

# 2024 年度安徽省科学技术奖提名项目公示内容

## 科学技术进步奖（项目一）

一、项目名称：多能场协同激光增材再制造关键技术与复杂环境应用

二、提名者：铜陵学院

三、主要知识产权和标准目录：

序号	名称	专利号/ 标准号	类别	申请人/ 起草单位
1	增材制造 金属粉末含水量的测定 卡尔费休库伦法	GB/T 45676-2025	国家标准	无锡市检验检测认证研究院、铜陵学院、等
2	增材制造 金属粉末床熔融成形件表面结构的测量及表征方法	GB/T 45675-2025	国家标准	无锡市检验检测认证研究院、青岛城市学院、铜陵学院、等
3	一种防开裂激光熔覆涂层的制备装置及其方法	ZL 202211386901.X	发明	南京航空航天大学、铜陵学院
4	一种增材制造用球形高温合金粉末及其制备方法	ZL 202411533247.X	发明	江苏威拉里新材料科技有限公司
5	一种高强韧增材制造铝合金材料及其制备方法	ZL 202211311202.9	发明	安徽中科春谷激光产业技术研究院有限公司
6	一种用于熔炼炉生产的调控方法	ZL 202411404326.0	发明	江苏威拉里新材料科技有限公司
7	一种 3D 打印金属粉末雾化制备装置及制备方法	ZL 202411124595.1	发明	江苏威拉里新材料科技有限公司
8	实现脉冲电流细化激光熔覆金属涂层凝固组织的方法及其装置	ZL 201310414396.X	发明	南京航空航天大学

9	一种修复 SLM 成型件的电 解-电沉积加工装置及方法	ZL 202011122547.0	发 明	南京航空航天 大学
10	一种用于套筒型工件的激 光熔覆加热装置及其方法	ZL 202110110386.1	发 明	安徽中科春谷 激光产业技术 研究院有限公 司

**四、主要完成人：**沈理达、王东生、刘爽、吕非、谢德巧、胡娟、赵剑峰、高雪松、李赞松、田宗军

**五、主要完成单位：**铜陵学院、南京航空航天大学、江苏威拉里新材料科技有限公司、安徽中科春谷激光产业技术研究院有限公司、无锡市检验检测认证研究院

**六、论证专家：**

专家姓名	工作单位	职称	专业领域
梁海弋	中国科学技术大学	教授	增材制造
程继贵	合肥工业大学	教授	材料科学与工程
刘秀波	中南林业科技大学	教授	激光加工
柴林江	重庆理工大学	教授	激光加工
王刚	安徽工程大学	教授	材料科学与工程
陈劲松	江苏海洋大学	教授	增材制造
杨友文	江西理工大学	副教授	增材制造

## 科学技术进步奖（项目二）

一、项目名称：高性能数控技术及电子自动冲切成型应用

二、提名者：铜陵学院

三、主要知识产权和标准目录：

序号	名称	专利号	类别	申请人
1	一种建立折弯回弹角预测模型的方法及其应用	ZL 201910400673.9	发明	合肥工业大学
2	一种电动助力车驱动系统双分数阶积分滑模控制方法	ZL 202310280588.X	发明	铜陵学院
3	一种轻型多用智能自动化分拣装置	ZL 202211314310.1	发明	铜陵学院
4	一种包装生产用的快速切割装置	ZL 202010703445.1	发明	铜陵学院
5	IC 引线框架在线检测设备	ZL 202430171362.1	外观设计	铜陵学院
6	用于半导体芯片封装的芯片定位方法	ZL 202011559926.6	发明	铜陵三佳山田科技股份有限公司
7	用于 QFN-BGA 半导体芯片的分选检测工艺及其设备	ZL 201710137416.1	发明	铜陵三佳山田科技股份有限公司
8	一种运行稳定的 LED 冲压生产线	ZL 201811515979.0	发明	铜陵三佳山田科技股份有限公司
9	多轴数控加工机床通用运动学求解软件 (HFUT-CIMS) V1.0	2020SR1619645	软著	合肥工业大学
10	基于机器视觉的智能处理系统 V1.0	2022SR1611878	软著	铜陵三佳山田科技股份有限公司

四、主要完成人：韩江、张少伍、刘正龙、章培培、丁宁、高鹏、孔国庆、郑翔、张蕾、李建

五、主要完成单位：铜陵学院、合肥工业大学、铜陵三佳山田科技股份有限公司

六、论证专家：

专家姓名	工作单位	职称	专业领域
张奎	安徽工业大学	教授	分析化学
钱付平	安徽工业大学	教授	热能工程
胡存刚	安徽大学	教授	电力电子与电力 传动
李刚	中钢集团马鞍山矿山研究院	研究员	安全技术及工程
许水清	合肥工业大学	副教授	控制理论与控制 工程

### 科学技术进步奖（项目三）

一、项目名称：面向半导体器件制造自动化产线的视觉检测核心技术与应用

二、提名者：铜陵学院

三、主要知识产权和标准目录：

序号	名称	专利号/著作权号/计划号	类别	申请人
1	市场和社会调查 定性和定量数据预处理与分析	GB/T 45749-2025	国家标准	铜陵学院等
2	LED 支架在线分拣设备	SI/T 11969-2025	行业标准	安徽陆科光电科技有限公司，铜陵学院等
3	一种 SMD-LED 全自动三维光学检测仪操作台	ZL 202010588313.9	发明专利	安徽陆科光电科技有限公司
4	一种高性能 5G 板对板连接器三维检测装置及检测方法	ZL 202210583595.2	发明专利	安徽陆科光电科技有限公司
5	一种用于单相逆变器的控制方法及计算机可读存储介质	ZL 202311693968.2	发明专利	铜陵学院
6	融合视觉注意力基于对比度的显著性检测方法及装置	ZL 201910542767.X	发明专利	安徽大学
7	基于深度神经网络色彩感知的显著性预测方法及装置	ZL 201910542301.X	发明专利	安徽大学
8	基于点线特征融合的单目视觉贯导 SLAM 方法及装置	ZL 202110873290.0	发明专利	安徽大学
9	基于计算机视觉的工业型材缺陷检测装置	ZL 202411845727.X	发明专利	安徽大学
10	端到端航天器组件检测方法、装置及介质	ZL 202311599715.9	发明专利	铜陵学院

四、主要完成人：李腾、苏本跃、刘根、齐平、王福成、陈明、周超、曹洁

五、主要完成单位：铜陵学院、安徽大学、安徽陆科光电科技有限公司

## 六、论证专家：

专家姓名	工作单位	职称	专业领域
梅涛	智象未来公司	加拿大工程院院士	计算机应用技术
汪增福	中国科学院合肥物质 科学研究院智能所	研究员	计算机应用技术
梁华为	中国科学院合肥物质 科学研究院	研究员	机械制造及其自动化
储昭碧	合肥工业大学	教授	机械制造及其自动化
石朝毅	合肥大学	副教授	电子信息工程

## 自然科学奖（项目一）

一、项目名称：相依随机变量的概率极限理论及应用

二、提名者：铜陵学院

三、提名意见：

铜陵学院、电子科技大学和合肥大学完成的科研成果“相依随机变量的概率极限理论及应用”，在国家自然科学基金项目“具有相依结构和投资回报的巨灾风险模型中破产概率的渐近估计研究（71501025）”、教育部人文社科基金“相依结构数据金融风险模型理论的研究（12YJCZH217）”、安徽省自然科学基金面上项目“基于 Copula 方法的金融风险理论研究（1708085MA04）”和安徽省自然科学基金面上项目“若干新相依序列极限定理问题的研究（1308085MA03）”等课题的支持下，针对 NQD（negatively quadrant dependent）、END（extended negatively dependent）等相依型随机变量，开展概率极限理论及其应用研究，在国内外重要学术刊物上发表论文 52 篇（SCI 论文 36 篇、CSCD 论文 16 篇），其中 5 篇代表性论文总他引 110 次，SCI 他引 79 次，获安徽省第七届自然科学优秀学术论文一等奖 1 篇，研究工作得到国内外同行关注和认可。

经审阅该项目申报材料真实可靠，内容填写符合要求。同意提名该项目申报 2024 年度安徽省自然科学奖。

四、项目简介：

相依变量的概率极限理论是概率学科中的活跃课题，在金融风险管理、保险精算等领域有着重要应用。经典风险模型理论研究已经取得了丰富的成果，但其中很多模型涉及到的随机变量均假设为相互独立的，而这样的假设使得模型在应用中有很大的局限性。因此在金融风险模型理论的研究中，需要削弱“独立性”的限制，提出新的相依结构概念，并研究其假设条件下的金融风险模型理论。相依序列在信用风险模型、保险精算以及可靠性理论等领域均有广泛应用，所以其极限理论以及在上述领域应用方面的研究已成为众多学者关注的课题。

项目围绕相依序列的极限理论及其在金融与保险领域中应用开展研究，通过提出新的相依结构概念，建立新相依变量的概率不等式与矩不等式，获得相依序

列的强大数律、矩收敛性以及完全收敛性等极限定理结果，解决了极限理论领域部分公开问题。基于相依结构变量的极限理论与随机分析方法，对具有相依结构和投资回报的巨灾风险模型中破产概率的渐近估计，以及违约相依模型框架下信用衍生产品的风险分析与公允定价，给出新的研究理论与量化计算方法。

研究成果在 *Journal of Mathematical Analysis and Applications*、*SIAM Theory of Probability and Its Applications*、*Stochastics*、*Lithuanian Mathematical Journal*、*Journal of the Korean Mathematical Society*、*应用数学学报*、*数学物理学报*、*应用概率统计* 等国内外重要学术刊物上发表论文 52 篇（SCI 论文 36 篇、CSCD 论文 16 篇），其中，中科院 SCI 二区论文 4 篇、三区论文 10 篇，累计影响因子 34.5，大于等于 3 的 2 篇、大于等于 1 小于 3 的 10 篇。5 篇代表性论文总他引 110 次，SCI 他引 79 次，获安徽省第七届自然科学优秀学术论文一等奖 1 篇，研究工作得到国内外同行关注和认可。

## 五、代表性论文（专著）目录

1. Wu Yongfeng, Guan Mei, Mean convergence theorems and weak laws of large numbers for weighted sums of dependent random variables, *Journal of Mathematical Analysis and Applications*, 2011, 377(2), 613-623.

2. Wu Yongfeng, Guan Mei, Convergence properties of the partial sums for sequences of END random variables, *Journal of the Korean Mathematical Society*, 2012, 49(6), 1097-1110.

3. Wu Yongfeng, Soo Hak Sung, Andrei Volodin, A note on the rates of convergence for weighted sums of  $\rho^*$ -mixing random variables, *Lithuanian Mathematical Journal*, 2014, 54(2), 220–228.

4. Wu Yongfeng, Peng, Jiangyan, Hu Tien-Chung, Limiting behaviour for arrays of row-wise END random variables under conditions of h-integrability, *Stochastics*, 2015, 87(3), 409-423.

5. 吴永锋, 两两 NQD 列的  $L_p$  收敛性和矩完全收敛性[J], *数学物理学报*, 2013, 33(5): 850-859.

六、主要完成人：吴永锋、彭江艳、管梅

七、主要完成单位：铜陵学院、电子科技大学、合肥大学

八、论证专家：

姓名	工作单位	职称	专业领域
王定成	电子科技大学	教授	概率极限理论
申广君	安徽师范大学	教授	随机分析
李永明	上饶师范学院	教授	数理统计
吴群英	桂林理工大学	教授	概率极限理论
徐林	安徽师范大学	教授	风险管理

## 自然科学奖（项目二）

一、项目名称：核聚变环境下钨材料辐照损伤的多尺度模拟与理论创新

二、提名者：铜陵学院

三、提名意见：

该项目围绕核聚变反应堆第一壁钨材料的关键辐照损伤问题，开展了系统深入的多尺度模拟研究，取得了一系列原创性成果：

在微观机制研究方面：国际首次精确量化了氦在钨不同低指数晶面（(100)、(110)、(111)）的迁移扩散能垒（5.82 eV, 6.50 eV, 5.92 eV）；建立了精确预测氦注入深度分布的Gamma模型，确定了大于7 eV的阈值能量。在辐照损伤演化理论方面：深刻揭示了钨表面“凸起-孔洞”纳米结构的协同演化机制及分形生长特征（ $\sim 2.7$  分形维数）；发现了大尺寸氦泡（ $>4$  nm）通过高达13.35 eV的结合能锚定位错环形成稳定复合缺陷的新机制。在模拟方法学创新方面：提出了创新的分子动力学加速算法，将传统模拟效率提升2-16倍，首次实现了极具挑战性的纳米级“绒毛”结构的全动态演化模拟。在材料热力学行为预测方面：建立了含氦钨纳米丝熔点尺寸效应模型，成功预测了其熔点的显著下降（6.1-17.0%）并解决了实验中1900K低温退火的机制问题。

项目成果创新性强：在氦-钨相互作用微观机制、纳米结构演化模型、模拟计算方法及材料热力学行为预测等方面做出了多项原创性贡献，为深刻理解聚变堆钨壁材辐照损伤这一核心难题提供了全新视角和关键理论。

项目成果价值显著：所建立的理论模型和获得的关键参数（如扩散能垒、注入深度模型、氦泡-位错环结合能、熔点尺寸效应等）可直接服务于国际热核聚变实验堆（ITER）和中核聚变工程实验堆（CFETR）关键钨部件的设计、性能优化与服役寿命预测，具有极其重要的工程应用价值。

项目成果影响力强：提出的理论模型已被国际同行广泛应用于解释钨辐照损伤现象，显著提升了我国在聚变材料模拟领域研究的国际地位和学术影响力。

综上所述，“核聚变环境下钨材料辐照损伤的多尺度模拟与理论创新”项目在基础理论研究、关键技术创新及解决国家重大战略需求方面均取得了突出成就。项目研究成果整体达到国际先进水平，在多尺度方法创新和关键机理揭示方

面达到国际领先水平。

经审阅该项目申报材料真实可靠，内容填写符合要求。同意提名该项目申报2024年度安徽省自然科学奖。

#### 四、项目简介：

在核聚变反应堆极端环境下，钨作为第一壁材料面临高能氦离子辐照导致的纳米结构演化挑战。本项目通过多尺度模拟方法，系统研究了氦在钨中的扩散动力学行为、表面纳米结构形成机制以及材料热稳定性退化规律。研究重点解决了氦注入深度分布预测、位错环与氦泡相互作用机理、纳米结构热力学稳定性等关键科学问题。

项目首次量化了钨低指数晶面的氦扩散能垒分布，发现(100)、(110)、(111)晶面的能垒分别为 5.82 eV、6.50 eV 和 5.92 eV。通过建立 Gamma 分布模型  $p(x) = x^{k-1}e^{-x/\theta}/[\Gamma(k)\theta^k]$ ，精确描述了氦注入深度与入射能量的非线性关系，确定氦注入阈值能量需大于 7 eV，这一结论被国际聚变实验装置（如 EAST）的辐照测试数据验证。

在介观尺度上，研究揭示了表面纳米结构的动态演化机制：位错环在表面湮灭形成凸起结构，增大的表面积促进氦泡优先聚集，而氦泡破裂又导致表面孔洞形成。这种“凸起-孔洞”协同生长过程符合分形生长规律，其分形维数约为 2.7。特别发现大尺寸氦泡（>4 nm）通过高达 13.35 eV 的结合能锚定位错环，形成稳定的复合缺陷结构。

项目开发了创新的分子动力学加速算法，通过直接植入符合实验统计分布的氦原子，将传统模拟效率提升 2-16 倍，首次实现了百纳米级“绒毛”结构的全动态模拟。在热稳定性研究方面，建立了纳米丝熔点尺寸效应模型  $T = T_m(1 - r_1/r)$ ，预测含氦（1-4 at.%）钨纳米丝（10-200nm）的熔点下降幅度达 6.1-17.0%，这一理论成功解释了实验中观察到的 1900K 低温退火现象。

该项目通过多尺度模拟与理论创新，为 ITER/CFETR 钨部件设计提供关键参数，为钨材料的性能优化和寿命预测提供了理论依据。同时，理论模型被国际同行广泛应用于钨辐照损伤解释，为我国聚变材料研究提供了重要的理论基础，推动了我国在聚变材料模拟研究领域达到国际先进水平。

## 五、代表性论文（专著）目录

1. Wang, J. et al. Diffusion and incidence of helium on tungsten surface. J. Nucl. Mater. 586, (2023).

2. Wang, J. et al. Possible approaches for simulating the formation of fuzz structure on tungsten surface under helium irradiation. Comput. Mater. Sci. 235, (2024).

3. Wang, J. et al. Molecular dynamics study on melting point of tungsten nanostructures. Nucl. Mater. Energy 33, (2022).

4. Wang, J., et al. Molecular dynamics study on the origin of fuzz structure on tungsten surface. J. Nucl. Mater. 547, 152835 (2021).

5. 李小椿, et al. 钨中自间隙原子团簇扩散行为的分子动力学模拟, 原子能科学技术, 55, 18-25, (2021).

六、主要完成人：王金龙、李小椿

七、主要完成单位：铜陵学院、中科院等离子体所

八、论证专家：

专家姓名	工作单位	职称	专业领域
张奎	安徽工业大学	教授	分析化学
钱付平	安徽工业大学	教授	热能工程
胡存刚	安徽大学	教授	电力电子与电力传动
李刚	中钢集团马鞍山矿山研究院	研究员	安全技术及工程
许水清	合肥工业大学	副教授	控制理论与控制工程