

2026 年度拟提名陕西省科技进步奖项目公示内容

一、项目名称

多源扰动下无人装备体系韧性调控机制与保障策略研究

二、提名者及提名意见

提名者：

知识产权局

提名意见：

该成果面向强扰动环境下无人装备体系韧性提升与保障需求，系统研究多源扰动传播、柔性保障资源配置及任务全过程韧性调控，提出多维韧性评价方法、三类柔性保障模式和“三阶段”韧性提升框架，突破体系级扰动防控、保障资源柔性配置和韧性自适应调控等关键技术等关键技术，并已在核战略规划研究总院有限公司、航天科技、航天科工、兵器工业、中国船舶、中国电科等单位的无人装备体系、智能弹药集群、防空装备体系等进行有效应用。成果创新性强、技术先进、应用成效显著，对提升我国无人装备体系韧性水平具有重要推动作用。

成果材料齐全、规范，知识产权体系完整，工程应用规模大，符合陕西省科学技术进步奖提名条件。特提名该项目为陕西省科学技术进步奖二等奖。

三、项目简介

本成果属于管理科学与工程与智能无人系统等多学科交叉研究成果，依托 2 项国家自然科学基金、工信部通信软课题、陕西省科技厅和航天一院、二院等项目支撑完成，为无人装备体系运维管理提供基础理论与方法支撑。

美以伊冲突实战表明，由导弹和巡飞弹（自杀式无人机）等构成的无人装备体系能够对敌方纵深的关键指控及感知节点实施毁灭性打击，已成为决定战场胜负的关键力量。然而，在大规模、高烈度、强扰动环境下，体系面临着“**结构级联失效、资源供需失配、重构响应滞后于战场态势**”等韧性不足问题，阻碍了其作战效能的充分释放。因此，如何突破体系化集群化保障资源优化配置难题并实现任务全过程的韧性调控，已成为制约体系作战能力提升的瓶颈，也是**当前体系运维管理领域亟待突破的核心难题**。面向新域新质作战力量生成的重大需求，围绕大规模、高烈度、强扰动下体系状态演化复杂、保障配置困难、调控韧性不足等问题，提出了无人装备体系柔性保障技术框架与多维不确定性扰动韧性调控理论，突破了无人装备体系扰动防控与多维韧性评价、保障资源柔性配置和韧性自适应调控等关键技术，构建了体系应对强干扰事件的韧性运维新模式：以保障实现动态适应、以韧性实现快速恢复，在智能弹药集群、航天装备集群等 5 个集群装备得到应用。主要创新点如下：

（1）无人装备体系多源扰动防控与多维韧性评价方法，解决了多源扰动体系状态认知难、扰动抑制难与韧性评价难问题。装备体系面临任务时变、环境冲击、拒止对抗、跨域通信等多源不确定干扰，构建了任务-能力-资源耦合的多层着色有向演化网络模型，揭示了多源扰动在多层异质有向网络中的“层内振荡-层间跃迁”传播规律，发现了体系韧性演化临界相变条件。基于该成果出版相关专著 2 部，编写了面向装备体系韧性建模与评估的中国指控学会团体标准，填补了体系韧性领域标准空白，在中船综合院海上装备体系和兵器 203 所智能弹药集群中成功应用：“在节点失效比例超过 30% 的极端条件下，任务完成率仍保持在 80% 以上，显著提升了集群在强对抗环境下的任务韧性与自适应能力”，为体系扰动防控与韧性评估优化提供理论支撑。（知识产权 1, 5, 8）

（2）突破了航天装备集群柔性保障理论与资源重构配置技术，提升保障资源调度效率与体系遂行保障能力。针对体系化集群化作战模式下单一装备保障模式无法满足体系作战需求问题，提出大规模并行保障、组合式脉动保障、不确定动态保障三种保障模式，形成装备体系柔性保障技术体系，研制了某集群装备保障仿真系统，使保障效率提升 31.27%，推动装备保障由单装“经验式”向体系“智能化”转变。研究成果得到歼-10C 总师王海峰院士在航空学报独作封面文章整段引用，成功应用于航天一院与某部队航天装备集群保障任务，并获评中国质量协会质量技术奖，航天科技集团组织的成果鉴定意见指出：“装备集群保障活动建模技术达到了国际先进水平，...涉及的核心技术和软件均为国产自主研发”。（知识产权 4, 7, 9）

（3）构建了融合集群拓扑、任务重构和演化博弈的“三阶段”韧性提升框架，突破高烈度强干扰下作战网络高效恢复瓶颈。针对强干扰条件下集群重构响应慢和任务韧性调控差难题，突破了分布式杀伤链动态重构、任务状态在线感知与韧性自适应调控等关键技术，形成了集群作战网络“竞争-合作”演化博弈框架，研制了装备集群任务规划与韧性调控系统，实现了任务筹划从被动调整向主动韧性调控转变。研究成果成功应用于中电 20 所航母编队信息系统、航天一院集群装备等重大工程，“模型要素支撑数量大于 200 个，可在秒级重构杀伤链集合”。兵器工业李良巧总师评价：“...在装备集群运行过程质量管控技术领域达到了国际领先水平”，实现了任务驱动的体系全流程韧性调控。（[知识产权 2, 3, 6, 10](#)）

围绕上述创新点，主要完成人近 5 年以第一/通讯作者身份发表学术论文 62 篇（包含 TOP 期刊 34 篇），出版专著/教材 4 部，主编中国指控学会团体标准 2 部，受理/授权发明专利 23 项，软件著作权 2 项，代表性论文发表在《Engineering》《IIE Transactions》《Naval Research Logistics》《IEEE Transactions on Engineering Management》《IEEE Transactions on Reliability》《Reliability Engineering & System Safety》《系统工程理论与实践》《系统工程学报》等，2 篇入选 ESI 高被引论文，获评 ICRMS 和体系工程学术会议等优秀论文奖 11 项，研究成果得到了中国工程院王自力、王海峰院士，中国科学院郭雷院士，欧洲科学和艺术院 Min Xie 院士和欧洲安全与可靠性协会前主席 Enrico Zio 教授等的正面引用，形成了广泛的学术影响力。基于上述成果，主要完成人入选了陕西省委组织部三秦英才计划青年人才、陕西省科技厅秦创原引用高层次人才、西工大翱翔新星等人才项目；获评 2023 年中国航空学会科学技术进步二等奖、2025 年中国质量协会质量技术三等奖、2023 年中国质量协会质量技术二等奖、陕西省运筹学会特等奖、西工大优秀青年教师一等奖等。同时，主要完成人参与了多个国家重点型号质量可靠性工作，任陆军某型两栖武器系统质量副总师、空海跨域飞行器集群系统主任设计师（质量可靠性）等。

同时，项目团队研发了某集群装备保障仿真系统、装备集群任务规划与韧性调控系统，应用于航天一院高速无人飞行器集群、航天二院防空装备体系、兵器 203 所智能弹药集群、中船综合院海上无人装备体系和中电 20 所某编队信息系统等重大工程中，有力地促进了航天装备集群、防空装备体系、智能弹药集群等体系化集群化装备保障资源优化配置与任务全过程韧性调控能力提升。

四、客观评价

4.1 在理论成果方面

围绕上述创新点，主要完成人近 5 年以第一/通讯作者身份发表学术论文 62 篇（包含 TOP 期刊 34 篇），出版专著/教材 4 部，主编中国指控学会团体标准 2 部，受理/授权发明专利 23 项，软件著作权 2 项，2 篇入选 ESI 高被引论文，获评 ICRMS 和体系工程学术会议等优秀论文奖 11 项，研究成果得到了中国工程院王自力、王海峰院士，中国科学院郭雷院士，欧洲科学和艺术院 Min Xie 院士和欧洲安全与可靠性协会前主席 Enrico Zio 教授等的正面引用，形成了广泛的学术影响力。其中，

（1）对于创新点 1，中国工程院院士、中国仿真学会理事长王自力院士团队指出“该论文提出了一种兼具成本效益与韧性的体系资源重构配置框架，具有重要参考价值”（代表性引文一），认为成果所提作战网络韧性是战争的制胜关键（代表性引文二）；国防科技大学杨克巍教授团队认为，本成果在体系韧性评估中有效考虑了其在遭受敌对攻击时保持稳定的性能和功能的能力（代表性引文三）。

（2）对于创新点 2，中国工程院院士王海峰在 2024 年《航空学报》独作封面文章中对相关成果进行了整段引用与论述，强调装备保障应由保障单装完好向保障体系效能最优转变，并应考虑体系协同性和结构动态重构特征（代表性引文四）；中国科学院郭雷院士团队引用并指出本成果提出了一种高效的可靠性分析与冗余设计方法（代表性引文五）；中国兵器工业集团公司科技带头人李良巧总师评价：该研究成果在装备集群运行过程管控领域达到了国际领先水平，实现了任务驱动的体系全流程韧性调控，具有很好的推广应用价值。

（3）对于创新点 3，意大利米兰理工大学 Enrico Zio 教授团队指出，体系恢复响应通常会导致新的体系状态，该状态会改变大多数以前的设计和假设（代表性引文六）；康斯坦丁大学智能制造实验室主任 Zakaria Benzadri 教授认为，动态资源再分配、战略适应和组件集成对于确保响应行为至关重要（代表性引文七）；香港理工大学 Pai Zheng 副教授引用并认可了本成果关于体系韧性的定义，即韧性是由体系吸收、适应和恢复能力及其内外部资源共同决定的固有属性（代表性引文八）。

综上所述，团队成果获得国内外可靠性、系统工程和装备体系领域权威专家的持续引用与正面评价，表明项目在体系韧性建模、资源优化配置和动态重构调控等方面形成了具有较高学术影响力的理论与方法成果，为无人装备体系韧性与保障研究提供了重要理论支撑。

4.2 在应用评价方面

团队依托上述成果，与中国航天科技集团有限公司第一研究院、中国船舶集团有限公司综合技术经济研究院、中核战略规划研究总院有限公司、中国电子科技集团公司第二十研究所、中国航天科工集团有限公司防御技术研究试验中心、西安现代控制技术研究所、西安保通防务科技有限公司等单位开展合作

研究与成果应用。相关成果已应用于高速无人飞行器集群保障、舰船装备体系可靠性设计、智能弹药集群任务重构和跨域协同作战等领域，获得应用单位积极评价。

(1) **中国航天科技集团有限公司第一研究院**将本成果应用于某高速飞行器集群装备研制与保障工作。针对保障任务并行、资源需求动态变化及强干扰下任务链易中断等问题，应用了柔性保障、资源优化配置和体系韧性重构方法。该院认为，相关成果技术成熟度高、工程适用性强，有效支撑了型号综合保障设计、任务规划与保障能力提升。

(2) **中国船舶集团有限公司综合技术经济研究院**将本成果应用于某舰船无人装备体系通用质量特性设计。针对体系可靠性建模、分配及任务可靠性评估方法不足等问题，采用了基于有效杀伤链的集群任务可靠性分配与评估方法。该院评价认为，相关方法切实有效，算法复杂度低、计算效率高，能够支撑体系可靠性设计分析与任务可靠性评估，为型号可靠性设计提供了有力技术支撑。

(3) **中国电子科技集团公司第二十研究所**认为，本成果提出的耦合杀伤网模型、杀伤链生成算法与多智能体重构方法“具有重要的工程应用价值”。相关技术已应用于某编队协同体系设计，可实现 200 个以上要素的杀伤链表征及秒级重构。该所评价认为，相关算法在体系杀伤链生成与动态重构方面具有显著创新性，有效提升了强扰动条件下的任务韧性与重构能力。

(4) **中核战略规划研究总院有限公司**将本成果应用于核工业装备体系韧性运维与保障优化。任务-能力-资源多层耦合建模、任务链动态重构及柔性保障方法有效支撑了体系薄弱环节识别、顶层规划和保障方案优化。该所认为，相关成果在任务链建模、韧性量化评估与动态重构等方面具有较强工程应用价值，为核工业装备体系韧性管理与保障优化提供了有效技术支撑。

(5) **西安保通防务科技有限公司**认为，本成果相关技术“成熟度高、实用性强，具备良好的可复制性与推广价值”。相关技术已集成形成无人集群任务规划择优模块和集群装备保障仿真系统，并在多场景中开展应用。该公司认为，成果有效支撑了无人飞行器集群韧性评估、任务规划与保障决策，对企业相关产品技术升级和工程应用具有重要推动作用。

(6) **西安现代控制技术研究所**对本成果提出的韧性量化评估方法、柔性保障模式及“三阶段”韧性提升框架给予高度评价。该所认为，相关成果能够识别体系薄弱环节，为抗毁性设计提供量化依据，并可通过任务重构和柔性保障提升强干扰条件下的体系适应能力与持续任务能力，具有较强工程实用价值和良好的军事应用前景。

(7) **中国航天科工集团有限公司防御技术研究试验中心**认为，本成果能够实现从节点可靠性分析向装备体系任务可靠性分析拓展，形成的任务可靠性动态建模、韧性评估和重构策略方法可有效支撑防空装备体系可靠性分析、方案论证及仿真评估，具有良好的工程应用价值。

五、应用情况

本成果所提出的多源扰动下无人装备体系韧性调控机制与保障策略，聚焦体系韧性建模与评估、柔性保障资源配置与韧性提升三大核心技术难题，构建了覆盖韧性评估与设计、柔性保障运维与韧性自适应重构的韧性提升技术体系。截至目前，本成果已在多家单位实现应用，覆盖高速无人飞行器集群、直升机保障系统、跨域协同作战体系、智能弹药集群等典型装备场景。具体应用情况如下表所示：

表 1 应用单位概况

序号	单位名称	技术应用	应用对象及规模	应用起止时间	单位联系人/电话
1	中国航天科技集团有限公司第一研究院	装备体系保障效能评估技术	高速无人飞行器集群综合保障与效能评估	2021.12-至今	马靓 /18810688639
2	中国船舶集团有限公司综合技术经济研究院	无人装备体系任务可靠性评估与优化设计	XX 舰船装备体系的通用质量特性设计	2023.03-至今	左家鹏 /15927333726
3	中国电子科技集团公司第二十研究所	基于多智能体的杀伤链生成与评估技术	跨域协同作战体系杀伤链韧性重构	2022.12-至今	赵刚 /18189114661
4	中核战略规划研究总院有限公司	多源扰动下无人装备体系韧性调控机制与保障策略研究	核工业装备体系韧性运维管理与保障优化	2022.12-至今	赵诺 /13810018286
5	西安保通防务科技有限公司	装备体系韧性调控机制与保障策略技术研究	智能弹药集群的韧性调控与保障决策	2023.12-至今	赵方园 /18192565273
6	西安现代控制技术研究所	装备体系韧性调控机制与保障策略技术研究	集群装备体系的韧性提升与保障资源配置	2022.12-至今	封雷 /18161988249
7	中国航天科工集团有限公司防御技术研究试验中心	智能弹药集群可靠性设计与提升技术	防空装备体系可靠性分析、仿真评估与方案论证	2022.12-至今	徐如远 /19800335785

应用情况 1：中国航天科技集团有限公司第一研究院将本成果应用于某高速飞行器集群装备任务规划与保障体系设计。针对保障任务并行、资源需求动态变化及强干扰下任务链易中断等问题，应用保障资源优化配置、柔性保障和体系韧性重构方法，实现保障资源利用率提升 31.27%、任务准备时间缩短约 25%，并实现秒级杀伤链重构，为型号研制和保障能力提升提供技术支撑。

应用情况 2：中国船舶集团有限公司综合技术经济研究院将本成果应用于某舰船无人装备体系通用质量特性设计。围绕体系任务可靠性建模、分配与评估，提出基于有效杀伤链的集群任务可靠性分配与评估技术，解决体系任务可靠性建模方法缺失、评估方法可行性不足等问题。相关方法算法复杂度低、计

算效率高，为型号可靠性设计提供了技术支撑。

应用情况 3：中国电子科技集团公司第二十研究所将本成果应用于某编队协同体系设计。针对节点异质、任务时变和拓扑耦合等特点，构建耦合杀伤网模型，提出体系杀伤链生成算法与多智能体重构算法，实现 200 个以上要素的杀伤链表征，并可在秒级输出不少于 3 个可执行杀伤链集合，显著提升局部扰动下的任务韧性与重构效率。

应用情况 4：中核战略规划研究总院有限公司将本成果应用于装备体系顶层设计、任务规划与保障方案优化。针对通信降级、节点损毁和电磁压制等扰动，构建任务-能力-资源多层着色有向演化网络模型，实现任务链中断风险量化分析，并识别出 3 处体系级脆弱环节。建立的顶层规划系统支持 200 个以上要素任务链快速生成，可秒级输出不少于 3 条替代任务链，重构时效性提升 80% 以上，任务链生成成功率达 92%；柔性保障模式同时应用于保障方案编制与韧性优化。

应用情况 5：西安保通防务科技有限公司将本成果应用于无人机与集群产品及管控系统研发，集成开发“集群装备保障仿真系统”和“无人集群任务规划择优模块”。2022 至 2024 年多场景示范运行表明，集群稳定性提升约 35%，保障效率提升约 35%，巡检作业时间缩短 20%，直接经济效益约 2380 万元，在安防巡逻、智能弹药集群等领域形成良好示范应用。

应用情况 6：西安现代控制技术研究所将本成果应用于某集群项目设计。通过构建任务-能力-资源耦合多层网络模型，提出大规模并行保障等柔性保障模式和“三阶段”韧性提升框架，应用于体系设计、仿真验证与任务规划，有效提升体系抗毁能力、保障资源配置效率及强干扰环境下的任务韧性，具有良好的军事应用与推广价值。

应用情况 7：中国航天科工防御技术研究试验中心将本成果应用于防空装备体系可靠性分析、方案论证与仿真评估。针对体系层级多、功能耦合复杂及单装可靠性难以反映体系任务能力等问题，构建资源层横向传播和资源-能力-任务层纵向传播模型，建立基于 OODA 环和杀伤链的任务可靠性动态模型。采用重构修复策略后，有效杀伤链保持时间延长约 96%，体系任务可靠性降至阈值的时间最高延长约 77%，为体系可靠性评估和韧性优化提供了技术支撑。

综上，本成果已在航天、电子、船舶、核工业、兵器及无人机等多个装备领域实现工程应用，覆盖体系可靠性建模与评估、保障资源优化配置、任务规划与动态重构等关键环节。应用结果表明，相关技术能够有效支撑多源扰动条件下体系薄弱环节识别、保障资源高效配置和任务链快速恢复，提升复杂装备体系的任务可靠性、保障效能与韧性水平，形成了较好的跨领域应用与推广基础。

六、主要知识产权和标准规范等目录（限 10 条）

（应填写直接支持本项目主要技术发明成立且已批准或授权的知识产权（包括发明专利、实用新型专利、植物新品种权、计算机软件著作权、集成电路布图设计权、论文等）和标准规范等，应按与项目主要科技创新的密切程度排序。

对于发明专利，知识产权类别写发明专利，然后依次填写发明名称，国家（地区），专利号，授权公告日，专利证书上的证书号，发明人，专利权人。对于其他类型，根据实际情况填写相应栏目，发明人一栏可不填。

所列知识产权应为本项目独有，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推荐项目中作为支撑材料出现。用于推荐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权利人（专利指发明人）的同意。

所列专利证书颁发日期、标准规范发布日期、论文发表日期应在 2025 年 12 月 31 日之前。发明人均不是项目主要完成人的发明专利，不得列入本表。）

序号	知识产权类别	知识产权具体名称	国家（地区）	授权号	授权日期	证书编号	权利人	发明人
1	发明专利	一种考虑动态重构的武器装备体系仿真评估方法	中国	ZL 2021 1 1413115.X	2021-11-25	6078023	西北工业大学	陈志伟；刘欣；杨金玲；张新虎
2	发明专利	一种面向复杂任务场景的多种任务分配算法择优方法	中国	ZL 2025 1 0062644.1	2025-11-07	8447507	西北工业大学	陈志伟；尹斯源；张罗庚；马梓瑞；张雨露；方晓彤；昌敏；白俊强
3	发明专利	一种基于任务网络效率的无人集群韧性评估方法	中国	ZL 2025 1 0310231.0	2025-11-14	8475584	西北工业大学	陈志伟；袁佳迪；刘斯洋；唐矗；徐浩泽；蒋亦洵；王月；马梓瑞；尹斯源
4	发明专利	一种针对航空发动机转子系统的转/静碰摩故障预测方法	中国	ZL 2023 1 0321264.6	2025-12-12	8564987	西北工业大学	吴蓓；张雅玫；赵嵩正；王文豪；张显涛

5	专著	装备体系韧性分析理论与技术	中国		2024 年 8 月			陈志伟；焦健；赵廷弟；胡雨晴
6	论文	Resilience metric and dynamic assessment of unmanned system-of-systems considering cooperative reconfiguration strategies			2025 年 6 月			陈志伟；尹斯源；李连峰；崔巍巍；洪东跑
7	论文	Modeling coupling impacts of self-healing mechanisms and dynamic environments on systems subject to dependent failure processes			2024 年 10 月			秦湘渝；车阿大；吴蓓
8	论文	Spatiotemporal resilience analysis of IoT-enabled unmanned system of systems			2025 年 5 月			兑红炎；张桓绮；吴少敏；谢旻
9	论文	Computational resource configuration analysis and optimization methods for unmanned system considering intended functionality safety			2025 年 4 月			陈志伟；张罗庚；褚佳运；方晓彤；兑红炎
10	论文	基于分布式动态规划的集群杀伤链生成与重构算法			2025 年 8 月			胡人杰；陈志伟；王惠真；封雷；樊柯德；张罗庚

七、主要完成人情况

（所列主要完成人应为在陕的个人，或与在陕个人合作的我国其他地域的个人并对本项目的主要科技创新做出创造性贡献（其中完成人必须为全职在陕的个人）。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。

排名：应按照贡献大小排序，一等奖、二等奖、三等奖单项授奖人数分别不超过 15 人、10 人、7 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。）

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
陈志伟	1	/	副教授	西北工业大学	西北工业大学	作为项目总负责人，负责该项目的组织、设计与指导，制定项目研究思路、研究方案与技术路线。对应创新点一，揭示了多源扰动在多层异质有向网络中的传播规律，给出抑制耦合级联失效的研究思路（见知识产权 5）；对应创新点二，构建了装备体系柔性保障技术体系（见知识产权 9）；对应创新点三，建立了“三阶段”韧性提升框架，研制了装备集群任务规划与韧性调控系统（见知识产权 6 和 10），并指导其余完成人开展研究工作。
吴蓓	2	/	副教授	西北工业大学	西北工业大学	作为项目主要参与人，对应创新点一，建立了载荷共享的可靠性分析模型，提出了交互式马尔可夫子系统的解耦方法，为多层网络中资源层的失效概率计算与韧性量化提供了基础理论，为装备体系在不同协同作战场景下的韧性评估、优化与防控提供了理论支撑（见知识产权 4 和 7）。

封雷	3	/	高级工程师	西安现代控制技术研究所	西安现代控制技术研究所	作为项目主要参与人，对应创新点三，设计并实现了基于分布式动态规划的集群杀伤链生成与重构算法，解决了大规模节点条件下杀伤链的快速生成与动态重构问题（见知识产权 10）。
赵诺	4	/	高级工程师	中核战略规划研究总院有限公司	中核战略规划研究总院有限公司	作为项目主要参与人与技术专家，围绕装备体系/无人集群智能运维领域开展攻关，并指导团队构建了“技术研发-系统管理-运维保障”一体化的研究环境，为团队在应用对象及成果落地方面给予指导。
兑红炎	5	/	教授	郑州大学	郑州大学	作为项目主要参与人，该完成人是知识产权 8 的唯一第一作者，对应创新点一和三，提出了物联网赋能的无人集群时空韧性分析框架，建立了基于时空数据流的动态韧性度量模型，完善了“基于有效杀伤网的多维韧性融合评价模型”的理论架构（见知识产权 8 和 9）。
张雨露	6	/	/	西北工业大学	西北工业大学	作为项目主要参与人，对应创新点三，在韧性提升框架研究上，提出了基于任务重规划的体系杀伤链重构方法，设计了任务优先级计算准则与分布式实时任务分配算法，负责杀伤链集合的秒级重构策略设计与验证工作（见知识产权 2）。
秦湘渝	7	/	/	西北工业大学	西北工业大学	作为项目主要参与人，对应创新点一，参与构建了无人装备系统在多源不确定性干扰下的多层韧性评估框架，负责重要韧性评估指标设计、仿真代码编写和数据分析（见知识产权 7）。
张罗庚	8	/	/	西北工业大学	西北工业大学	作为项目主要参与人，对应创新点二，围绕体系化、集群化作战条件下保障资源动态配置与重构优化问题，参与体系柔性保障技术研究，重点完成资源动态配置仿真模块开发，构建资源利用率实时监测、反馈与动态调整机制，实现保障资源状态感知与配置方案在线优化；负责任务分配算法择优系统核心代码研发，通过多类优化算法的集成、比较与优选，支撑保障任务与资源的高效匹配及动态重构，为大规模并行保障、不确定动态保障条件下的资源优化配置与保障效能评估提供了关键技术支撑（见知识产权 2、9、10）。

尹斯源	9	/	/	西北工业大学	西北工业大学	作为项目主要参与人，对创新点一，参与揭示了多源扰动在多层异质网络中的传播规律，参与建立任务-能力-资源多层分析框架与任务导向韧性度量指标，为体系多维韧性评价提供支撑（见知识产权 6）。对创新点二，参与装备体系任务分配与资源配置研究，提出面向复杂任务场景的多种任务分配算法择优方法，为柔性保障资源动态配置提供技术支撑（见知识产权 2）。对创新点三，参与建立三阶段韧性提升框架，设计同集群节点替换、跨集群节点替换与节点生成/修复三种协同重构策略，开发异构无人装备体系韧性动态评估算法，揭示不同攻击模式下体系韧性演化规律（见知识产权 2、6）。
马梓瑞	10	/	/	西北工业大学	西北工业大学	作为项目主要参与人，针对创新点三，面向体系化集群化保障资源优化调配问题，提供一种面向复杂任务场景的多种任务分配算法择优算法。提出算法基于任务链与 OODA 理论，以最大化任务成功率为目标，通过任务分配与执行过程的自适应调控，支撑集群的弹性控制决策，提升集群任务执行的效能（见知识产权 2）。

八、主要完成单位情况及创新推广贡献

(一等奖、二等奖、三等奖完成单位分别不超过 10 个、7 个、5 个。)

完成单位	排名	对本项目科技创新和应用推广情况的贡献 (限 600 字)
西北工业大学	1	依托单位西北工业大学作为国家“985 工程”“211 工程”重点建设高校及“双一流”建设高校，为本项目提供了坚实的科研平台与优质的学术资源。项目团队深度融合管理学院、人工智能学院与无人飞行器技术全国重点实验室的跨学科优势，构建了“技术研发—系统管理—运维保障”一体化的研究体系，围绕装备体系与无人集群智能运维领域持续开展关键技术攻关。依托单位不仅提供了先进的软硬件设施与良好的科研环境，还通过与行业领军企业的深度合作，有效促进了产学研协同创新，为多源扰动下无人装备体系韧性调控机制与保障策略的研究提供了有力支撑。
西安现代控制技术研究所	2	依托中国兵器工业第二〇三研究所（西安现代控制技术研究所）在国防装备控制系统领域的深厚技术积淀与工程实践优势，为本成果的机理研究、技术验证与工程转化提供了关键支撑。研究所作为连接理论研究与应用需求的枢纽，促进了“研—用”紧密结合，推动了韧性调控机制在具体装备系统中的适配性研究与成果转化应用，显著提升了本研究的工程价值。
中核战略规划研究总院有限公司	3	依托中核战略规划研究总院有限公司在质量可靠性与国防装备工程应用领域的技术积累，为本项目技术验证与工程转化提供了重要支撑。研究所充分发挥连接科研创新、行业需求与工程应用的纽带作用，为项目成果在核工业装备体系可靠性与韧性规划、技术验证和工程应用中的适配与推广提供了重要平台，提升了项目成果的工程应用价值和行业推广能力。
郑州大学	4	依托单位是国家“211”工程重点建设高校，国家“双一流”建设高校，为本成果的研究提供了坚实的理论支撑与资源保障。学校拥有的管理科学与工程、系统科学等相关优势学科，为“扰动建模—韧性评估—策略优化”这一研究主线提供了重要的理论方法与跨学科交叉支持。

九、完成人合作关系说明

围绕无人装备体系韧性调控与保障策略，团队多名完成人围绕多源扰动传播分析、多维韧性评价、柔性保障资源配置等核心技术开展联合攻关，通过论文合著、产业技术合作、知识产权等形式开展协同研究。具体合作情况如下：

本人陈志伟（排名 1）与吴蓓（排名 2）开展产业与科研协同攻关，完成项目相关技术成果凝练，获得中国质量协会质量技术奖三等奖，对应本项目柔性保障技术框架、保障资源优化配置等创新成果，推动理论方法向工程应用落地。

本人陈志伟（排名 1）与封雷（排名 3）聚焦集群杀伤链生成与动态重构算法开展技术攻关，完成论文《基于分布式动态规划的集群杀伤链生成与重构算法》，服务于本项目强干扰条件下杀伤链秒级重构、韧性自适应调控技术研究。

本人陈志伟（排名 1）与赵诺（排名 4）开展产业技术合作，共同执行核工业质量与可靠性技术体系支撑数据库建设技术服务合同，将本项目体系扰动分析、可靠性与韧性评估的技术思路迁移应用于工程数据库建设，实现理论方法在工程场景的验证落地。

本人陈志伟（排名 1）与张罗庚（排名 8）、兑红炎（排名 5）围绕无人系统计算资源配置分析与优化开展研究，合作完成论文《Computational resource configuration analysis and optimization methods for unmanned system considering intended functionality safety》，为本项目保障资源柔性配置、资源供需失配问题的解决提供理论与方法支撑。

本人陈志伟（排名 1）同张雨露（排名 6）、张罗庚（排名 8）、尹斯源（排名 9）、马梓瑞（排名 10）开展联合技术攻关，共同完成知识产权《一种面向复杂任务场景的多种任务分配算法择优方法》，为无人装备体系任务分配、资源调度优化提供算法支撑，支撑项目韧性提升框架与任务自适应调控技术研发。

本人陈志伟（排名 1）与尹斯源（排名 9）围绕无人体系协同重构策略、体系韧性度量开展研究，合作完成论文《Resilience metric and dynamic assessment of unmanned system-of-systems considering cooperative reconfiguration strategies》，重点支撑项目中无人装备体系韧性评价、协同重构相关理论研究工作。

吴蓓（排名 2）与秦湘渝（排名 7）合作完成论文《Modeling coupling impacts of self-healing mechanisms and dynamic environments on systems subject to dependent failure processes》，围绕系统自修复机制与动态环境耦合效应开展研究，为本项目无人装备体系扰动传播机理、系统自愈韧性分析提供理论基础。

上述各项合作均服务于本项目无人装备体系柔性保障与韧性提升技术研究，各完成人分工协作，分别承担理论建模、算法设计、工程技术开发、成果应用转化等不同环节工作，共同推动本项目多源扰动建模、多维韧性评价、柔性保障资源配置、杀伤链自适应重构等关键技术突破。