

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

重大装备研制灰色系统分析关键技术与应用

二、提名者及提名意见

提名者：中共陕西省委军民融合发展委员会办公室

提名意见：

项目组致力灰色系统理论研究 40 年。瞄准国家重大装备研制需求，聚焦关键科学问题持续攻关，取得系统性创新成果：（1）构建了新的灰数表征与运算体系；（2）提出缓冲算子原创概念及公理，开创引领了缓冲算子研究新领域；（3）提出了系列原创灰色关联分析模型；（4）构建了多种新型灰色预测模型；（5）提出了多种新的评价决策模型；（6）构建了新的灰色系统知识体系，突破了复杂装备灰色系统建模分析难题并为推动中国原创学说走向世界做出了重大贡献。

成果成功应用于中国商飞公司：保障了 C919 研制成功和完美首飞。被中国航天科技集团上海航天电子公司、新一代载人飞船项目办公室等应用，解决了小数据、贫信息背景下探月工程、载人航天、北斗导航等多项重大装备质量控制与可靠性评价和预测问题，取得显著效益。多种原创模型成为本领域经典，在国内外产生了广泛影响。代表作 1 被他引 24580 次，其中 CNKI 他引 20680 次，SCI 他引 3900 次。引用者遍布全国各省市区和港澳台，我国所有双一流大学和数百个承担国家科技重大专项和 973、863 等国家重要科技计划项目组大量引用。海外引用者分布在全球 130 多个国家和地区。

成果材料齐全、规范，无知识产权纠纷，人员排序无争议，符合陕西省自然科学奖提名条件，提名为陕西省科学技术进步奖一等奖。

三、项目简介

灰色系统理论是我国邓聚龙教授首创的新学说，主要研究“外延明确，内涵不明确”且分布未知的贫信息不确定性。不同于模糊数学研究“内涵明确，外延不明确”的认知不确定性；以及概率统计基于大样本分析随机变量的分布规律。重大装备研制数据具有典型的灰色不确定性特征。灰色数据表征与计算，影响系统可靠性之复杂因素的甄别、分析及重大装备故障要因关联追溯与筛选、灰色故障数据演化规律挖掘与可靠性建模技术，以及生产计划及资源配置优化方法的突破，对重大装备研制至关重要。项目组秉持坚定的文化自信和甘坐冷板凳的精神，四十年如一日，针对国家重大装备发展迫切需求，深耕中国原创灰色系统理论，突破了复杂装备贫信息数据建模分析难题，取得系统性创新成果，为推动中国原创学说走向世界作出了重大贡献。主要创新点如下：

(1) 提出灰数“核”、一般灰数等原创概念。构建了新的灰数表征与运算体系。

(2) 提出缓冲算子原创概念及公理，开创引领了缓冲算子研究新领域。构建了多种实用弱化和强化缓冲算子，为解决不同类型冲击扰动系统建模难题提供了可行的解决方案。

(3) 提出系列新型灰色关联分析模型。发现了基于全局视角的贫信息系统积分关联规律，揭示了复杂系统因素之间正向、逆向和高维关联规则，提出了绝对、相对、相似、接近、负向、交叉、三维等原创模型和重大装备故障要因关联追溯方法，解决了复杂装备故障诊断与溯源难题。

(4) 构建了系列新型灰色预测模型。提出离散、差分、分数阶、自记忆等多种原创模型，界定了不同模型的适用范围。揭示了重大装备贫信息故障数据建模机理，构建了灰色-AMSSA 可靠性增长模型，解决了贫信息背景下复杂装备可靠性增长建模难题。

(5) 提出多种新型综合评价模型。发现了多维度、多层次、异质性信息集结规律，提出了聚核权向量组等原创概念，构建了多种一致效果测度函数和基于混合可能度函数的灰色聚类评估模型、多目标加权智能灰靶决策模型、全息可靠性评价模型，解决了贫信息背景下重大装备可靠性评价难题。

(6) 构建了新的灰色系统模型和方法体系。40 年来，项目组以蚂蚁啃骨头的精神和系统化的视角逐个对灰色系统理论的主要知识模块进行创新、拓展，取得系统性创新成果，丰富和发展了灰色系统理论。提出的主要原创概念、模型和方法成为大学经典教科书（国家规划教材）和国家一流课程的主体内容。

项目组自中国商飞公司成立之初，即开始与 C919 项目部及上海飞机设计研究院紧密合作，相继承担了国家科技重大专项-大型飞机（2009ZX1102）子课题“C919 大型客机研制灰色系统分析关键技术与应用”等多项研究任务。针对 C919 大型客机研制迫切需要强力攻关，突破了复杂装备贫信息数据建模分析难题，取得系统性创新成果。中国商用飞机公司对项目组的工作给予充分肯定和高度评价：“创造性地突破了灰色系统分析关键技术，保障了 C919 研制成功和完美首飞”

【应用证明 1】。2017 年 5 月 5 日，中共中央 国务院电贺 C919 大型客机首飞成功。肯定 C919 “首飞成功标志着我国大型客机项目取得重大突破，是我国民用航空工业发展的重要里程碑。” **【其他附件 1】**

成果在中国航天科技集团上海航天电子公司、新一代载人飞船项目办公室和西安航天动力试验技术研究所等重大装备及配套组部件研制过程中成功推广应用，解决了小数据、贫信息背景下重大装备质量控制与可靠性试验分析、可靠性增长评价和预测，以及基于灰色约束的生产计划和资源配置优化问题，产生直接经济效益 5.43 亿元。（1）上海航天电子公司：解决了重大装备故障要因诊断、关联追溯和小数据、贫信息背景下的质量控制与可靠性试验分析、基于不确定信息的可靠性增长评价和预测、基于灰色约束的生产计划和资源配置优化等难题。出色完成了探月工程、载人航天工程、北斗导航等多个国家科技重大专项的攻关任务，为我国航天事业及国防建设作出了重大贡献。2021-2023 年，合计新增利

税 29015.9 万元【应用证明 2】；（2）新一代载人飞船项目办公室：为逃逸飞行试验的可靠安全实施提供了量化分析基础和有力保障。为面向载人月球探测任务的我国新一代载人飞船研制设计起到有效支撑作用【应用证明 3】（3）西安航天动力试验技术研究所：保障四机并联试车、单机摇摆试车、高空模拟试车等国家重大工程试验任务以及多个新研型号试车顺利开展，试验定型的各型发动机支撑新一代运载火箭等飞行器成功发射。2023-2025 年，**累计新增利润 11061 万元【应用证明 4】**；（4）上海机电工程研究所：解决了一类极小字样试验数据背景的型号可靠性参数估计等问题，为多个战区演训保障 20 余次，总计**节约经费约 14300 万元【应用证明 5】**；（5）解放军空军军械通用装备军事代表局：解决了空军装备质量“适战”难题，**编制的多项标准被列为国家军用标准**，保障了空军多型重点装备质量建设水平的显著提升【应用证明 6】。

多种原创模型成为本领域经典，在国内外产生了广泛影响。代表作 1 被他引 24580 次，其中 CNKI 他引 20680 次，SCI 他引 3900 次。引用者遍布全国各省市区和港澳台，海外引用者分布在全球 130 多个国家和地区。我国所有双一流大学和数百个承担国家科技重大专项和 973、863 等国家重要科技计划项目组大量引用【其他附件 2】。据中国知网引文报告，该书 2017 年被评为**1949-2009 年自然科学总论高被引图书第一名**；2024 年再次被评为**高被引图书【其他附件 3】**。第一完成人 2008 年当选系统与控制世界组织荣誉会士，2013 年入选欧盟玛丽·居里国际学者资助计划资深 Fellow，2017 年被评为居里夫人计划学者 10 位“最有为科学家”之一，是该计划推出 40 年来中国学者获得的最高评价；多次入选斯坦福大学全球“终身科学影响力”和“Top 2%”科学家榜单；2020 年入选百度学术首期引文报告系统科学领域高被引作者榜第一名；2023 年获巴基斯坦灰色系统学会颁发的“全球卓越奖”；**2022 年，2024 年分别获 Scholar GPS 系统理论领域全球万分之五终身顶级学者奖和近五年顶级学者奖【其他附件 4】**。据荟知学术官网，刘思峰 H-指数 108。应邀在国际会议作大会报告 22 次，赴国内外学术机构讲学 140 多次。自 2007 年起任 IEEE 灰色系统委员会主席，2015 年当选灰色系统与不确定性分析国际联合会主席。被聘为灰色系统领域两个国际期刊主编和中文（科学社）、英文（Springer-Nature）《灰色系统丛书》主编。

成果得到著名科学家钱学森、灰色系统理论创始人邓聚龙、协同学创始人哈肯和 80 多位中外院士高度评价或正面引用。2018 年 12 月，时任中国科协党组书记、常务副主席怀进鹏院士致信刘思峰，称项目组的工作“**是落实习近平总书记关于推动构建人类命运共同体重要理念的重要体现**”“**有利于提升中国科技的国际话语权。**”2019 年 9 月 7 日，时任德国总理默克尔称赞刘思峰教授的工作“**深刻地影响着世界。**”（中央人民政府官网、中宣部“学习强国”官网、新华社、人民日报和德国总理府官网报道）

四、客观评价

1. 检索报告

(1) 江苏省科技查新中心（国家一级查新咨询单位）检索报告：代表作 1 他引 24580 次【其他附件 2】

(2) 中国知网发布的检索报告：代表作 1 总被引频次 19748【其他附件 3】

2 国际和全国性奖励

(1) Scholar GPS 系统理论领域全球 Top 0.05% 终身顶级学者奖证书【获奖证书 1】

该领域 2022 年全球共 12 人获奖，其中中国获奖者 1 人。

(2) Scholar GPS 系统理论领域近 5 年全球 Top 0.05% 顶级学者奖证书【获奖证书 2】

该领域 2024 年全球共 4 人获奖，其中中国获奖者 2 人。

(3) 欧盟玛丽·居里国际学者资助计划 Fellow 获奖证书、入选 10 位“最有力科学家”通知和欧盟居里夫人计划学者颁奖大会展板【获奖证书 3】。在结项综合评价中排名前 10 位是居里夫人计划 1986 年推出至今中国学者获得的最高评价。

(4) 斯坦福大学和爱思唯尔全球“终身科学影响力”和“Top 2%”科学家榜单链接及文章：<https://elsevier.digitalcommonsdata.com/datasets/btchxktzyw/7>

Ioannidis, John P.A.(2024).August 2024 data-update for "Updated science-wide author databases of standardized citation indicators.Elsevier Data Repository, V7

(5) 百度学术首期引文报告系统科学领域高被引作者第 1 名链接

<https://xueshu.baidu.com/usercenter/index/category?meauId=7>

(6) 巴基斯坦灰色系统学会颁发全球卓越奖报道链接及文章题目 <https://www.emeraldgrouppublishing.com/journal/gs>“Professor Sifeng Liu won the Global Excellence Award”

(7) 中国知网 1949-2009 年自然科学总论高被引图书第一名【获奖证明 4】

(8) 中国知网 2024 年高被引图书证书【获奖证书 5】

3 主流媒体报道评价

(1) 中华人民共和国中央人民政府官网、中宣部“学习强国”官网和新华社、人民日报及德国总理府官网报道时任德国总理默克尔评价

2019 年 9 月 7 日,时任德国总理默克尔在华中科大演讲时称赞灰色系统理论创始人邓聚龙教授和本项目负责人工作“深刻地影响着世界。”【主流媒体报道评价 1】

(2) 中宣部“学习强国”官网报道链接：“刘思峰教授团队赋予了这一中国原创新学说强大的生命力 <https://www.xuexi.cn/lpage/detail/index.html?id=1489385859498816171>

(3) 人民周刊网科学栏目报道“推动灰色系统理论走向世界”链接：

https://www.peopleweekly.cn/html/2022/kexue_0512/125390.html

(4) 中国新闻网报道“灰色系统理论创立 40 周年：推动航空航天等领域发展”报道链接：

<https://www.chinanews.com.cn/gn/2022/11-30/9905736.shtml>

(5) 中国科技网报道胡海岩院士、单忠德院士和郭宝柱院士评价。单院士：“为中国科学家深度参与全球科技治理贡献了中国智慧、中国方案、中国力量。”【主流媒体报道评价 2】

4 著名学者评价

(1) 著名科学家钱学森先生《系统评估、预测、决策与优化研究论丛》卷首语:

“……获悉贵中心主持编撰的《系统评估、预测、决策与优化研究论丛》将由科学出版社陆续出版,特表示祝贺!

……对复杂巨系统问题进行评估、预测、决策及其优化,……,目前还在探索中。希望你们将此作为研究的重点,早日做出成绩来。祝你们成功!”【著名学者评价1】

(2) 灰色系统理论创始人邓聚龙教授:“有关序列算子等数学思路与方法,属作者独创”。“这样一本有理论、有实际,有研究、有应用,有背景、有升华,有继承、有开拓的著作,将为灰色系统理论的发展……做出贡献。”【代表作1,首版序】

(3) 协同学创始人 Haken(德):“许多方法和技术属于作者首次提出”【代表作2,序3】

(4) 国家教育部部长怀进鹏院士:“是落实习近平总书记关于推动构建人类命运共同体重要理念的重要体现,有利于提升中国科技的国际话语权”【著名学者评价2】

(5) 中国工程院前院长李晓红院士:“灰色模型的少数数据建模使得它特别适合于围岩位移早期的预测预报”【岩土力学,2005,26(6):852,854】

(6) 美国工程院院士、IEEE 前学术主席 James Tien(美)评价,称“刘思峰教授极大地扩展了邓教授的工作。”【代表作2,序3】

(7) 法兰西工程院院士、系统与控制世界组织前主席 Robert Vallée(法)在系统与控制世界组织会刊 Kybernetes,2008,Vol. 37, No.1 发表署名评论文章称:

“刘和林对系统科学发展和应用作出了卓越贡献”【代表作2,序4】

(8) 中国系统工程学会前理事长许国志院士和顾基发教授:“既有学术价值,又有实用价值的著作。”【代表作1,第二版序】

(9) 中国科学院院士林群先生评价:“一批青年学者顶着巨大的压力,咬定青山不放松,执著于中国人自己创立的新学科,潜心研究,一步一步地将中国的学问推向世界,这种精神难能可贵。”【代表作1,第五版序】

(10) 中国科学院院士、北京理工大学前校长胡海岩:刘思峰教授“长期坚持研究真问题、追求真贡献、创造真价值”“开辟了可靠性增长研究的新途径”【代表作1,第十版序】

(11) 中国工程院院士、西北工业大学校长宋保维:“灰色理论非常适合计算数据量少、分布不确定的数据列之间的关系。”【兵工学报,2007,28(5):565-567】

(12) 中国工程院院士、中南大学前校长刘业翔:“灰关联规则挖掘算法比较适合铝电解工业数据分析”【中国有色金属学报,2004,14(3):494-498】

(13) 加拿大皇家科学院前院长、中国科学院外籍院士 R. W. Hipel:“…作者十分精辟地向读者展示出许多艰深的技术概念,…读者能够运用书中的新方法解决许多实际问题”;“…我发现灰色系统在我自己研究的水资源领域十分有用。”【代表作2,序2】

(14) 立陶宛科学院院士、维尔纽斯科技大学前校长 E. K. Zavadskas:“刘在《灰色数据分析》这本新书中提出了多种新模型和新技术。”【Soft Computing (2019) 23:129-143】

(15) BIM 方法提出者 J. Rezaei(荷):“在不确定信息系统的数学分析中,灰色系统理论被公认为优于同类方法”。(Journal of Cleaner Production, 2019,221:768-784)

(16) 波兰灰色系统学会创会主席 R. Mierzwiaik 文章中特别加注,称:“本文提出的算法基于 Liu 和 Forrest(2010,2005)的发现”。(Journal of Cleaner Production, 2015, 105:28-40)

五、应用情况

主要应用单位情况表

序号	单位名称	应用的技术	应用对象及规模	应用起止时间	单位联系人/电话
1	中国商用飞机有限责任公司	C919 大型客机研制灰色系统分析关键技术研究与应用	大型飞机国家科技重大专项—C919 大型客机研制。	2010-2021	胡 忠 华 / 18019190546
2	中国航天科技集团上海航天电子公司	航空航天装备灰色系统分析方法与应用	微波专业产品、综合电子系统集成、精密机械产品等三条生产线； LTCC、微组装、可靠性验证与评估“三大平台”及综合环境实验室，以及宇航领域测控、通信、天线及微波、信号处理、数据处理、计算机控制、综合电子系统集成等专业技术产品以及天馈系统、精密机械产品等。	2017-2024	李 琦 /18121267117
3	新一代载人飞船项目办公室	重大装备研制灰色系统分析关键技术与应用	新一代载人飞船（梦舟）系统研制等	2021-2025	马 晓 兵 /010-68744842
4	西安航天动力试验技术研究所	重大装备研制灰色系统分析关键技术与应用	液体火箭发动机试验技术研究和发动机研制试验。	2023-2025	李 大 海 /18681853295
5	上海机电	基于灰色系	地面防空武器系	2019-2021	陈 顶

	工程研究所	统理论的 综合评估关键技术	统、舰载末端防护武器系统等研制		/151518 75620
6	解放军空军军械通用装备军事代表局	贫信息背景下复杂武器装备研制管理关键技术与应用	空军多型重点装备质量工程、标准规范和信息化平台建设	2011-2016	马 少 林 /1390 1307888

中国商用飞机有限责任公司应用情况：突破灰色系统分析关键技术，保障C919大型客机研制成功和完美首飞

项目组自中国商飞公司成立之初，即针对大型客机研制的迫切需求，开始与C919项目管理部及上海飞机设计研究院紧密合作，相继承担了国家科技重大专项-大型飞机（2009ZX1102）子课题“C919大型客机研制灰色系统分析关键技术与应用”等多项研究任务。针对C919大型客机研制迫切需要强力攻关，突破了复杂装备贫信息数据建模分析难题，取得系统性创新成果，为C919大型客机的研制成功和实现商业化运营提供了强有力的技术支持。

- （1）构建了基于贫信息的大型客机研制方案筛选和供应商选择、评价模型；
- （2）按照大型客机研制规律制定产品分解结构（PBS）及相应的工作分解结构（WBS）、成本分解结构（CBS），建立了科学高效的研制计划和成本管控体系；
- （3）建立了大型客机研制质量管控标准体系。提出关键部组件故障要因关联追溯与筛选方法，解决了大型客机故障诊断与质量控制难题；
- （4）构建灰色-AMSSA可靠性增长预测模型，解决了贫信息背景下大型客机可靠性增长建模预测难题；
- （5）构建了以异质性不确定数据为基础的全息可靠性评价模型，解决了大型客机可靠性评价难题。

中国商用飞机有限责任公司对项目组的工作给予充分肯定和高度评价：“创造性地突破了灰色系统分析关键技术，“从无到有”建立了完善的大型客机项目管理体系。大大提高了研制效率，保障了C919大型客机的研制成功和完美首飞。”

【应用证明 1：中国商用飞机公司应用证明】。科技日报网、中国新闻网、中国科技网报道。

2017年5月5日，中共中央 国务院电贺C919大型客机首飞成功。肯定C919“首飞成功标志着我国大型客机项目取得重大突破，是我国民用航空工业发展的重要里程碑。”【中央人民政府官网、中宣部“学习强国”官网、新华社、人民日报报道，其他附件 1】

六、主要知识产权和标准规范等目录（限 10 条）

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	专著	灰色系统理论及其应用	中国	7-81018-518-7/O·29	1991-02-01	7-81018-518-7/O·29	刘思峰	刘思峰 郭天榜
2	专著	Grey Systems Analysis	新加坡	Springer-Nature	2024-12-29	978-981-978726-5	刘思峰	刘思峰
3	发明专利	一种考虑惯性效应的多状态退化系统可靠性建模方法	中国	ZL202211420189.0	2024-08-13	7284674	董文杰	董文杰 刘思峰 谢乃明 方志耕 王俊杰 陶良彦
4	发明专利	一种考虑冲击损伤自愈效应的竞争失效系统可靠性评估方法、系统、设备及介质	中国	CN119028492B	2025-09-09	8238687	董文杰	董文杰 谢乃明 陶良彦
5	发明专利	大口径低温涡轮流量计	中国	ZL201610817729.7	2023-10-24	6428035	徐鸿鹏	徐鸿鹏 靳远宠 沈继彬 赵万明 唐斌运 郭立 朱晓刚 李刚
6	论文	A limited cost consensus approach with fairness concern and its application	荷兰	European Journal of Operational Research 298(1): 261-275	2022-04-01	298	杜俊良	杜俊良 刘思峰 刘勇
7	论文	Representative Point-Based Clustering With Neighborhood Information for Complex Data Structures	美国	IEEE TRANSACTIONS ON CYBERNETICS 55(4), pp.1620-1633	2025-04-10	3536087	尚中举	尚中举 党耀国 刘思峰
8	论文	A generalized grey model with	英国	Engineering	2024-10-01	136 (2024)	刘连义	刘连义

		symbolic regression algorithm and its application in predicting aircraft remaining useful life		Applications of Artificial Intelligence, 136 (2024) : 1-15		108986		刘思峰 杨英杰 郭晓君
9	论文	An agent-based framework for resilience analysis of service networks	英国	RELIABILITY ENGINEERING & SYSTEM SAFETY 253: pp. 1-12	2024-10-02	253 - 110523	耿孙悦	耿孙悦 刘思峰
10	论文	Grey relational analysis model with cross-sequences and its application in evaluating air quality index	英国	EXPERT SYSTEMS WITH APPLICATIONS	2023-06-26	233 120910	卢宁宁	卢宁宁 刘思峰 杜俊良 方志耕 董文杰 陶良彦

七、主要完成人情况

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
刘思峰	1		教授	西北工业大学	西北工业大学	创新点 1-6
唐伟	2		研究员	西北工业大学	西北工业大学	创新点 4, 5
陶良彦	3	支部书记	副教授	南京航空航天大学	南京航空航天大学	创新点 3, 4, 5
徐鸿鹏	4	副主任	研究员	西安航天动力试验技术研究所	西安航天动力试验技术研究所	创新点 4, 5
董文杰	5		副教授	南京航空航天大学	南京航空航天大学	创新点 3, 4, 5
杜俊良	6		副教授	山东财经大学	南京航空航天大学	创新点 3, 5
尚中举	7		博士后	西北工业大学	西北工业大学	创新点 5
刘连义	8		讲师	南京航空航天大学	南京航空航天大学	创新点 2, 4
耿孙悦	9		工程师	中国星网网络系统研究院有限公司	西北工业大学	创新点 5
卢宁宁	10		无	西北工业大学	西北工业大学	创新点 3

八、主要完成单位情况及创新推广贡献

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	项目组针对重大装备灰色数据建模分析迫切需求, 聚焦关键科学问题持续攻关, 突破了复杂装备发展不确定数据建模难题, 取得系统性创新成果, 为推动中国原创学说走向世界做出了重大贡献: (1) 提出灰数“核”、一般灰数等原创概念。构建了新的灰数表征与运算体系; (2) 提出缓冲算子原创概念及公理, 开创引领了缓冲算子研究新领域; (3) 提出系列新型灰色关联分析模型; (4) 构建了系列新型灰色预测模型; (5) 提出多种新型综合评价模型; (6) 构建了新的灰色系统模型和方法体系。研究成果在中国商飞公司大型客机研制过程中得到系统性应用, 保障了 C919 研制成功和完美首飞。在中国航天科技集团上海航天电子公司和新一代载人飞船项目办公室等

		成功推广应用，解决了小数据、贫信息背景下重大装备质量控制与可靠性试验分析、可靠性增长评价和预测难题，产生直接经济效益 5.43 亿元。 多种原创模型成为本领域经典，在国内外产生了广泛影响。代表作 1 被他引 24580 次，其中 CNKI 他引 20680 次，SCI 他引 3900 次。成果被著名科学家钱学森、灰色系统理论创始人邓聚龙、协同学创始人哈肯和许国志、林群、怀进鹏、李晓红等 80 多位中外院士高度评价或正面引用。被德国前总理默克尔称赞。刘思峰教授 2022，2024 年分别获 Scholar GPS 系统理论领域全球万分之五终身顶级学者奖和近五年全球万分之五顶级学者奖。 本单位高度重视原始创新及服务国家重大需求，通过三秦英才特殊支持计划和校院创新团队项目为课题组提供了一流研究工作条件和充足的经费支持。
南京航空航天大学	2	项目组致力灰色系统理论研究 40 年。针对航空航天重大装备灰色数据建模分析迫切需求，聚焦关键科学问题持续攻关，取得系统性创新成果：（1）提出灰数“核”、一般灰数等原创概念。构建了新的灰数表征与运算体系；（2）提出缓冲算子原创概念及公理，开创引领了缓冲算子研究新领域；（3）提出系列新型灰色关联分析模型；（4）构建了系列新型灰色预测模型；（5）提出多种新型综合评价模型；（6）构建了新的灰色系统模型和方法体系。突破了复杂装备发展不确定数据建模难题，为推动中国原创学说走向世界做出了重大贡献。 该项目成果在中国商飞公司大型客机研制过程中得到系统性应用，大大提高了研制效率，保障了 C919 研制成功和完美首飞。在中国航天科技集团上海航天电子公司和上海机电工程研究所等重大装备研制过程中成功推广应用，解决了小数据、贫信息背景下重大装备质量控制与可靠性试验分析、可靠性增长评价和预测难题，产生直接经济效益 5.43 亿元。 代表作 1 被他引 24580 次，其中 CNKI 他引 20680 次，SCI 他引 3900 次。引用者分布在全球 130 多个国家和地区。被我国所有双一流高校和数百个承担国家重要科技计划课题组大量引用，2017 年被中国知网评为 1949-2009 年自然科学总论高被引图书第一名。刘思峰教授入选欧盟居里夫人国际学者资助计划资深 Fellow，2017 年被评为居里夫人计划学者 10 位“最有为科学家”之一。 我校高度重视原创及服务国家重大需求，通过省、校创新研究群体、高峰学科建设和创新团队支持计划为项目组提供了一流研究工作条件和充足的经费支持。

西安航天动力试验技术研究所	3	我所在承担载人航天、探月工程、空间站、深空探测等国家科技重大专项航天动力系统研制试验任务，以及特种化工、环保工程、非标机设备制造等过程中，与西北工业大学灰色系统与三航装备创新发展研究中心合作，应用刘思峰教授课题组提出的基于全局视角的绝对、相对、相似、接近、负向、三维等原创灰色关联分析模型，离散、差分、分数阶、多变量等多种原创灰色系统预测模型、灰数表征与合成算法、缓冲算子、基于混合可能度函数的灰色聚类评估模型和全息可靠性评价模型等灰色系统分析关键技术，针对以下技术难题：（1）液体火箭发动机试车台安全监测与故障诊断；（2）贫信息背景下发动机质量与可靠性试验数据建模分析；（3）基于异质性不确定信息的系统可靠性评价和预测；（4）基于灰色约束的生产计划和资源配置优化问题；（5）低温液氧球阀健康监测与剩余寿命预测，开展联合攻关，取得突出成效：突破了四机并联试车、单机摇摆试车、五机摇摆试车、高空模拟试车、变推力姿轨控试车、低温推进剂试车等数十项关键技术，出色完成了载人航天、探月工程、空间站、深空探测等国家科技重大专项航天动力系统研制试验任务，为我国航天事业发展和国防建设作出了重大贡献。研制试验定型的液体火箭发动机被评为“中国航天标志产品”，并获得“优质常规液体火箭发动机”金牌和国家金质奖。
----------------------	----------	---

九、完成人合作关系说明

一、“重大装备研制灰色系统分析关键技术与应用”项目第一完成人刘思峰与第二完成人唐伟、第七完成人尚中举、第十完成人卢宁宁属于同单位同课题组。唐伟是项目 2 和 3 的负责人，项目 1 的完成人。他将灰色系统理论的原创模型和方法应用于可重复使用运载火箭、火箭发动机和载人航天器质量与可靠性研究，取得突出成效。对主要科技创新 4，与刘思峰教授合作提出灰色-AMSSA 可靠性增长模型；对主要科技创新 5，与刘思峰教授合作提出一般不确定数的概念和全息可靠性增长模型等原创模型（完备性证明 1, 2, 3）。

二、项目第三完成人陶良彦和第五、第六、第八、第九完成人董文杰、杜俊良、刘连义、耿孙悦均为第一完成人刘思峰招收培养的博士研究生和博士后，研究方向为灰色系统理论和复杂装备研制数据分析建模方法与应用。他们在毕业或出站后继续与刘思峰的研究合作，并取得重要成果（代表性专利 3, 4；代表性论文 7-10）。

三、项目第四完成人徐鸿鹏是项目 3 的负责人（完备性证明 3）

完成人合作关系情况汇总表

序号	合作方式	合作关系人及排名	合作时间	合作成果	证明材料
1	项目合作	刘思峰（1）唐伟（2）	2017-2026	项目 1,2,3,5	完备性证明 1,2,3
2	项目、专利和论文合作	刘思峰（1）陶良彦（3）	2011-2026	项目 1, 4, 5, 专利 3, 论文 10	完备性证明 1, 知识产权 3,10
3	项目合作	刘思峰（1）徐鸿鹏（4）	2023-2026	项目 3	完备性证明 3
4	项目、专利和论文合作	刘思峰（1）董文杰（5）	2016-2026	项目 1,4,5, 专利 3, 论文 10	完备性证明 1, 知识产权 3,10
5	项目和论文合作	刘思峰（1）杜俊良（6）	2020-2026	项目 5, 论文 6, 10	论文 6, 10
6	项目和论文合作	刘思峰（1）尚中举（7）	2021-2026	项目 2, 3, 论	完备性证明 2, 3, 论文

				文 7	7
7	项目和论文合作	刘思峰（1）刘连义（8）	2019-2026	项目 2, 5, 论文 8	完备性证明 2, 论文 8
8	项目和论文合作	刘思峰（1）耿孙悦（9）	2018-2026	项目 3,5, 论文 9	完备性证明 3, 论文 9
9	项目和论文合作	刘思峰（1）卢宁宁（9）	2021-2026	项目 2, 3, 论文 10	完备性证明 2, 3, 论文 10