

成果登记号: Y20230868

## 应用技术类科技成果登记表

( 2023 年度)

科技成果名称: 一种高温合金晶粒尺寸类圆映射超声评价方法

第一完成单位: 南昌航空大学 (盖章)

研究起始日期: 2017年01月

研究终止日期: 2022年12月

推荐单位: 江西省教育厅 (盖章)

## 一、成果概况

科技成果名称	一种高温合金晶粒尺寸类圆映射超声评价方法		
研究起始日期	2017年01月01日	研究终止日期	2022年12月31日
成果登记日期	2023年09月15日	成果密级	非密
关键词	①发动机关键件	②缺陷检测	③组织评价
成果类别	<input type="checkbox"/> 项目验收或评价类 <input checked="" type="checkbox"/> 发明专利类 <input type="checkbox"/> 其他（植物新品种、新药证书、医疗器械准入证书、植物新品种审定证书、国家标准、行业标准等经主管行政机关批准的成果）		
成果体现形式	<input checked="" type="checkbox"/> 新技术 <input type="checkbox"/> 新工艺 <input type="checkbox"/> 新产品 <input type="checkbox"/> 新材料 <input type="checkbox"/> 新装备 <input type="checkbox"/> 植物新品种 <input type="checkbox"/> 生物医药新品种 <input type="checkbox"/> 矿产新品种 <input type="checkbox"/> 其他应用技术 <input type="checkbox"/> 国际标准 <input type="checkbox"/> 国家标准 <input type="checkbox"/> 行业标准 <input type="checkbox"/> 地方标准 <input type="checkbox"/> 企业标准 <input type="checkbox"/> 团体标准		
成果属性	<input checked="" type="checkbox"/> 原始性创新 <input type="checkbox"/> 国外引进消化吸收创新 <input type="checkbox"/> 国内技术二次开发		
成果所处阶段	<input type="checkbox"/> 初期阶段 <input type="checkbox"/> 中期阶段 <input checked="" type="checkbox"/> 成熟应用阶段		
成果水平	<input type="checkbox"/> 国际领先 <input checked="" type="checkbox"/> 国际先进 <input type="checkbox"/> 国内领先 <input type="checkbox"/> 国内先进 <input type="checkbox"/> 国内一般 <input type="checkbox"/> 未评价		
合作形式	<input checked="" type="checkbox"/> 独立研究 <input type="checkbox"/> 与企业合作 <input type="checkbox"/> 与院校合作 <input type="checkbox"/> 与研究院所合作 <input type="checkbox"/> 与国（境）外合作 <input type="checkbox"/> 其他		
学科分类	① 模式识别	② 测试计量仪器	
中图分类	① 航空用材料	②	
战略性新兴产业	<input type="checkbox"/> 节能环保 <input checked="" type="checkbox"/> 新一代信息技术 <input type="checkbox"/> 生物 <input type="checkbox"/> 高端装备制造 <input type="checkbox"/> 新能源 <input type="checkbox"/> 新材料 <input type="checkbox"/> 新能源汽车		

所属高新技术领域	<input checked="" type="checkbox"/> 电子信息 <input type="checkbox"/> 先进制造 <input type="checkbox"/> 航空航天 <input type="checkbox"/> 现代交通 <input type="checkbox"/> 生物医药与医疗器械 <input type="checkbox"/> 新材料 <input type="checkbox"/> 新能源与节能 <input type="checkbox"/> 环境保护 <input type="checkbox"/> 地球、空间与海洋 <input type="checkbox"/> 核应用技术 <input type="checkbox"/> 现代农业
成果应用的国民经济行业	<input type="checkbox"/> 农、林、牧、渔业 <input type="checkbox"/> 采矿业 <input checked="" type="checkbox"/> 制造业 <input type="checkbox"/> 电力、热力、燃气及水生产和供应业 <input type="checkbox"/> 建筑业 <input type="checkbox"/> 批发和零售业 <input type="checkbox"/> 交通运输、仓储和邮政业 <input type="checkbox"/> 住宿和餐饮业 <input type="checkbox"/> 信息传输、软件和信息技术服务业 <input type="checkbox"/> 金融业 <input type="checkbox"/> 房地产业 <input type="checkbox"/> 租赁和商务服务业 <input type="checkbox"/> 科学研究和技术服务业 <input type="checkbox"/> 水利、环境和公共设施管理业 <input type="checkbox"/> 居民服务、修理和其他服务业 <input type="checkbox"/> 教育 <input type="checkbox"/> 卫生和社会工作 <input type="checkbox"/> 文化、体育和娱乐业 <input type="checkbox"/> 公共管理、社会保障和社会组织 <input type="checkbox"/> 国际组织

二、立项情况

课题来源	其他计划	地方基金									
课题来源单位	江西省自然科学基金委										
课题立项名称	航空发动机镍基高温合金组织结构的超声智能评价方法研究										
课题立项编号	20202BAB204036										
经费实际投入额（万元）											
总计	国家投入	部门投入	地方投入				基金投入	自有资金	银行贷款	国外资金	其他
			合计	省级投入	地级投入	县级投入					
6.00	0.00	0.00	6.00	6.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

### 三、评价情况

评价方式	<input type="checkbox"/> 鉴定 <input checked="" type="checkbox"/> 验收 <input type="checkbox"/> 行业准入 <input type="checkbox"/> 评估 <input type="checkbox"/> 机构评价 <input type="checkbox"/> 知识产权授权 <input type="checkbox"/> 其他					
评价单位	江西省自然科学基金委					
评价日期	2023年03月23日					
评价报告编号	20202BAB204036					
评价委员会名单						
评价委员会 职务	姓名	性别	工作单位	所学专业	现从事专业	职称
主任委员	卢黎明	男	华东交通大学	机械工程	机械工程摩擦学	正高
委员	魏俊超	男	南昌大学附属口腔医院	高分子化学与物理	生物降解高分子、口腔生物材料	正高
委员	秦欣梅	女	南昌大学	财务会计、信息管理	高校教师	正高
委员	黄贞岚	男	江西省科学院能源研究所	环境工程	环保技术	正高
委员	江莞	男	景德镇陶瓷大学	材料加工	材料科学与工程	正高
推广应用前景与措施						
<p>镍基高温合金具有优异的高温强度，良好的抗氧化和抗热腐蚀性能，是新一代航空发动机、航天器和火箭发动机的关键热端部件材料。以航空发动机机匣为例，机匣是复杂薄壁零件，其加工变形问题是我国航空发动机制造的关键技术瓶颈，组织结构均匀性是影响加工变形的主要原因之一。镍基高温合金铸、锻件组织结构的无损检测与定量评价是实现组织结构均匀性检测与评价的基础。</p> <p>航空产业已成为江西省重点支持和发展的产业之一，让江西航空研发强起来是我省航空产业发展的主方向。本项目以镍基高温合金组织结构定量评价为主要研究对象，围绕如何利用协同进化算法求解定量评价的 LSGO 问题、以及如何同时利用多种微观组织特征参数对镍基高温合金进行综合评价展开研究，本项目的研究成果符合为江西发展航空科技和高端制造产业战略需求提供智力支持的核心目标，项目的开展为航空发动机关键热端部件的镍基高温合金毛坯制造质量检测、评价、性能预测提供技术支持，为制造工艺改进提供数据支持，相关预期研究成果也可进一步推广至其它高温合金、钛合金等材料中。</p>						
主要技术文件目录及来源						
<p>发明专利：</p> <p>[1] 一种高温合金晶粒尺寸类圆映射超声评价方法，中国，发明专利，CN 201911296322.4，授权</p> <p>[2] 一种镍基合金晶粒尺寸的高维超声评价方法，中国，发明专利，CN 202111032359.3，授权</p> <p>[3] 高温合金晶粒尺寸识别模型的构建方法及尺寸识别方法，中国，发明专利，CN 202110186836.5，授权</p> <p>[4] 一种晶粒结构评价方法及系统，中国，发明专利，CN202011251581.8，受理</p> <p>学术论文：</p> <p>[1] Wei Zhang, Xi Chen, Ming Li, Hao Chen*, Guanhua Wu, Congxuan Zhang. Application of High-Dimensional Model Representation in the Ultrasonic Evaluation of Superalloy Grain Size[J]. Journal of Nondestructive Evaluation, 2022, 41(3): 1-12.</p> <p>[2] Chao He, Ming Li*, Congxuan Zhang Hao Chen, Peilong Zhong, Zhengxiu Li, Junhua Li. A Self-Organizing Map Approach for Constrained Multi-Objective Optimization Problems[J]. Complex and Intelligent Systems, 2022, 8(6): 5355-5375.</p> <p>[3] 陈曦*, 董金龙, 陈昊, 黎明, 彭思琴. GH4169 晶粒尺寸的双目标超声评价方法. 航空动力学报, 2021, 36(4): 816-825.</p> <p>[4] 钟沛龙, 黎明*, 何超, 陈昊. 基于SOM聚类 and 自适应算子选择的高维多目标进化算法. 电子学报, 2022, 50(8): 1959-1974.</p> <p>[5] 陈昊*, 陈园, 黎明, 李军华, 张聪炫. 基于维度缺失检测与恢复的协同进化算法[J]. 系统工程学报, 2021, 36(5): 590-601.</p>						

评价委员会专家测试报告
<p>发明专利:</p> <p>[1] 一种高温合金晶粒尺寸类圆映射超声评价方法, 中国, 发明专利, CN 201911296322.4, 授权</p> <p>[2] 一种镍基合金晶粒尺寸的高维超声评价方法, 中国, 发明专利, CN 202111032359.3, 授权</p> <p>[3] 高温合金晶粒尺寸识别模型的构建方法及尺寸识别方法, 中国, 发明专利, CN 202110186836.5, 授权</p> <p>[4] 一种晶粒结构评价方法及系统, 中国, 发明专利, CN202011251581.8, 受理</p> <p>学术论文:</p> <p>[1] Wei Zhang, Xi Chen, Ming Li, Hao Chen*, Guanhua Wu, Congxuan Zhang. Application of High-Dimensional Model Representation in the Ultrasonic Evaluation of Superalloy Grain Size[J]. Journal of Nondestructive Evaluation, 2022, 41(3): 1-12.</p> <p>[2] Chao He, Ming Li*, Congxuan Zhang Hao Chen, Peilong Zhong, Zhengxiu Li, Junhua Li. A Self-Organizing Map Approach for Constrained Multi-Objective Optimization Problems[J]. Complex and Intelligent Systems, 2022, 8(6): 5355-5375.</p> <p>[3] 陈曦*, 董金龙, 陈昊, 黎明, 彭思琴. GH4169 晶粒尺寸的双目标超声评价方法. 航空动力学报, 2021, 36(4): 816-825.</p> <p>[4] 钟沛龙, 黎明*, 何超, 陈昊. 基于SOM聚类 and 自适应算子选择的高维多目标进化算法. 电子学报, 2022, 50(8): 1959-1974.</p> <p>[5] 陈昊*, 陈园, 黎明, 李军华, 张聪炫. 基于维度缺失检测与恢复的协同进化算法[J]. 系统工程学报, 2021, 36(5): 590-601.</p>
评价意见
项目材料齐全、真实有效及完成计划任务书规定而主要研究内容和指标, 超额完成发明专利授权1项, 通过结题。

四、所获科技奖励

所获科技奖励情况						
序号	获奖类别	授权单位	奖励年份	奖励名称	奖励等级	获奖项目名称

309216551011

五、知识产权状况

知识产权形式	<input checked="" type="checkbox"/> 专利 <input type="checkbox"/> 软件著作权 <input type="checkbox"/> 其他			
已受理专利项数	0		已授权专利项数	1
专利情况				
序号	专利状况	专利类型	专利号	专利名称
1	已授权专利	发明专利	201911296322.4	一种高温合金晶粒尺寸类圆映射超声评价方法
获得软件著作权情况				
序号	软件著作权登记号		软件著作权名称	

309216551011



## 六、成果转化情况

应用状态	<input checked="" type="checkbox"/> 产业化应用 <input type="checkbox"/> 小批量或小范围应用 <input type="checkbox"/> 试用 <input type="checkbox"/> 应用后停用 <input type="checkbox"/> 未应用				
应用效果	<input checked="" type="checkbox"/> 落后技术、工艺、装备的替代 <input type="checkbox"/> 进口替代 <input type="checkbox"/> 填补国内空白 <input type="checkbox"/> 降低成本				
转化方式	<input type="checkbox"/> 自我转化 <input checked="" type="checkbox"/> 合作转化 <input type="checkbox"/> 技术转让 <input type="checkbox"/> 技术许可 <input type="checkbox"/> 技术作价投资 <input type="checkbox"/> 合作开发				
	合作转化方式	<input type="checkbox"/> 技术服务 <input checked="" type="checkbox"/> 合作开发 <input type="checkbox"/> 技术入股 <input type="checkbox"/> 完成人创业			
转移途径	<input type="checkbox"/> 协议定价 <input type="checkbox"/> 挂牌交易 <input type="checkbox"/> 技术拍卖 <input checked="" type="checkbox"/> 其他： 项目合作				
自我转化效益 (万元)	收入	净利润	实交税金	出口创汇	节约资金
合作转化收入 (万元)	103.00				
技术转让收入 (万元)		其中：知识产权转让收入 (万元)			
技术许可收入 (万元)		其中：知识产权许可收入 (万元)			
技术作价投资收入 (万元)		其中：技术入股股权折价 (万元)			
已转让单位数(个)					
转化的政府支持	<input type="checkbox"/> 纳入政府计划 <input type="checkbox"/> 进入政府采购 <input type="checkbox"/> 得到转化财政经费支持 <input type="checkbox"/> 享受政府税收优惠 <input type="checkbox"/> 军民融合 <input type="checkbox"/> 没有支持				
本单位转化政策支撑	<input checked="" type="checkbox"/> 设立转化机构 <input type="checkbox"/> 纳入绩效考评 <input type="checkbox"/> 与职称评定挂钩 <input type="checkbox"/> 与个人收入分配挂钩 <input type="checkbox"/> 未设立转化机构未出台转化政策				
转化的奖励和报酬	<input type="checkbox"/> 未实施转化收益奖励和报酬 <input checked="" type="checkbox"/> 未完全实施转化收益奖励和报酬 <input type="checkbox"/> 完全实施转化收益奖励和报酬				
项目研发人员状态	<input checked="" type="checkbox"/> 项目组基本完整保持 <input type="checkbox"/> 项目组解散 <input type="checkbox"/> 横向兼职 <input type="checkbox"/> 自主创业				

未应用的主要原因	<input type="checkbox"/> 成果没有应用/转化价值 <input type="checkbox"/> 缺乏产业配套技术支持 <input type="checkbox"/> 缺乏后续转化应用的人才队伍 <input type="checkbox"/> 对成果宣传推广力度不足 <input type="checkbox"/> 对产业化相关工作及市场不熟悉 <input type="checkbox"/> 无合适的合作单位 <input type="checkbox"/> 其他	<input type="checkbox"/> 成果目前还不具备应用/转化条件 <input type="checkbox"/> 没有足够的经费 <input type="checkbox"/> 市场存在非良性竞争（如仿制、地方保护等） <input type="checkbox"/> 有关研究人员对转化无兴趣或者无精力开展相关工作 <input type="checkbox"/> 缺乏良好的转化中介服务 <input type="checkbox"/> 愿意转让技术、但自己进行转化或产业化有困难
停用的主要原因	<input type="checkbox"/> 成果没有应用/转化价值 <input type="checkbox"/> 缺乏产业配套技术支持 <input type="checkbox"/> 缺乏后续转化应用的人才队伍 <input type="checkbox"/> 对成果宣传推广力度不足 <input type="checkbox"/> 对产业化相关工作及市场不熟悉 <input type="checkbox"/> 无合适的合作单位 <input type="checkbox"/> 其他	<input type="checkbox"/> 成果目前还不具备应用/转化条件 <input type="checkbox"/> 没有足够的经费 <input type="checkbox"/> 市场存在非良性竞争（如仿制、地方保护等） <input type="checkbox"/> 有关研究人员对转化无兴趣或者无精力开展相关工作 <input type="checkbox"/> 缺乏良好的转化中介服务 <input type="checkbox"/> 愿意转让技术、但自己进行转化或产业化有困难

## 七、成果转化需求

转化需求意向	<input checked="" type="checkbox"/> 近期内有转化需求 <input type="checkbox"/> 近期内无转化需求		
转化意向与范围	<input type="checkbox"/> 可国（境）内 外转让 <input checked="" type="checkbox"/> 仅限国（境）外转让 <input type="checkbox"/> 仅限国内转让 <input type="checkbox"/> 不转让		
拟采取的转化方式	<input checked="" type="checkbox"/> 合作转化 <input type="checkbox"/> 技术转让 <input type="checkbox"/> 技术许可 <input type="checkbox"/> 技术作价投资 <input type="checkbox"/> 合作开发		
成果转化联系人	陈昊	电话	13767072457
电子邮箱	chenhaoshl@nchu.edu.cn		

309216551011

## 八、成果完成单位情况

第一完成单位名称	南昌航空大学				
组织机构代码/ 统一社会信用代码	12360000491012291R				
通讯地址	江西省南昌市丰和南大道696号	邮政编码	330063		
网址	330063	传真	0791-83863101		
单位联系人	龙艳婷	联系人电话	13548963873		
电子邮箱	36039@nchu.edu.cn				
单位属性	<input type="checkbox"/> 独立科研机构 <input checked="" type="checkbox"/> 大专院校 <input type="checkbox"/> 医疗机构				
	企业	<input type="checkbox"/> 国有企业 <input type="checkbox"/> 集体企业 <input type="checkbox"/> 股份合作企业 <input type="checkbox"/> 联营企业 <input type="checkbox"/> 有限责任公司 <input type="checkbox"/> 股份有限公司 <input type="checkbox"/> 私营企业 <input type="checkbox"/> 个体经营 <input type="checkbox"/> 港、澳、台商 <input type="checkbox"/> 外商投资企业 <input type="checkbox"/> 其他企业 投资企业			
		科研机构转制型企业 <input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否			
	<input type="checkbox"/> 其他				
所在省市	江西省		推荐部门	江西省教育厅	
成果合作完成单位情况					
序号	单位名称	通讯地址	邮政编码	联系人	联系人电话

九、成果简介

<p><b>填写内容要求：</b>①课题来源与背景；②技术原理及性能指标；③技术的创造性与先进性；④技术的成熟程度，适用范围和安全性；⑤应用情况及存在的问题；⑥历年获奖情况；⑦成果简介要向社会公开，请不要填写商业秘密内容。</p>
<p><b>1、课题来源与背景</b></p> <p>镍基高温合金具有优异的高温强度，良好的抗氧化和抗热腐蚀性能，是新一代航空发动机、航天器和火箭发动机的关键热端部件材料（如：机匣、涡轮叶片、导向器叶片、涡轮盘、燃烧室等）。以航空发动机机匣为例，机匣是复杂薄壁零件，其加工变形问题是我国航空发动机制造的关键技术瓶颈，组织结构均匀性是影响加工变形的主要原因之一。镍基高温合金铸、锻件组织结构的无损检测与定量评价是实现组织结构均匀性检测与评价的基础，有助于准确判断毛坯制造质量，表征制造工艺改进的有效性，降低关键热端部件的加工变形概率。</p> <p>超声检测具有穿透力强，灵敏度和分辨率高、可定位和定量检测等优点，在航空发动机大规格高温合金构件制造质量检测领域得到了广泛应用。超声检测信号特征值与材料组织结构变化、二次相或沉淀物的形成相关，具备有效评价镍基高温合金的组织结构的能力。现有镍基高温合金铸、锻件组织结构的超声检测以噪声波高为主要判据，指标简单、阈值设置严格、误判率高，无法适应不断改进的制造工艺，亟需开展镍基高温合金铸、锻件组织结构的超声定量评价研究。</p> <p>组织结构超声定量评价技术的核心是确定微观组织特征参数与超声检测特征参数之间的定量关系模型，其本质是以模型待定系数为决策变量，以评价准确性为目标函数的优化问题。超声波在镍基高温合金中传播时，受到晶界、相界、孪晶等复杂组织结构的综合作用，若采用声速、衰减系数、非线性系数等单一超声检测参数对组织结构进行建模与评价，会因信息量的缺失而导致评价误差大；若增加检测参数规模，则会导致所对应优化问题的困难性大幅增加。以K次多项式模型为例，对于N个超声检测参数、M个微观组织表征参数的定量评价问题，待定系数规模为。若N与M均为10，则K=2时，问题规模为560维；K=3时，问题规模将达到1760维。此类具有高维、超高维决策变量的优化问题被称为大规模优化问题，LSGO问题的求解困难性为镍基高温合金组织结构的超声定量评价带来了新的挑战。</p> <p>本技术聚焦飞行器发动机关键重件微小缺陷与组织性能智能检测与评价，围绕如何利用协同进化算法求解定量评价的LSGO问题、以及如何同时利用多种微观组织特征参数对航空合金进行综合评价进行关键技术攻关。符合为江西发展航空科技和高端制造产业战略需求提供智力支持的核心目标，将为航空发动机关键热端部件的航空合金毛坯制造质量检测、评价、性能预测提供技术支持，为制造工艺改进提供数据支持。</p> <p>本技术得到江西省自然科学基金“航空发动机镍基高温合金组织结构的超声智能评价方法研究”、国家自然科学基金“高维多目标进化计算及可视化研究”、航天基金“金属与金属/金属与复合材料粘接结构超声检测研究”等项目支持。</p> <p><b>2、技术原理及性能指标</b></p> <p>本技术公开了一种高温合金晶粒尺寸的一类圆映射超声评价方法，包括对参考试块依次进行超声检测和金相制样，提取超声特征参数和晶粒尺寸；对超声特征参数进行归一化，设定类圆映射参数，并使用类圆映射方法将归一化后的超声特征参数全部投影至类圆空间，构建投影多边形并提取二阶超声特征参数；构建面向晶粒尺寸的高阶多项式拟合模型，并利用晶粒尺寸与二阶超声特征参数进行拟合；设定拟合误差为优化目标，并通过对类圆映射参数调整进行优化；当优化目标达到最小时，确定最佳的拟合模型参数和最佳的类圆映射参数，建立类圆映射超声评价模型。本发明通过类圆映射方法提取二阶超声特征参数，能够有效利用全部超声信息，从而提高了评价方法的精确性。</p> <p>主要技术指标：直径≤30cm锻件检测路径规划时间≤1s，直径≤100cm锻件检测路径规划时间≤3s，晶粒度评价误差≤0.5级（GB/T 6394-2017），虚拟样本优化率≥75%。</p> <p><b>3、技术的创造性与先进性</b></p> <p>(1) 将镍基高温合金组织结构的超声评价模型由低维优化问题提升至 LSGO问题，由单一参数表征提升至高维多目标综合评价。</p> <p>(2) 通过增加进化种群的信息量、利用进化知识降低问题求解难度等技术手段，建立面向知识发现的协同进化算法，对镍基高温合金组织结构的超声评价LSGO 问题进行有效求解。</p> <p>(3) 设计高维数据的降维可视化方法，并通过布局优化设计，提出镍基高温合金的高维多目标组织结构综合评价方法。</p> <p><b>4、技术的成熟程度，适用范围</b></p> <p>本技术成熟度：7级，适用于飞行器发动机涡轮盘、压气机机匣、结合环、安装边、封严环和环状火焰筒等主要关重件的微小缺陷检测与组织结构评价。</p>
<p><b>成果公报内容</b></p>

## 1、主要技术内容

(1) 合金虚拟样本生成。分别基于正态分布的多分布整体趋势扩散技术，和GAN 网络产生虚拟样本；以优化率为有效性准则，构建虚拟样本筛选机制来获得虚拟样本集，解决合金样本难以采集导致的小样本问题。

(2) 构建多参数评价模型。构建以准确性为目标的超声评价优化问题，将超声参数评价模型建模为大规模全局优化问题，得到晶粒尺寸评价的可信数学模型。

(3) 模型参数优化求解。从进化种群初始化策略和面向知识发现的协同进化策略为突破方向，提出一种基于自组织映射网络聚类 and 自适应算子选择的高维多目标进化算法以及基于 SOM 构建超平面的子空间关联策略，实现超声参数评价模型的 LSGO 问题求解与优化。

(4) 高维多目标结构综合评价。研究基于径向布局的高维数据低维投影映射方法，根据 Fiedler 相似性对组织结构参数进行排序，将高维表征参数映射到圆内空间；研究基于布局优化的高维多参数综合评价方法，将 Cut-HDMR 与 SVM 相结合，提出一种基于差分分组大规模协同进化算法智能计算方法，获得镍基高温合金的高维组织结构特征参数的综合评价曲线。

## 2、技术水平

针对飞行器发动机关重件开展组织结构的超声定量评价研究，增加组织结构特征参数与超声检测特征参数的规模，利用高维数据表示方法建立镍基高温合金组织结构超声定量评价模型，并将模型待定系数的求解问题转化为 LSGO 问题；通过云编码策略增加个体的知识信息，设计基于重要性与相关性的维度分组策略，研究进化知识的表示、提取与影响机制，构建面向知识发现的协同进化算法，求解镍基高温合金组织结构的 LSGO 评价问题；研究镍基高温合金组织结构高维特征参数的降维映射方法，通过优化映射参数，在映射空间下建立高维特征参数的综合评价方法。

## 3、取得的主要成果

围绕飞行器发动机关重件微小缺陷与组织性能智能检测与评价技术及应用发表研究论文 15 篇，授权 11 项。

## 4、达到的目标

(1) 针对单一超声参数无法准确评价镍基高温合金组织结构的问题，同时考虑多种超声检测参数、组织结构参数，构建镍基高温合金组织结构的超声评价模型，并将模型待定系数的求解问题转化为 LSGO 问题。

(2) 为了应对镍基高温合金组织结构超声评价 LSGO 问题的求解困难，提出基于分组策略与云编码机制的种群初始化方法，对进化知识的表示、提取、更新机制进行研究，构建面向知识发现的协同进化算法。

(3) 针对单一组织结构参数无法对镍基高温合金进行表征的问题，将高维评价数据映射至低维圆内空间，并通过对径向夹角半径的布局优化获得镍基高温合金组织结构的高维多目标组织评价模型。

## 十、成果完成人员名单

序号	姓名	性别	出生年月	技术职称	文化程度	是否留学归国	工作单位	对成果创造性贡献
1	陈昊	男	1982-09-19	正高	博士研究生	是	南昌航空大学	负责人
2	兰金明	男	1995-11-26	其它	硕士研究生	否	南昌航空大学	类圆映射
3	黎明	男	1965-02-12	正高	博士研究生	是	南昌航空大学	进化计算方法
4	李凌	女	1980-08-20	正高	博士研究生	否	南昌航空大学	多参数融合
5	李军华	男	1974-09-17	正高	博士研究生	否	南昌航空大学	群智能算法
6	张聪炫	男	1984-07-21	正高	博士研究生	是	南昌航空大学	特征提取

## 十一、需提交的材料

序号	材料名称	是否必备材料
<input checked="" type="checkbox"/> 1	项目验收证书或评价报告（含软件著作证书、发明专利证书及权利要求书说明书、植物新品种审定证书、标准、行业准入证等）	是
<input type="checkbox"/> 2	查新报告	条件判断
<input type="checkbox"/> 3	研制报告（如工作总结、技术报告、产品使用手册等）	条件判断
<input checked="" type="checkbox"/> 4	推广应用证明	条件判断
<input checked="" type="checkbox"/> 5	完成人员情况说明表	条件判断
<input type="checkbox"/> 6	其他（如法人身份证明、公司营业执照、单位名称变更证明等）	否