

2025 年度拟提名陕西省自然科学奖项目公示内容

一、项目名称

受限多智能体系统协同控制理论方法研究

二、提名者及提名意见

提名者：陕西省教育厅

提名意见：

受限多智能体系统协同控制是当前控制领域的研究难点与瓶颈问题之一。该成果全面系统地研究了受限多智能体系统协同控制理论与方法，取得了如下原创性国际引领贡献：1) 创建了通信受限多智能体系统事件触发控制新理论；2) 首次构建了物理受限多智能体系统固定时神经网络控制统一框架；3) 率先提出了收敛时间限制下多智能体系统预定控制方法。创建了受限多智能体系统协同控制理论与方法，突破了受限多智能体系统协同控制核心挑战难题。该成果研究难度大、研究起点高、理论性和系统性强，具有显著的原创性和开创性，5 篇代表作中 3 篇入选 ESI 高被引论文，发表的论文国内外引用率高，受到国内外学术界同行的广泛引用和高度评价，该成果已应用于实际多智能体系统协同控制，以上表明该成果已经产生了重要学术影响并对相关研究起到引领和示范作用，有很高的学术价值和重要的理论意义，对学科建设和经济社会发展具有重要的指导作用，具有广泛的推广应用价值和显著的军事、经济和社会效益，获陕西高等学校科学技术研究优秀成果一等奖。该项目取得国际学术领域重大原创性理论成果，引领了多智能体系统协同控制研究，且材料齐全、规范，无知识产权纠纷，人员排序无异议，符合陕西省自然科学奖提名条件。提名该项目为陕西省自然科学奖二等奖。

三、项目简介

该项目聚焦通信限制造成的接收信息不及时、不连续、缺失和不准确，不确定性、外部干扰、输出限制、控制死区、未知控制方向等物理限制和固定时稳定性的非线性特性给控制器设计带来的核心挑战难题，系统地形成了受限多智能体系统协同控制研究成果，突破了多智能体系统协同控制关键技术，为协同控制理论在受限多智能体系统中的实际应用奠定了坚实的理论基础和技术基础，取得的主要创新成果如下：

1) **提出了通信受限多智能体系统事件触发控制新策略：**提出了一种新颖的事件触发固定时间分布式观测器，克服了间歇性通信和单向信息传递给领导状态估计带来的困难；提出了一种触发函数新设计方法，攻克了固定时事件触发控制芝诺行为消除这一瓶颈难题，有效避免了事件检测器连续通信和监视；提出了随机干扰和输入延时下事件触发控制新策略、稳定性新理论和随机分析新方法，克服了随机噪声和输入延时给事件触发条件设计带来的困难，分别给出了

具有固定输入时延及时变输入时延的控制器设计和一致性准则；提出了网络化多刚体系统一类固定时间事件触发姿态一致性协议和事件触发条件，进一步讨论了在联合连通切换拓扑下所设计协议的收敛性，揭示了在切换拓扑的通信条件下，影响固定时间姿态收敛时间的因素仅与通信拓扑有关。

2) 创建了物理受限多智能体系统固定时神经网络控制新架构：提出了固定时神经网络控制新方法，仅需更新一个参数，实现了固定时高精度收敛，降低了神经网络控制的算力需求；提出了改进的基于非线性映射控制方法，克服了既有基于障碍李雅普诺夫函数的控制方法的不足；提出了使用神经网络逼近解决未知控制方向问题的新思路，并设计了固定时神经网络控制器，克服了既有 Nussbaum方法存在的不足。给出了解决不确定性、输出限制、未知控制方向、控制死区、外部干扰等限制下复杂非线性多智能体系统固定时协同控制难题的统一新架构，大幅提升了神经网络控制的收敛速度与收敛精度，极大降低了计算复杂度，克服了反推控制的计算复杂性爆炸问题。

3) 提出了收敛时间限制下多智能体系统预定时间控制新方法：提出了跟踪误差的预定时间分布式观测器，并给出了确定观测器增益的新方法，保证了所提出分布式观测器能够在指定的收敛时间内精确估计出跟踪误差，所估计出的跟踪误差可直接用于设计控制协议；提出了预定时间非奇异滑模控制器新的设计方法，通过设计恰当的滑模面参数，保证了滑模面及其导数在切换点的连续性，通过将滑模面从终端滑模面切换到一般滑模面并选择恰当的控制参数以及使用饱和函数法克服了预定时间控制奇异性问题。

四、客观评价

该项目的 5 篇代表作 SCI 他引 604 次。据不完全统计，项目组代表性论文受到 40 余所世界前 100 顶尖研究机构，30 余位国内外院士，60 余位 IEEE Fellow、10 余位国际著名期刊主编的正面引用与积极评价。

五、代表性论文专著目录（不超过 8 条，其中代表性论文不超过 5 篇，代表性专著不超过 3 部）

（按照表格所示栏目填写支撑本项目重要科学发现的代表性论文专著详细情况，不超过 8 篇，按重要程度排序。所列论文专著应公开发表 2 年以上即 2023 年 8 月 1 日以前公开发表。所列代表作及论文应以省内单位或个人为主要完成单位，署名第一单位（标号为 1 的单位）应为国内单位。

“作者”、“通讯作者（含共同通讯作者）”、“第一作者（含共同第一作者）”和“国内作者”，均应基于论文的全部作者进行填写，不得只填写本项目完成人或少填漏填。

其中，“作者”、“通讯作者（含共同通讯作者）”和“第一作者（含共同第一作者）”的姓名表述应与论文原文的署名保持一致，“国内作者”填写作者的中文姓名。

该表所列论文专著的知识产权归国内所有且无争议，未曾在往年国家科学技术奖励项目、往年省部级（政府）科学技术奖励项目和本年度其他陕西省科学技术奖提名项目中作为支撑材料出现。用于提名陕西省科学技术奖的情况，已征得未列入项目主要完成人和主要完成单位的作者的同意，其中，未列入项目主要完成人的第一作者、通讯作者（含共同第一作者、共同通讯作者）已出具知情同意书面签字意见，与其他作者的有关知情证明材料均存档备查。）

序号	论文专著 名称	刊名	作者	年卷页码 (xx 年 xx 卷 xx 页)	发表 时间	通 讯 作 者	第 一 作 者	国 内 作 者	他引总 次数	检索数据 库	知识产权 是否归国 内所有
1	Adaptive Neural Network Fixed-Time Leader-Follower Consensus for Multiagent Systems With Constraints and Disturbances	IEEE Transact ions on Cybe rnet ics	Junka ng Ni; Peng Shi	2021 年 51 卷 1835-1 848 页	20 21 年 3 月 17 日	Jun kan g Ni	Ju nk an g Ni	倪 骏 康	146	SCI	是

2	Fixed-Time Event-Triggered Output Consensus Tracking of High-Order Multiagent Systems Under Directed Interaction Graphs	IEEE Tran sact ions on Cybe rnet ics	Junka ng Ni; Peng Shi; Yu Zhao; Quan Pan; Shuoy u Wang	2022 年 52 卷 6391-6 405 页	20 20 年 11 月 25 日	Jun kan g Ni	Ju nk an g Ni	倪 骏 康 ， 赵 宇 ， 潘 泉	152	SCI	是
3	Predefined-Time Consensus Tracking of Second-Order Multiagent Systems	IEEE Tran sact ions on Syst ems, Man, and Cybe rnet ics: Systems	Junka ng Ni; Ling Liu; Yang Tang; Chong xin Liu Liu	2021 年 51 卷 2550-2 560 页	20 21 年 3 月 17 日	Jun kan g Ni	Ju nk an g Ni	倪 骏 康 ； 刘 凌 ； 唐 漾 ； 刘 崇 新	165	SCI	是

4	Event-Triggered Fixed-Time Attitude Consensus With Fixed and Switching Topologies	IEEE Transactions on Automatic Control	Xin Jin; Yang Shi; Yang Tang; Herbert Werner; Jürgen Kurths	2022 年 67 卷 4138-4145 页	2022 年 7 月 29 日	Yang Tang	Xin Jin	金鑫 ; 唐漾	59	SCI	是
5	Leader-following mean square consensus of stochastic multi-agent systems with input delay via event-triggered control	IET Control Theory & Applications	Xuegang Tan; Jinde Cao; Xiaodi Li; Ahmed Alsaedi	2018 年 12 卷 299-309 页	2018 年 1 月 1 日	Jinde Cao	Xuegang Tan	谭学刚 ; 曹进德 ; 李晓迪	82	SCI	是
合 计									604		

六、主要完成人情况（不超过 6 人）

（所列完成人应为在陕个人，或与在陕个人合作的我国其他地域的个人（**第一完成人必须为全职在陕的个人**），且是“代表性论文专著”主要学术思想的提出者，并在“代表性论文专著”中有署名。应按表格要求逐项填写。附件所列验收、鉴定的专家组成员不能作为完成人。同一人同一年度只能作为一个提名项目的完成人参加陕西省科技奖的评审。附件所列验收、鉴定的专家组成员不能作为完成人。

工作单位：根据人事关系填写完成人现工作的单位，已退休的填写退休前的工作单位。

完成单位：填写完成人参与本项目主要研究工作时所在单位，应为国内法人单位。如涉及多个单位，应根据贡献大小填写一个单位。完成单位与奖励证书关联，请根据实际情况审慎填写。

对本项目贡献：不超过 300 字。应具体写明完成人对本项目做出的实质性贡献，并注明代表性论文专著编号。填报时括号部分内容删除。）

姓名	排名	行政职务	技术职称	工作单位	完成单位	对本项目贡献
倪骏康	1	无	研究员	西北工业大学	西北工业大学	作为本成果的总负责人，整体负责本项目选题、组织、设计、研发与实施，是第一到第三项创新点与重要发现的主要完成人和贡献者，是代表性论著 1-3 的第一作者和通信作者。在推广应用方面，将核心理论成果应用至智能无人机、智能无人车协同控制和大规模弹群协同控制中，取得了很好的控制效果。
唐漾	2	副院长	教授	华东理工大学	华东理工大学	作为项目完成人之一，为第一项和第三项创新点做出了学术贡献。开展了网络化多刚体系统事件触发固定时一致性控制研究，负责研究方案的制

						定、研究工作的具体实施、研究结果的讨论、论文撰写等工作；开展了多智能体系统预定时间一致性控制研究，参与了结果的讨论、论文修改等工作。是代表性论文 4 的通信作者，代表性论文 3 的共同作者。
曹进德	3	理学部主任	教授	东南大学	东南大学	作为项目完成人之一，为第一项创新点做出了学术贡献。开展了随机意义下具有固定输入时延及对时变输入时延的广义线性多智能体系统中的事件触发领导-跟随均方一致性研究，负责研究方案的制定、研究工作的具体实施、稳定性和无芝诺行为分析、研究结果的讨论、论文撰写等工作。是代表性论文 5 的通信作者。
金鑫	4	无	研究员	复旦大学	华东理工大学	作为项目完成人之一，为第一项创新点做出了学术贡献。开展了多刚体系统事件触发姿态一致性控制研究，是研究方案的制定、研究工作的具体实施、研究结果的讨论、论文撰写等工作的主要完成人和贡献者。是代表性论文 4 的第一作者。

七、主要完成单位情况（不超过 3 个）

完成单位	排名	对本项目主要贡献（限 600 字）
西北工业大学	1	西北工业大学是一所以发展航空、航天、航海等领域人才培养和科学研究为特色的国家“双一流”建设高校，隶属于工业和信息化部。西北工业大学作为本项目的第一完成单位，负责项目的总体规划和应用推广，为本项目研究的顺利开展和实施提供了支持，为代表性论文 1-3 的发表提供了必要的科研环境保障，为项目的实际应用提供渠道，从管理、服务上保证项目的顺利完成，对科学发现 1-3 做出了重要贡献。
华东理工大学	2	华东理工大学作为本项目的第二完成单位，成立了专业的研究团队，开展了收敛时间限制下多智能体系统预定时一致性控制研究和通信限制下非欧氏空间多智能体系统基于轴角表示的固定时事件触发姿态控制研究，为代表性论文 3 和 4 的发表提供了必要的科研环境，为项目研究的顺利开展和实施提供了支持，对科学发现 1 和科学发现 3 做出了重要贡献。
东南大学	3	东南大学作为本项目的第三完成单位，成立了专业的研究团队，开展了随机意义下带有时变和固定延迟广义线性多智能体系统的领导-跟随事件触发均方一致性研究，为代表性论文 5 的发表提供了必要的科研环境保障，为项目的开展和实施提供了支持，对科学发现 1 做出了重要贡献。

八、完成人合作关系说明

本项目由倪骏康、唐漾、曹进德、金鑫共同完成：

1) 倪骏康、唐漾合作发表论文 2 篇，包括代表性论文 3（创新点三），提出了跟踪误差的预定时间分布式观测器，基于切换法和饱和函数法的预定时间滑模控制奇异性消除方法，给出了满足收敛时间要求的控制器设计方法，降低了收敛时间估计的保守性，方便了控制器设计，作为成果“受限多智能体系统协同控制”的完成人，获得了 2024 年陕西省高等学校科学技术研究优秀成果一等奖；

2) 倪骏康、曹进德合作发表论文 4 篇，作为成果“受限多智能体系统协同控制”的完成人，获得了 2024 年陕西省高等学校科学技术研究优秀成果一等奖；

3) 唐漾、金鑫合作发表论文 20 余篇，包括代表性论文 4（创新点一），提出了通信限制下非欧氏空间多智能体系统基于轴角表示的固定时事件触发姿

态控制。