附件：

2025年度拟提名陕西省自然科学奖项目公示内容

1. 项目名称

航空航天装备灰色系统分析方法与应用

1. 提名者及提名意见

提名者：周志成、中国空间技术研究院、研究员、航空宇航科学与技术；

陈晓红、湖南工商大学、教授。管理科学与工程

提名意见：

项目组致力灰色系统理论研究40年。瞄准国家航空航天装备发展重大需求，聚焦关键科学问题持续攻关，取得系统性创新成果：（1）构建了新的灰色系统模型和方法体系；（2）提出了系列原创灰色关联分析模型；（3）构建了系列原创灰色预测模型；（4）提出了缓冲算子等原创概念和多种新型评价模型，突破了复杂装备发展不确定数据建模难题。提出的主要原创概念、模型和方法成为大学经典教科书和国家一流课程的主体内容，在我国创新发展和高层次人才培养中发挥了重要作用。并为推动中国原创学说走向世界做出了重大贡献。

8篇代表作CNKI他引5697次，SCI他引1593次，引用者遍布全国各省市区和港澳台，被数百个承担国家重要科技计划项目课题组和我国所有双一流高校大量引用；海外引用者分布在全球130多个国家和地区。在国内外产生了重大学术影响。

项目成果已成功应用于中国商用飞机公司：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、北京遥测技术研究所和上海机电工程研究所等应用，解决了小数据、贫信息背景下探月工程、载人航天工程、北斗导航等多项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，产生了显著的社会经济效益。

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，特提名为陕西省自然科学奖一等奖。

1. 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。航空航天装备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、分析及复杂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，对航空航天装备发展至关重要。项目组致力灰色系统理论研究逾40年。针对航空航天重大装备发展灰色数据建模分析的迫切需求，聚焦关键科学问题持续攻关，取得系统性创新成果，突破了复杂装备发展不确定数据建模分析难题，构建了新的灰色系统模型和方法体系，为推动中国原创学说走向世界做出了重大贡献。重要科学发现如下：

1. **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。

（2）**提出了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、三维等原创模型和航空航天装备故障要因关联追溯与筛选方法，解决了复杂装备故障诊断与溯源难题**。**

（3）**构建了系列新型灰色预测模型。**深度挖掘灰色数据序列演化规律，基于频谱分析揭示了累加算子等序列算子作用机理，提出离散、差分、分数阶等原创模型；揭示了航空航天装备贫信息故障数据建模机理，构建了灰色-AMSSA可靠性增长预测模型，解决了贫信息背景下复杂装备故障数据分析和可靠性增长建模难题**。**

（4）**提出了缓冲算子等原创概念和多种新型评价模型。**解构灰信息特征，发现了灰数合成的客观规律，提出灰数“核”、一般灰数、一般不确定数和缓冲算子等原创概念，构建了灰数表征与合成算法；开创引领了缓冲算子研究新领域；提出急件缓冲、关键设备缓冲控制、基于混合可能度函数的灰色聚类评估模型和全息可靠性增长评价模型，解决了贫信息背景下复杂装备可靠性增长评价难题**。**

该项目成果已成功应用于中国商用飞机有限公司和中国航天科技集团上海航天电子有限公司、北京遥测技术研究所和上海机电工程研究所等重大装备研制实践，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，产生了显著的社会经济效益。（1）中国商用飞机公司：**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研制成功和完美首飞**；（2）中国航天科技集团上海航天电子有限公司：解决了重大装备故障要因诊断和关联追溯、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**；（3）中国航天科技集团北京遥测技术研究所：解决了小数据、贫信息质量控制和可靠性试验分析难题，保证了长征五号和长征五号B运载火箭配套产品研制进度、质量和可靠性。2018-2020年，合计**新增利税20806.3万元**；（4）中国航天科技集团上海机电工程研究所：解决了一类极小子样试验数据背景的型号可靠性参数估计等问题，为战区保障20余次，总计**节约经费约14300万元**；（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；（6）北京交通大学轨道交通控制与安全国家重点实验室：在承担的863、国家科技支撑计划和国家自然科学基金重点项目等多项重大项目研究中成功应用刘思峰教授提出的灰色系统新模型和新方法，取得重要成果：有效地克服了传统评估方法的缺陷；使电平和干扰矩阵估计精确度提高了15.6%。另外，还被船舶工程（宋保维院士）、矿业工程、岩土工程（李晓红院士、葛修润院士、冯夏庭院士、杨春和院士）、电力工程（孙才新院士）等领域院士团队持续关注、引用。

多种原创模型成为本领域经典，在国内外产生了广泛影响。8篇代表作CNKI他引5697次，SCI他引1593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。代表作1被承担国家科技重大专项和973、863等国家重要科技计划项目课题组引用706次，我国所有双一流高校均有大量引用，**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。**项目负责人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•居里国际学者计划资深Fellow，2017 年被评为居里夫人计划学者前10位“最有为科学家”，是该计划1986年推出至今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”；**2024年，2025年分别获Scholar GPS 全球Top 0.05% 终身顶级学者奖和近五年全球Top 0.05% 顶级学者奖**。据荟知学术网，刘思峰H-指数为107。应邀在国际会议作大会报告22次，赴国内外学术机构讲学120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60多位中外院士高度评价或正面引用。教育部部长怀进鹏院士称赞项目组的工作“**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）

1. 客观评价
2. 欧盟玛丽•居里国际学者计划Fellow获奖证书和欧盟居里夫人计划学者颁奖大会前10位“最有为科学家”展板，【获奖证书1】。**在居里夫人计划学者研究成果综合评价中名列前10是居里夫人计划1986年推出至今中国学者获得的最高评价。**
3. 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2】

**该领域目前全球共12人获奖，其中中国获奖学者1人。**

1. 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3】

**该领域目前全球共4人获奖，其中中国获奖学者2人。**

1. 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, doi:10.17632/btchxktzyw.7

1. 国家级领军人才证明【获奖证明4】
2. 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>

1. 巴基斯坦灰色系统学会颁发的“全球卓越奖”奖牌【获奖证明5】
2. 中国知网评为1949-2009年自然科学总论高被引图书第一名【获奖证明6】
3. 国家线下和线上一流课程获奖证书【获奖证书7,8】。

**2** **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的工作“**深刻地影响着世界。**”【主流媒体报道评价1】

1. 中宣部“学习强国”官网报道【主流媒体报道评价2】：“大家看到了一群伟大而又平凡的“播火者”坚守信念、默默奉献、接力奋斗的闪光人生。”
2. 人民周刊网报道【主流媒体报道评价3】
3. -（5）中国新闻网和中国科技网报道【主流媒体报道评价4，5】

“为提升中国科技的国际话语权提供了有力支撑。”

**3 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）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】。

**（3）中国工程院院长李晓红院士：“**灰色模型的少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）】。

**（4）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。” 【代表性论著1，首版序】

**（5）协同学创始人H. Haken**（德）：“许多方法和技术属于作者首次提出……” 【代表性论著3，序3】。

**（6）美国工程院院士、IEEE前学术主席James Tien**（美）为本书代表性论著3撰写序言，称“**刘思峰教授极大地扩展了邓教授的工作**。”【代表性论著3，序1】

**（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**”【代表性论著3，序4】。

**（8）中国科学院院士林群先生**为代表性论著1撰写的序言:“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。” 【代表性论著1，第五版序】

**（9）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。” 【代表性论著1，第二版序】。

**（10）中国科学院院士、北京理工大学前校长胡海岩先生**:“刘思峰教授通过对航空航天重大装备可靠性增长数据的深入分析, 发现其具有随机、模糊、灰色、粗糙数据并存的特性, 由此出了一般不确定性数据和一般不确定性变量等新概念, 开辟了可靠性增长研究的新途径。”【代表性论著1，第十版序】。

**（11）中国科学院院士赵淳生先生**在国际期刊发表署名评论:“研究成果在高档数控机床与基础制造技术、大型油气田及煤层气开发、水体污染控制与治理、大型飞机等国家科技重大专项和一百多项“973”、“863”、……研究中得到实际应用，**对我国科技进步和创新产生了重要作用。**” （Journal of Grey System, 2015，27(1):127-129）

**（12）BWM 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)

**（13）灰色系统与不确定性分析国际联合会执行主席**Y Yang和**Type-2模糊集提出者R John** (英)：基于Liu的工作定义了灰集合和灰度（Infor. Sciences, 2012, No. 185: 249）

**（14）波兰灰色系统学会创会主席R Mierzwiak**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)

**（15）中国工程院张平院士**：“基于灰色聚类信息安全评估模型的结果是一个向量, 克服了传统的用单一值评价多因素多指标问题的弊病, 并且用较少数量的样本, 就能评估安全系统的危险等级。因此, 本方法适用性强，值得推广应用.” （北京邮电大学学报，2006，29：95）。

1. 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）

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 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（年月 日） | 通讯作者（含共同） | 第一作者（含共同） | 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 | 灰色系统理论及其应用 | 河南大学出版社 | 刘思峰 郭天榜 | 1991,1-393 | 1991-02-01 | 刘思峰 | 刘思峰 | 刘思峰 郭天榜 | 5233 | CNKI | 是 |
| 2 | Grey Systems Theory and Applications | Springer | 刘思峰 Yi Lin | 2011, 1- | 2011-01-01 | 刘思峰 | 刘思峰 | 刘思峰 | 1246 | SCI | 是 |
| 3 | Grey Systems Analysis: Methods,Models and Applications | Springer | 刘思峰 Yingjie Yang Yi Lin | 2022,1-365 | 2022-12-01 | 刘思峰 | 刘思峰 | 刘思峰 | 34 | SCI | 是 |
| 4 | On general uncertainty data and general uncertainty variable for reliability growth analysis of major Aerospace equipment | Grey Systems: Theory and  Application | 刘思峰 唐伟 | 2023,13（2）：  261-276 | 2023-05-10 | 刘思峰 | 刘思峰 | 刘思峰  唐伟 | 8 | SCI | 是 |
| 5 | On the New Model System and Framework of Grey System Theory | Journal of Grey System | 刘思峰 陶良彦 谢乃明Yingjie Yang | 2016,28(1):1-15 | 2016-02-15 | 陶良彦 | 刘思峰 | 刘思峰  陶良彦  谢乃明 | 61 | SCI | 是 |
| 6 | Forecasting the development trend of new energy vehicles in China by an optimized fractional discrete grey power model | Joyrnal of Cleaner Production | 刘连义 刘思峰 吴利丰 祝军生 商港 | 2022,,372,133708：1-13 | 2022-08-23 | 刘连义 | 刘连义 | 刘连义 刘思峰 吴利丰 祝军生 商港 | 61 | SCI | 是 |
| 7 | Reliability modelling for multi-component systems  subject to stochastic deterioration and generalized  cumulative shock damages | Reliability Engineering and System Safety | 董文杰 刘思峰 Suk Joo Bae曹颖赛 | 2021,205,107260：1-10 | 2020-10-03 | Suk Joo Bae | 董文杰 | 董文杰 刘思峰 曹颖赛 | 58 | SCI | 是 |
| 8 | A novel grey multi-criteria three-way decisions model  and its application | Computers & Industrial Engineering | 杜俊良 刘思峰 刘勇 | 2021,158, 107405：  1-15 | 2021-05-21 | 杜俊良 | 杜俊良 | 杜俊良 刘思峰 刘勇 | 72 | SCI | 是 |
| 合 计 | | | | | | | | | 6773 |  |  |

1. 主要完成人情况（不超过6人）

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 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 | （1）提出总体研究思路，把握项目研究方向，贡献了主要学术思想。（2）对重要科学发现 1，构建了新的灰色系统模型和方法体系；对重要科学发现 2，独立提出多种影响广泛的灰色关联度模型，并应用于解决航空航天重大装备故障要因追溯；对重要科学发现 3，提出多种新型灰色预测模型；对重要科学发现 4，与唐伟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。（3）是代表性论著1-5的第一作者和代表作6-8的责任作者。 |
| 唐伟 | 2 |  | 研究员 | 西北工业大学 | 西北工业大学 | （1）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。（2）对重要科学发现 3，与刘思峰教授合作提出灰色-AMSSA 可靠性增长模型；对重要科学发现 4，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。（3）是代表性论文 4 的第二作者。 |
| 陶良彦 | 3 |  | 副教授 | 南京航空航天大学 | 南京航空航天大学 | （1）对重要科学发现 1，与刘思峰教授合作构建了新的灰色系统理论研究框架。（2）在基于里程碑事件的复杂装备协同研制进度规划模型研究，分层管控架构下复杂装备研制项目进度计划模型研究以及以特征函数为传递参数的 CF-GERT 及其矩阵法求解方面取得突破性进展。（3）是代表性论文5 的通讯作者。 |
| 刘连义 | 4 |  | 讲师 | 南京航空航天大学 | 南京航空航天大学 | （1）对重要科学发现3，与刘思峰教授合作提出一种优化的离散灰色幂模型。该模型基于幂累积数据构建灰色微分方程及其离散形式，并在离散模型中引入分数阶累加算子，能够用于描述灰色信息因子与时间因子之间的非线性关系。（2）对重要科学发现 4，运用改进的灰色系统理论方法，构建了航空航天装备故障诊断和可靠性增长评价、预测模型，解决了贫信息背景下复杂装备可靠性增长建模问题。（2）是代表性论文 6的第一作者。 |
| 董文杰 | 5 |  | 副研究员 | 南京航空航天大学 | 南京航空航天大学 | （1）对重要科学发现 4，与刘思峰教授合作研究了多部件系统的可靠性建模问题，深入分析了随机退化与广义累积冲击损伤影响，提出了广义可靠性模型，并研究了其求解问题。 （2）是代表性论文 7的第一作者。 |
| 杜俊良 | 6 |  | 讲师 | 山东财经大学 | 南京航空航天大学 | （1）对重要科学发现 4，引入三支灰类的概念描述决策对象和灰类之间的不确定聚类关系，与刘思峰教授合作提出基于三支决策的灰  色可能度聚类方法； 运用灰色关联分析方法对复杂装备协同研制主体冲突影响因素进行分析，提出冲突消解与稳定控制策略。 （2）  是代表性论文 8 的第一作者。 |

1. 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 | 项目组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）构建了新的灰色系统模型和方法体系；（2）提出了系列原创灰色关联分析模型；（3）构建了系列原创灰色预测模型；（4）提出了缓冲算子等原创概念和多种新型评价模型，突破了复杂装备发展不确定数据建模难题，并为推动中国原创学说走向世界做出了重大贡献。  项目成果已成功应用于中国商用飞机有限公司：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、北京遥测技术研究所和上海机电工程研究所等应用，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，共增收节支64122.2万元。  8篇代表作他引：CNKI 5697次，WoS 1593次。引用者分布在全球130多个国家和地区。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怀进鹏、李晓红、单忠德等60多位中外院士高度评价。被德国前总理默克尔称赞。刘思峰教授2024年获Scholar GPS 全球Top 0.05% 终身顶级学者奖；2025年获Scholar GPS 近五年全球Top 0.05% 顶级学者奖。  本单位高度重视原始创新及国家重大需求，为项目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）构建了新的灰色系统模型和方法体系；（2）提出了系列原创灰色关联分析模型；（3）构建了多种原创灰色预测模型；（4）提出了缓冲算子等原创概念和多种新型评价模型，突破了复杂装备发展不确定数据建模难题。并为推动中国原创学说走向世界做出了重大贡献。  该项目成果已成功应用于中国商用飞机公司：大大提高了研制效率，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、北京遥测技术研究所和上海机电工程研究所等应用于重大装备研制实践，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，共增收节支64122.2万元。  8篇代表作他引：CNKI 5697次，WoS 1593次。引用者分布在全球130多个国家和地区。代表作1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。负责人入选欧盟玛丽•居里国际学者计划资深Fellow，2017 年被评为居里夫人计划学者前10位“最有为科学家”。  本单位高度重视原始创新及国家重大需求，通过校创新研究群体、高峰学科建设计划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。 |

1. 完成人合作关系说明

一、“航空航天装备灰色系统分析方法与应用”项目第一完成人刘思峰与第二完成人唐伟属于同单位同课题组。唐伟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。对重要科学发现 3，与刘思峰教授合作提出灰色-AMSSA 可靠性增长模型；对重要科学发现 4，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（代表性论著4）。

二、项目第三至第六完成人陶良彦、刘连义、董文杰和杜俊良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（代表性论著5-8）。

**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 | 项目和论文合作 | 刘思峰（1）唐伟（2） | 2017-2025 | 代表性论著4 | 附件4 |
| 2 | 项目和论文合作 | 刘思峰（1）陶良彦（3） | 2011-20245 | 代表性论著5 | 附件5 |
| 3 | 项目和论文合作 | 刘思峰（1）刘连义（4） | 2021-2025 | 代表性论著6 | 附件6 |
| 4 | 项目和论文合作 | 刘思峰（1）董文杰（5） | 2016-2025 | 代表性论著7 | 附件7 |
| 5 | 项目和论文合作 | 刘思峰（1）杜俊良（6） | 2020-20245 | 代表性论著8 | 附件8 |