

陕西省表面工程与再制造重点实验室

2022 年开放课题基金申请指南

为推动表面工程与再制造技术领域相关基础研究和技术创新，进一步加强融合、开发和对外交流力度，培养本领域优秀科技人才，依托西安文理学院陕西省表面工程与再制造重点实验室（以下简称实验室）特设立实验室开放课题基金（以下简称基金），资助相关研究方向的科技工作者开展研究工作。

基金依据实验室研究方向及合作企业的重大技术需求，将对立项课题予以资助。本基金旨在通过实验室的开放和联合，吸引、凝聚国内外优秀学者，推动新领域、新方法及交叉学科的发展，进一步发挥重点实验室的核心和辐射作用，产生高水平的研究成果，促进表面工程与再制造学科方向的发展。

现将 2022 年开放基金课题指南予以发布，并将有关事项通知如下：

一、指南内容

本基金用于资助与实验室研究方向紧密相关的基础理论和应用推广研究，本次发布的指南包括重大、重点和基础研究课题三类。

（一）重大课题

课题 1：激光集成化技术的开发与应用研究

研究背景

针对主轴、叶片等风机关键零部件激光熔覆大面积快速修复问题，本项目拟开展再制造集成技术研究，采用激光-电弧复合焊接、激光重熔、激光熔覆-超声冲击集成技术，解决现有单一技术与转子件复杂服役工况高耐磨耐蚀综合性能之间的矛盾问题，提高产品耐蚀性和耐磨性，提升再制造技术的集成度和产品可靠性，合理控制成本，为激光集成技术应用提供新的技术途径并开展示范推广。

研究内容

（1）激光-电弧复合焊接技术研究

采用激光与电弧复合焊接集成技术，利用焊接接头力学性能试验研究确定适用于风机修复常用合金钢材料的激光-电弧复合焊接材料及工艺。

（2）激光重熔复合技术研究

采用激光熔覆与激光重熔复合技术，开展工艺力学性能试验，研究确定适用于风机修复产品常用叶片、叶轮、主轴不锈钢材料等的复合工艺及检验方法。

（3）激光熔覆-超声冲击复合技术研究

采用激光熔覆-超声冲击复合技术，针对风机修复产品常用叶片、叶轮、主轴不锈钢材料开展复合工艺力学性能试验及检验方法。

技术指标

- (1) 最终样件不允许出现裂纹、气孔等缺陷；
- (2) 最终样件耐蚀性较基体本身提升 1~3 倍；
- (3) 最终样件耐磨性较基体本身提升 20~35%。

成果形式：研究报告、高水平论文、工艺规范、专利

课题 2：装备关键零部件失效机理及剩余寿命研究

研究背景

目前所提出的装备再制造零件的失效机理研究主要针对航空航天、有机材料、电子材料、机床以及矿山装备等，针对风力发电设备关键零件、铁路轨道灾变机理等失效机理鲜有研究；因此科学合理的定量研判风力发电设备以及铁路轨道灾变等的失效特征，进而研究其失效机理已成为迫切需要解决的突出重大工程问题，也为该类零部件剩余使用寿命研究奠定科学依据，同时也是国家装备再制造行业发展的重要战略需求。

研究内容

- (1) 以装备关键零部件为研究对象，通过对其服役特征研究其退化机理；
- (2) 主要以铁路轨道、风力发电以及工程机械等产品为研究对象，研究其服役特性，得到 1-2 种材料的失效机理及剩余使用寿命值；
- (3) 助力其产业链发展，带动其他产业，开展示范推广。

技术指标

- (1) 揭示出零部件服役特性和失效机理的研究；
- (2) 建立零件剩余寿命预测模型；
- (3) 达到剩余使用寿命的零件，对其进行修复，修复后参数满足以下要求：
 - ① 硬度高于基材硬度 10-15%；
 - ② 72 小时耐腐蚀性小于 0.15mm；
 - ③ 摩擦磨损小于 0.02mm。

成果形式

研究报告、高水平论文、发明专利、预测模型。

课题 3：复杂环境下再制造装备性能与健康智能监测系统开发

研究背景

当前我国经济已由高速增长阶段转向高质量发展阶段，在绿色智能制造和节能降耗减的前提下，亟待进一步聚焦具有重要战略作用和巨大经济带动潜力的关键装备进行智能再制造。通过智能化升级改造，显著提升装备的功能指标与服役性能。由于研发成本和技术等因素影响，缺乏对再制造装备的服役性能和健康安全进行实时监测，无法实现对复杂服役环境进行自主协同感知。

研究内容

(1) 复杂环境下再制造装备的多模态信息感知与融合策略研究

针对某一种（高端）再制造装备，利用多传感器、嵌入式智能系统设计理论建立智能传感模型，实现再制造装备对复杂环境多模态感知，研究多模态多源信息融合策略，扩展再制造装备复杂环境的感知维度与模态。

(2) 复杂环境下基于多模态感知的再制造装备服役性能认知与评价方法研究

基于多模态感知融合，建立复杂环境下再制造装备多目标服役性能认知模型，重构复杂作业环境下的服役性能评估框架，优化复杂场景的自主认知方法。

(3) 再制造装备的全生命周期预测及影响机制研究

基于多学科交叉理论，阐明再制造装备的多参数全生命周期模型，构造再制造装备的自主生命状态的实时可视化智能预测分析，建立再制造装备的全生命周期预测机制，探索影响再制造装备的安全健康内外因素。

技术指标：

(1) 设计包括（但不限于）振动传感器、温度传感器、加速度传感器、位移传感器、视觉传感器及语音等多模态传感器系统；

(2) 完成再制造装备服役性能参数分析与生命周期预测的实时可视化，在多终端（显示屏、手机或平板）显示与交互；

(3) 当再制造装备服役性能或健康状态预测有异常时，能够提前报警处理与人机交互，避免重大设备损失和安全事故；

(4) 持续无故障智能监测时间不低于 120h。

成果形式

方案设计、仿真分析、样机模型、系统测试、高水平论文、专利。

重大课题考核指标：选择最少 4 项（其中：第一项为必须完成指标，第六项仅针对西安文理学院申请者）

(1) 完成各课题规定的技术指标要求；

(2) 开发新技术、新工艺、新产品 1~2 种；

(3) 制定新技术新工艺的规范/标准 1 件；

(4) 发表学术期刊 JCR 二区及以上期刊学术论文 1 篇；

(5) 申请发明专利 2 件；

(6) 课题研究周期内科研到账经费 50 万元。

(二) 重点课题

课题 1：齿类复杂曲面构件等体制造技术研究

研究背景

齿轮、齿条、花键等具有齿形复杂曲面构件作为传递运动和动力的关键零件

具有广泛的应用，目前最主要的减材制造技术，加工过程会破坏材料内部组织，使得所得齿形结构强度、抗疲劳能力下降，难以满足高强度、高性能功能齿形零件的生产的要求，同时生产工艺链较长、材料利用率低，切削废料和油液污染较大。最近几年提出的增材制造材料和能量利用率高，生产柔性高，但是生产效率低，生产成本高昂，不具备大批量生产能力。等体成形以材料塑性成形技术为主要技术手段，是利用材料塑性进行材料体积塑性成形获得目标齿形的一类方法。通过该方法可使坯料直接达到或接近目标零件的最终形状和尺寸，实现对材料的充分利用达到近净成形的目的。

研究内容

(1) 根据等体制造技术的特点开发适合其成形方式的有限元仿真模型，确定考虑应变率影响的材料本构关系和具有比例缩放能力的动态屈服准则；避免因网格突变或畸变造成的不同区域和不同阶段的仿真结果不连续不收敛问题；

(2) 探索等体制造技术成形齿类复杂曲面构件时金属材料的流变特性与成形工艺和结构参数之间的耦合关系；研究不同参数条件下金属材料的三维流动行为，获得不同成形速率及表面硬化对金属塑性变形及流动趋势的影响规律，为成形质量精确控制提供依据；

(3) 研究金属材料性能、工具结构、成形工艺流程与构件尺寸精度之间的耦合关系，探索不同工艺条件下构件部位形态和性能演变规律，揭示复杂曲面构件的内部结构和表面曲率成型关联关系，实现复杂曲面构件的原位精密制造。

技术指标

- (1) 提高加工效率 10%以上；
- (2) 节省能源与材料 10%以上。

成果形式

研究报告、论文、专利。

课题 2：冶金领域用高耐磨超高速激光熔覆材料及工艺开发

研究背景

针对冶金导卫零部件模具钢材料寿命提升的需求，利用超高速激光熔覆技术，开发适用的高耐磨材料和熔覆工艺，突破高硬度耐磨熔覆材料易开裂的技术瓶颈，提升超高速激光熔覆技术的推广可行性。

研究内容

- (1) 高硬度熔覆层开裂问题机理分析

针对 60HRC 以上熔覆层，研究高速激光熔覆技术参数及熔覆层材料对裂纹形成的影响，阐明熔覆层开裂问题机理。

- (2) 熔覆热场与涂层耐磨性相关性分析

通过熔覆层耐磨性评价，研究熔覆热场与耐磨性之间的相关性，建立熔覆热场-熔覆层微结构-耐磨性的关联。

技术指标

- (1) 60HRC 以上熔覆层无开裂问题；
- (2) 熔覆层耐磨性较模具钢基体提高 20~35%。

成果形式

研究报告、论文、专利。

课题 3：CO₂ 驱油腐蚀体系下耐高温多元铝合金阳极开发与性能研究

研究背景

目前国内大部分油田开发已进入生产中后期，大部分通过规模注水来提高采收率保产量，但会引发了大量开发问题难以解决，如油井的采收率比较低、含水率相对较高以及常规注水技术挖掘困难。近年来，引入注入CO₂驱油技术，既可大幅提高原油采收率，也可响应国家的双碳目标实现。

在CO₂驱油过程中，大量CO₂注入地层，形成了弱酸性介质环境，会对生产管材带来严重腐蚀，若不解决，注CO₂驱油技术将很难获得成功和广泛应用。牺牲阳极保护作为油田防腐的其中一种保护措施，目前铝合金牺牲阳极针对高温（如 >50°C）油井生产环境下井下管柱材料的保护效果不是很稳定且保护效果十分有限。因此，开展CO₂驱油腐蚀体系下耐高温多元铝合金阳极开发与性能研究是目前国内油田解决管柱腐蚀的一个急需攻关的重要课题。

研究内容

本文以 Al-Zn-In 合金阳极为基础，制备耐高温多元铝合金阳极材料并进行组织、性能、机理研究。主要包括：

- (1) CO₂ 驱油腐蚀体系现场调查及铝合金阳极文献调研

油田 CO₂ 驱油体系的环境特征和抗腐蚀要求；牺牲阳极材料的要求；熔炼和制备工艺方法；性能测试方法。

- (2) 耐高温多元铝合金阳极设计、制备与组织特征研究

以 Al-Zn-In 合金阳极为基础，设计预期的耐高温铝合金阳极材料；制备不同的多元耐高温铝合金阳极；将优选的 Al-Zn-In 系铝合金阳极组织分析。

- (3) 耐高温多元铝合金阳极的综合电化学性能研究

采用恒电流法从工作电位、实际电容量、电流效率、溶解形貌等开展阳极电化学性能研究；采用极化曲线、交流阻抗等方法进行阳极材料的电化学性能研究。

- (4) 耐高温多元铝合金阳极在模拟 CO₂ 驱油体系下的性能评价与活化溶解机制研究

在模拟 CO₂ 驱油高温高压腐蚀体系下开展铝合金-J55 油管钢的电偶腐蚀研究

其牺牲阳极保护效果；研究耐高温合金阳极的活化溶解-腐蚀机制。

技术指标

(1) 明确多元 Al-Zn-In 系铝合金阳极中合金化元素与组织、性能关系研究，揭示阳极材料的活化溶解-腐蚀机制。

(2) 开发出在油田CO₂驱油环境且井温在60℃以上电流效率达60%且性能稳定的耐高温多元Al-Zn-In系铝合金阳极材料。

成果形式

研究报告、论文、专利、技术转化。

课题 4：关键零部件再制造智能检测技术开发

研究背景

当前我国经济已由高速增长阶段转向高质量发展阶段，在绿色智能制造和节能降耗减的前提下，亟待进一步聚焦具有修复潜力和价值的装备关键零部件进行再制造。通过再制造，显著提升零部件的关键性能指标与寿命参数。然而，由于研发成本和技术等因素影响，缺乏对零部件再制造的加工过程和寿命评估的相关检测技术，且无法实现对复杂服役环境进行自主感知。

研究内容

(1) 再制零部件多模态信息感知与融合策略研究

针对某一种关键零部件，利用多传感器建立智能传感模型，实现再制造过程多模态感知，研究多模态多源信息融合策略，扩展再制造零部件性能自主感知维度与模态。

(2) 基于多模态感知的再制造零部件智能检测与评价方法研究

基于多模态感知融合，建立多参数多目标性能认知模型，重构零部件性能评估体系，优化再制造过程零部件性能的自主感知方法。

(3) 再制造零部件的生命周期预测及影响机制研究

基于多学科交叉理论，阐述再制造零部件的生命周期模型，完成再制造零部件的生命状态智能预测分析，建立再制造零部件生命周期预测机制，研究影响再制造零部件的健康因素。

技术指标

(1) 设计包括（但不限于）振动传感器、温度传感器、加速度传感器、位移传感器和视觉传感器等多种传感器监测系统；

(2) 完成再制造零部件结构参数检测与生命周期预测的实时可视化，在多终端（显示屏、手机或平板）显示与交互；

(3) 当检测到再制造零部件结构参数或健康状态异常时，能够进行报警处理与人机交互，避免设备损失和安全事故；

(4) 持续无故障智能检测时间不低于 120h。

成果形式

方案设计、仿真分析、样机模型、系统测试、论文、专利。

课题 5：油井抽油泵固定阀组表面防护涂层开发

研究背景

目前国内石油开采设备领域中，柱塞抽油泵是油井主要的采油方式之一。油井采油后期往往伴随出现出砂、结垢，造成抽油泵固定球阀阀座磨损，甚至发生刺漏现象，影响抽油泵密封性。另外，由于泵挂加深固定阀受力变大以及应力集中的影响，往往造成固定阀座总成断裂；同时因地层水介质的强腐蚀性，也会引起球阀阀座表面发生电化学腐蚀，与力学交互作用形成大量腐蚀坑，甚至断裂失效。抽油泵固定阀总成出现问题严重影响采油效率，增加油田开发成本。因此，如何对抽油泵固定阀组进行高效精密的表面防护，延长其使用寿命是目前油田开采中亟待解决的关键问题之一。物理气相沉积技术（PVD）具有绿色环保、成本低、制备涂层附着力好等优点，可用于油井抽油泵固定阀组表面防护材料的研发和改进。

研发内容

(1) 针对抽油泵固定阀组耐磨防腐性能需求，设计1~2种纳米复合涂层材料，采用PVD技术制备不同体系膜层材料，利用硬度计、划痕法等力学评价手段和模拟工况腐蚀实验对涂层耐磨耐蚀性能进行研究，阐明涂层可控制备工艺。

(2) 研究涂层与基底结合与膜层腐蚀情况，揭示涂层成分、厚度、结构对其结合力和耐磨耐蚀性能的影响规律及主控因素，探明涂层失效机制。

(3) 在实际工况下，通过优化沉积工艺获得对应力学和防腐性能指标的涂层，形成工艺稳定的高性能涂层制备方案。

技术指标

- (1) 结合力 ≥ 120 N，硬度 > 2200 HV；
- (2) 涂层厚度 < 5 μm ；
- (3) 模拟工况下腐蚀速率 < 0.076 mm/a。

成果形式

研究报告、论文、专利

重点课题考核指标：选择最少 4 项（其中：第一项为必须完成指标，第六项仅针对西安文理学院申请者）

- (1) 完成各课题规定的技术指标要求；
- (2) 开发新技术、新工艺、新产品中的 1 种；

- (3) 发表 SCI 收录学术论文 2 篇；
- (4) 中文核心期刊学术论文 3 篇；
- (5) 申请发明专利 1 件；
- (6) 课题研究周期内科研到账经费 30 万元。

(三) 基础课题

课题 1：零部件表面强化用物理气相沉积技术机理研究

课题 2：零部件表面强化用微弧氧化技术机理研究

课题 3：医用植入器械表面改性技术机理研究

课题 4：激光立体快速成形技术机理研究

基础课题考核指标：选择最少 2 项（其中：第一项为必须完成指标，第四项仅针对西安文理学院申请者）

- (1) 发表 SCI 收录学术论文 1 篇；
- (2) 中文核心期刊学术论文 1 篇；
- (3) 申请发明专利 1 件；
- (4) 课题研究周期内科研到账经费 15 万元。

二、申报要求

1. 申请者按照上述指南申报课题并填写《陕西省表面工程与再制造重点实验室开放课题基金申请书》，申请书采用附件的统一格式。

2. 申请单位为高等院校、科研机构，课题申请者一般为具有博士学位或副教授以上技术职称的科研人员。申请人和主要参加人员必须在纸质申请书上签字，并对所提交申请材料的真实性、合法性负责。

3. 开放课题支持有重大应用前景且旨在增强开发能力的应用基础研究，以及意义重大、有创新思想或属于学科前沿的基础研究；优先资助研究生联合培养高校教师，优先资助长期合作高校、院所的科研工作者，优先资助具有转化潜力但经费明显不够的在研项目。

4. 申请人不得以任何已获资助的同一课题重复或变相申报，避免与国家已获资助的项目内容重复申报。

5. 需要提交的材料：申请书 A4 纸双面打印装订成册，一式 3 份，由所在单位盖章后，报送陕西省表面工程与再制造重点实验室；申请书电子版（电子文档命名格式“单位名称-申报人及联系电话-项目名称”标注）。

6. 申请资助经费根据项目类别而定，其中：重大课题 8-12 万元、重点课题 5-8 万元、基础课题 2-3 万元，研究周期 2 年，即 2022 年 10 月—2024 年 9 月。

三、评审与考核要求

1. 评审分为初审和会议评审，初审时间为 2022 年 9 月 27 日—9 月 28 日。初审时申请人无需现场答辩。通过初审的项目将发送会评通知至申报人员，并准备答辩 PPT，汇报时长 10 分钟，5 分钟质询。没有接到通知的项目即未通过初审。

2. 会议评审时间为 2022 年 9 月 29 日—9 月 30 日，组织实验室学术委员会及同行专家对初审通过项目进行会议评审。

3. 获得资助的课题负责人，与实验室签订《陕西省表面工程与再制造重点实验室开放课题基金合同书》，最终按该合同的考核指标验收。

4. 考核指标主要为研究报告、论文、发明专利、成果转化评议、科研到账等，论文、成果转化评议需注明“陕西省表面工程与再制造重点实验室开放基金资助项目名称和资助编号”。（注：成果第一署名单位为：“陕西省表面工程与再制造重点实验室”和“Shaanxi Key Laboratory of Surface Engineering and Remanufacturing”）。

四、受理方式

拟申报人员申报过程有疑问的请与联系人对接指标要求，符合条件申报的将申请书电子版（模板见附件）先发送至电子邮箱，截止时间 2022 年 9 月 26 日。

联系人：李老师

联系电话：029-88276107 15591851318

Email: 275520872@qq.com

通讯地址：西安市雁塔区科技六路 1 号西安文理学院

邮政编码：710065