、任务与环境全域适配升级。项目针对机载资源受限下高性能与低消耗协调难导致实用性差、严苛时空约束下先验保障难导致任务效能低、多源快时变干扰下精准预估难导致鲁棒性弱三大瓶颈，开展资源受限下飞行器保性能强适应精细抗扰控制方法及应用研究，主要科学发现包括：构建了“测量-控制-执行”全回路事件触发与控制协调一体化设计新架构；阐明了具有指定时间收敛能力的非对称预设性能新机制；提出了基于干扰在线学习与抑制的强适应精细抗扰控制新技术。5 篇代表性论文发表于 IEEE TITS、IEEE TAES 等自动控制领域权威期刊，2 篇入选 ESI 高被引，SCOPUS 总引 435 次，SCI 他引 316 次。材料真实有效，同意其申报山西省自然科学二等奖。

项目简介：

本项目针对机载计算资源受限下高性能与低消耗协调难导致实用性差、严苛时空约束下先验保障难导致任务效能低、多源快时变干扰下精准预估难导致鲁棒性弱等三大问题，开展了资源受限下飞行器保性能强适应精细抗扰控制方法及应用研究，取得如下科学发现：1) 构建了“测量-控制-执行”全回路事件触发与控制协调一体化设计新架构，解决了已有时间触发范式下难以同时兼顾性能与资源的缺陷，实现了全回路资源与控制性能的最佳协调设计；2) 阐明了具有指定时间收敛能力的非对称预设性能新机制，解决了已有预设性能快收敛伴随的控制信号暂态抖振难题，保证了轨迹/姿态响应严格满足预设时空约束；3) 提出了基于干扰在线学习与抑制的强适应精细抗扰控制新技术，设计了蕴含高阶微分信息估计的扩张干扰观测器，实现了快时变干扰强适应与鲁棒性增强。

客观评价：

5 篇代表性论文发表于 IEEE TITS、IEEE TAES 等自动控制领域权威期刊，2 篇入选 ESI 高被引，SCOPUS 总引 435 次，SCI 他引 316 次。IEEE Life Fellow、德克萨斯理工大学 Bijoy Kumar Ghosh 教授评价提出的非周期间歇控制在诸如多移动机器人广域网等实际场景中更

具适用性，IEEE Fellow、IEEE Transactions on Fuzzy Systems 副主编 Hak Keung Lam 评价针对工程中常见的约束问题，取得了优秀的研究成果，IEEE Life Fellow、欧洲科学院院士 C. L. Philip Chen 教授评价提出的自适应容错控制策略是一种直接有效的解决方案。

代表性论文专著目录：

序号	论文名称	期刊年卷页码	通信作者	第一作者	所有作者
1	Distributed Cooperative Surrounding Control for Mobile Robots with Uncertainties and Aperiodic Sampling	IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, 2022, 23(10): 18951-18961	Shao Xingling	Shao Xingling	Shao Xingling, Zhang, Jintao, Zhang Wendong
2	Input-and-Measurement Event-Triggered Output-Feedback Chattering Reduction Control for MEMS Gyroscopes	IEEE Transactions on Systems Man Cybernetics-Systems, 2022, 52(9):5579-5590	Shao Xingling	Shao Xingling	Shao Xingling, Shi Yi, Zhang Wendong
3	Fault-Tolerant Quantized Control for Flexible Air-Breathing Hypersonic Vehicles with Appointed-Time Tracking Performances	IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems, 2021, 57(2): 1261-1273	Shao Xingling	Shao Xingling	Shao Xingling, Shi Yi, Zhang Wendong
4	Back-Stepping Based Anti-Disturbance Flight Controller with Preview Methodology for Autonomous Aerial Refueling	Aerospace Science and Technology, 2017, 61: 95-108	Su Zikang	Wang Honglun	Su Zikang, Wang Honglun, Yao Peng, Huang Yu, Qin Yong
5	A Robust Back-Stepping Based Trajectory Tracking Controller for the Tanker with Strict Posture Constraints Under Unknown Flow Perturbations	Aerospace Science and Technology, 2016, 56: 34-45	Su Zikang	Wang Honglun	Su Zikang, Wang Honglun, Shao Xingling, Huang Yu

主要完成人情况：

序号	姓名	职称	工作单位	对成果创新性贡献
1	邵星灵	教授	中北大学	项目第一完成人，对主要发现点 1、2、3 做出贡献，是代表性论文 1、2、3 的第一作者和通讯作者，代表性论文 5 的第三作者。构建了“测量-控制-执行”全回路事件触发与控制协调一体化设计架构，阐明了具有指定时间收敛能力的非对称预设性能机制，提出了蕴含高阶微分信息估计的扩张干扰观测器，实现了自主化、智能化飞行器控制系统的研发与应用。
2	苏子康	副研究员	南京航空航天大学	项目第二完成人，对主要发现点 3 做出贡献，是代表性论文 4、5 的第一作者。构造了蕴含高阶微分信息估计的扩张干扰观测器，确保了对快时变干扰的在线敏捷学习，克服了传统干扰观测器仅适用于慢时变干

				扰、难以高精度重构快时变干扰的局限性。
3	王宏伦	教授	北京航空航天大学	项目的第三完成人，对主要发现点 3 做出贡献，是代表性论文 4、5 的通讯作者。设计了物理信息明确、误差抑制效率强的超螺旋滑模控制律，形成了以误差沿标称轨迹有限时间镇定与干扰高阶动态补偿为特色的强适应精细抗扰控制理论，解决了已有控制因抗扰手段单一导致鲁棒性欠佳难题。

完成人合作关系说明：

本项目由中北大学、南京航空航天大学、北京航空航天大学三家单位协同完成，本项目第一完成人邵星灵教授（中北大学）是代表性论文 1、2、3 的第一作者和通讯作者，代表性论文 5 的第三作者。第二完成人苏子康副研究员（南京航空航天大学）是代表性论文 4、5 的第一作者。第三完成人王宏伦教授（北京航空航天大学）是代表性论文 4、5 的通讯作者。

知情同意报奖说明：

代表性论文 1-5 的第一作者和通讯作者均为本项目完成人，其余作者均知情并同意邵星灵（第一完成人）将上述论文用于申报 2025 年山西省自然科学奖。