



西安交通大学国家技术转移中心

Xi'an Jiaotong University National Technology Transfer Center

西安交通大学科技成果推广项目手册 (2024 年第一版)

西安交通大学国家技术转移中心制

2024 年 6 月

西安交通大学国家技术转移中心介绍

西安交通大学国家技术转移中心（简称转移中心）始建于1999年6月，是代表西安交通大学从事技术转移、成果转化、股权管理、产学研合作的综合服务机构。为探索技术转移工作的市场化运作机制，学校同时成立了西安交大技术成果转移有限责任公司（简称转移公司），中心与公司一体化运作。2001年转移中心成为国家经贸委和国家教育部首批认定的全国六家高校“国家技术转移中心”之一，2021年被国家科技部和教育部纳入首批“高校专业化国家技术转移机构”建设试点。

历经多年实践，转移中心初步完成了“政金产学研+友”大学产学研生态圈构建，并依托该生态圈构建了西安交大新型大学技术转移体系。进入新时代，在“四链”融合精神指导下，转移中心于2023年下半年率先提出“构建基于‘四链’融合的大学产学研新生态”理念并完成模型搭建，全力推动以下工作：



（一）搭建“1+N+X”产业赋能体系

转移中心将触手下沉至陕西省乃至全国范围，通过设立1个地市分中心、N个区县工作站、提供X项专业服务，以咸阳和渭南为代表，成功打造包含“市级技术转移中心+区县工作站+龙头企业工作站+领军企业创新联合体+飞地孵化器+成果转化基金”立体联动地方产业赋能平台。目前已在全国14个省份布局了38个分支机构，三年来累计走访企业13000余家次，开展产学研对接活动4000余场，促成产学研合作金额超3亿元。

此外，还通过具体案例探索了“上市赋能民营企业做大做强”“构建供应链助力县域特色产业高质量发展”“科技赋能提升区域特色产业行业竞争力”“自动化技术赋能县域制造业降本增效”“科技赋能推动军民融合发展”等相关工作。

（二）搭建“概念验证+种子+天使”全链条转孵化体系

顶层 设计	概念验证体系 点火推进		种子孵化体系 催化转变		天使孵化体系 加速发展	
方法 执行 落地	手段	目标	手段	目标	手段	目标
	科学家团队走访 技术成果挖掘	盘活存量资源	团队要素补齐 技术成果孵化	遴选优质项目	企业竞争力塑造 技术成果量产	促成产业转化
	政府专项资助 政府扶持资金	强化政策引导	种子基金 政策支持	持续双创机制	科技金融 产业资本	闭环利益共享
	市场调研 用户需求分析	成果价值预测	市场定位 应用场景细化	企业战略规划	市场开拓 成果价值体现	商业运营发展
底层 逻辑	技术成果在前端转化 围绕产业链部署创新链		技术成果转化为初创企业 科技成果与市场相结合		技术成果实现商业落地 围绕创新链布局产业链	

转移中心针对高校早期科技成果实行逐级转孵化，针对中国高校数以万计概念验证阶段待转化成果，创造性提出“科技淘宝”概念，并完成全球首个线上概念验证平台搭建，目前正在紧锣密鼓开展首批项目线上线下联合验证；依托科技经纪人队伍已梳理存量技术成果 3 万余项，建立了西安交通大学成果清单；三年来累计走访高校教授 1900 余人次，征集可转化科技成果 1300 余项；在陕就地转化成立 209 家科技型企业，累计融资金额超过 4.6 亿元。

（三）搭建多维生态保障体系

顶层 设计	矩阵式、漏斗式服务体系 (推动技术孵化培育上市潜力)		科技金融体系 (金融资本支持科技创新发展)		孵化器运营体系 (助力双招双引加强企业培育)	
方法 执行 落地	手段	目标	手段	目标	手段	目标
	分层次 分阶段跟进服务	只帮忙不添乱 跨越死亡之谷	投融资对接	梯形融资模式 定制解决方案	促成项目落地 协助双招双引	树立产业格局 资源流动共享
	嵌套战略辅助 打通变现渠道	补齐企业短板 增强企业内力	并购/重组/收购 IPO上市	资源优化配置 实现独立运作	孵化运营监管 探索模式创新	规范运营体系 强化品牌建设
	信息技术 提质增效	信息精准传播 数据高速流转	吸引券商基金 银行股权债权	打造金融生态 探索多维供给	政府资源维护 项目渠道累积	树立产业格局 助力持续发展
底层 逻辑	科技经纪人（一岗多责） (技术经理+投资经理+产业经理)		投后经理+科技金融专家 +专业FA团队		孵化器监管+第三方专业服务团队	
	服务亦是教育 经验反哺投前 构造跨部门、团队、结构化的流程体系		科技与金融路径的有机结合 构建两方共赢机制		促进科创要素高效联动 核心资源导入与服务	

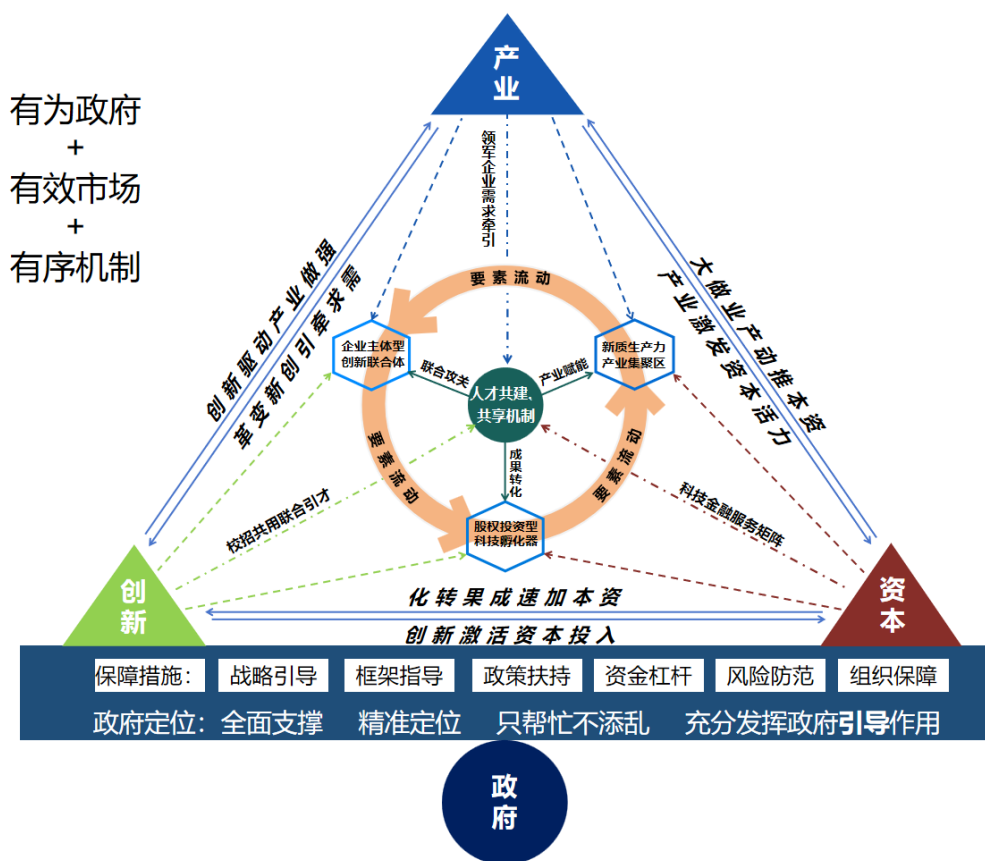
转移中心牵头在西部科技创新港打造了集“众创-转化-孵化-加速-产业化”功能为一体，“政产学研用金介”要素资源集聚的“泛孵化器”——“秦·港”孵化器，正在积极建设概念验证中心、未来产业培育中心、科技金融服务中心、校友创新创业服务中心、成果转化配套中心等功能板块，旨在打造西部创新创业生态领头羊。

（四）搭建“技术经理+产业经理+投资经理”三位一体科技经纪人队伍保障体系

顶层 设计	技术经理		产业经理		投资经理	
方法 执行 落地	手段	目标	手段	目标	手段	目标
	团队拜访	挖掘科技成果	企业服务	科技赋能	培训辅导	提升商业认知
	市场调研	遴选价值成果	政府服务	科技招商	人才招引	构建科创团队
	资源对接	孵化科创项目	产业调研	项目产业化	股权融资	项目商业化
底层 逻辑	围绕产业链部署创新链		围绕创新链布局产业链		推进“四链”融合	
	构建科技服务链		构建成果转化链		打造产学研深度融合新生态	

目前转移中心已成功建立一支 64 人的专职、专业化科技经纪人队伍。其中，立足科技成果全链条转孵化，培养技术经理类科技经纪人，专职服务于高校教授团队和创投机构，提供“挖掘-培育-推介”精细化服务。围绕科技赋能产业提升，培养产业经理类科技经纪人，专职服务于地方政府及科技型企业，提供“关键技术攻关+共性技术研发+前瞻技术布局”多元化专业服务。聚焦科技型企业孵化，培养投资经理类科技经纪人，提供“项目梳理-投融资对接-产业资源导入”个性化服务。三支队伍职能各有侧重、相互衔接，对大学产学研新生态建设具有重要支撑保障作用。

（五）构建基于“四链”融合的大学产学研新生态逻辑关系图



构建基于“四链”融合的大学产学研新生态，要充分发挥有为政府、有效市场、有序机制的作用。作为有为政府，主要发挥引导作用和全面支撑保障作用，精准定位，只帮忙不添乱。与此同时，创新链与产业链之间要坚持“创新驱动产业做强、需求牵引创新变革”，创新链与资金链之间要坚持“创新激活资本投入、资本加速成果转化”，产业链与资金链之间要坚持“资本推动产业做大、产业激发资本活力”，最后通过人才共建、共享机制发挥人才链核心纽带作用，推动要素在企业主体型创新联合体、股权投资型科技孵化器、新质生产力产业集聚区三大平台之间有序流动。

目 录

一、 高端装备及智能制造.....	1
1. 声振温一体化监测诊断系统.....	2
2. 基于视频的全场高精度振动测试、结构健康监测系统及仪器设备 .	5
3. 移动式磁共振成像诊疗设备.....	7
4. 复杂轴类工件多特征跨尺度自动化测试设备	9
5. 陶瓷与高温合金复合构件及其制造方法	11
6. 增材制造（3D 打印）技术.....	13
7. 金属电弧喷涂快速制模技术.....	24
8. 美刻思源盲文刻印系统.....	26
9. 小尺寸大宽带吸声超结构技术.....	30
10. 基于 MEMS 技术的传感器及数据记录仪	32
11. 高压供热热压机装置.....	44
12. 航空航天典型零件加工工艺和刀具.....	46
13. 复杂服役环境下机械装备的早期和定量化诊断技术	47
二、 新材料.....	50
1. 高导热高强度镁合金及其制备方法.....	51
2. C/C 复合材料快速钎焊及焊料设计.....	53
3. 钛镍 60 合金及其超滑技术.....	55
4. 可降解生物医用超高纯镁（5N）生产装备与工艺研发	57
5. 高附加值-高性能活性炭制备及超级电容器应用	59
6. 石墨烯快速制备技术.....	62
7. 大尺寸 SiC 蜂窝陶瓷蓄热体制备技术.....	65
8. 高浓度石墨烯墨汁规模化制备技术.....	68
9. 高性能无铅压电材料设计与开发.....	70
10. 一种 P2003 复合型钠离子电池正极材料	73
11. 导热填料用大颗粒氮化铝单晶燃烧合成	75
12. 改性 PP 在“酸奶八连杯”包装技术中的应用和开发.....	77
13. 液态金属基高导热界面材料开发与产业化应用	79
14. 纳米银先进合成技术.....	83
15. 基于热（冷）喷涂和超高速激光熔覆的精细制造/再制	85
16. 基于一种搅拌摩擦钎焊制备双金属复合板专利的技术及产品	87

三、 生物医药与健康	90
1. 生物转化甲烷气体联产细胞蛋白和多糖	91
2. 新型治疗房颤药物	93
3. 秦药（天然麝香）的研究及产业化项目	96
4. 帕金森病诊断治疗一体化创新方案	100
5. 智能生物胶的制备与生物医用	103
6. 抗类过敏创新药物及检测试剂盒	106
7. CMS-I 抗过敏性哮喘中药 I 类新药	109
8. 靶向嵌合体（PROTAC）技术降解 MCMs：一种新的抗肿瘤小分子药物的研发	111
9. CMC 分析仪器项目群	114
10. 面向脑损伤与渐冻人的脑控康复机器人与语言交互系统	120
11. 时间分辨荧光测控分析仪	122
12. 可穿戴生物医疗系统	124
13. 多功能窄谱光子治疗仪	126
14. 基于磁性分子印迹聚合物的帕金森病早期诊断技术	128
15. 基于磁性纳米药物的前列腺癌局部去势治疗技术	130
16. 富硒酵母及其富硒食品饮料	132
17. 解淀粉芽孢杆菌开发应用	134
18. 香菇生产废料综合利用及香菇多肽、多糖特色功能产品开发	138
19. 基于超声深度学习的热消融区域识别监测成像方法与系统	141
20. 可降解磷酸钙骨水泥	145
四、 安全应急与节能环保	147
1. 压缩机全生命周期管理系统	148
2. 高温高压微通道换热器技术	151
3. 光-电-气互补生物质/城市生活垃圾循环流化床气化制化工原料技术	153
4. 新型高效的二氧化碳捕集工艺及装备	155
5. 环境友好型生物基绝热阻燃复合泡沫关键制造技术与产品	157
6. 特种冷凝式燃气锅炉及冷凝式换热器设计技术	160
7. 液化天然气（LNG）冷量利用技术	161
8. 氢离子浓差热电池	163
9. 发酵废液/废渣微生物电化学产氢的工艺与装备	166
10. 重金属废水高效处理回收及发电技术	168

11. 智能化供水实时精准投药系统.....	170
12. 便携式环境原水净水装置.....	172
13. 硝态氮废水高效处理技术.....	176
14. 二噁英重金属近零排放的生活垃圾气化及飞灰熔融技术	178
15. 基于新型 MOF 材料的煤层气提浓技术.....	181
16. 煤基碳点用于油田示踪剂的制备技术及其产业化	183
17. 高效节能环保的加湿降温设备.....	185
五、 人工智能与大数据.....	187
1. 宏星遥感大模型	188
2. 无人航空应急救援特种装备制造项目	190
3. 全固态 iToF 阵列激光雷达微系统.....	192
4. 面向元宇宙的高真实感虚拟人驱动技术	194
5. 可定制人工智能平台及智能光电系统.....	196
6. 双目可聚焦系统及其应用.....	198
7. 基于机器视觉的电池丝印及 FPC 连接器缺陷检测系统研究	202
8. 制造业产品缺陷视觉检测技术.....	205
9. 可穿戴天线.....	207
10. 社交网络中舆情数据的精准实时抓取与实证应用	210
11. 税务大数据计算关键技术及其应用.....	213
12. 知识森林 AR 交互系统.....	215
13. 室内定位技术.....	217
14. 基于物联网技术的工业设备智能应用平台	219
六、 电子材料与器件.....	222
1. 微能量源能量收集系统及其超低功耗片上温度传感	223
2. 高光谱偏振成像光谱仪.....	225
3. 可调谐外腔式半导体激光器.....	229
4. 油井天然气/氮气实时监测装置.....	231
5. 面向小型化、集成化微波器件(超)低温共烧陶瓷技术	232
6. 面向高频介质谐振器、滤波器的高品质因数微波介质陶瓷	234
7. 智能安全检测监测技术.....	236
8. 基于热电材料的无线无源温度传感器.....	239
9. 一种基于压力波的管道泄漏检测技术.....	242
10. 先进传感材料与器件制造.....	246

11. 基于弹性湍流的微通道强化散热技术.....	249
12. 白光干涉仪（光学轮廓仪）.....	251
13. 基于硅基光学微腔的芯片集成传感器.....	254
14. SiC 漂移阶跃恢复二极管开关.....	257
15. 超高真空离子辅助原子级界面低温键合系统	259
七、 新能源开发与储能.....	261
1. 三电平储能并网逆变器产业化.....	262
2. 水-气共容储/释能的高效压缩空气储能系统	264
3. 固体氧化物燃料电池分布式储能与发电新技术	267
4. 煤炭深加工制备高品质锂离子电池负极	269
5. 高容量、低成本锂离子电池用硅-碳负极材料	271
6. 高性能动力电池高镍系三元正极材料.....	273
7. 电动汽车动力电池直冷技术.....	274
8. 电动汽车用负温度系数热敏陶瓷及线式火焰温度传感器关键技术	277
9. 基于复合电解质的固态锂离子电池技术	280
10. 锂电池组监控芯片.....	283
八、 电力装备与特高压.....	285
1. 区域性电网电能质量综合治理技术.....	286
2. 大功率高稳定加速器励磁用开关电源.....	288
3. 中高压开关设备在线监测系统.....	290
4. 电力系统规划方案的全景模拟评估软件	292
5. 多能源微网系统智能规划和全景评估软件	294
6. 发电厂主接线可靠性分析软件.....	296
7. 电网设备无线智能温度监控系统.....	297
8. $\pm 10\text{kV}$ 机械式直流断路器	305
9. 大型电力变压器感应式振荡冲击耐压试验设备	308
10. 新型可逆能源互联器件关键技术与装置	311
九、 精密仪器设备.....	313
1. 基于精密测量技术的检测设备.....	314
2. 复杂曲面三维轮廓扫描仪.....	327
3. 工业机器人高精高效加工配套智能主轴	329
4. 复杂曲面零件五轴加工误差预测与溯源	332

十、 机器人与无人系统	334
1. 膝关节智能康复外骨骼机器人.....	335
2. 智能机器人技术.....	337
3. 高压输电线智能巡检排异物机器人.....	341
4. 高能量长续航轻质氢燃料电池无人机动力系统	343
十一、 动力机械与过程装备	345
1. 压缩机技术类项目	346
2. 水润滑单螺杆压缩机产品及技术.....	356
3. 流体机械及工程类项目	358
4. 基于流体动压润滑轴承的高速涡轮/离心压缩机技术	369
5. 大型燃煤锅炉改造技术.....	371
6. 车齿刀数字化设计与加工.....	375
十二、 其他	377
1. 基于红外定向辐射的大面积快速加热技术	378
2. 液体食品非热杀菌保鲜技术.....	381
3. 冷链食品及其外包装等离子体消杀一体机	387
4. 精量水肥气集成控制系统产品和设备.....	391

技术成熟度说明

一、基于新设备或新器件

1. 概念验证

- (1) 通过分析研究、模拟仿真和实验室实验，验证了技术能力测试的有效性；
- (2) 明确了预期产品的应用背景、关键结构和功能特性；
- (3) 完成了关键结构和功能特性的建模仿真；
- (4) 研制出实验室样品、部件或模块，主要功能单元得到实验室验证。

2. 原理样机：验证技术方案和途径的可行性的样机。

3. 工程样机：工程研制过程中，为进行验证试验（全部功能试验、性能试验、环境试验等）的样机，具备试生产条件。

4. 中试（原型机）：设计产品的制造原型，其形状、尺寸、外观、材料和性能与批量生产的完全相同，工艺稳定，具备生产条件。

5. 产业化：产品具备批量稳定生产和质量保证的能力，具备使用保障能力。

二、基于新材料或新技术

1. 实验室阶段：样品，根据产品设计要求而制备的用于测试主要性能和检验工艺性的实物，可不考虑最终形式。

2. 工程化阶段：试制品，考虑最终形式，并在实验室环境或使用环境下，对关键性能和功能进行测试，通过小批量或小规模制备的实物。

3. 产业化阶段：产品，生产工艺成熟，可批量生产，并能实现全部功能，完全满足预期使用目标的实物。

等级	技术成熟度	阶段
1	材料设计和制备的基本概念、原理形成	实验室阶段
2	将概念、原理实施于材料制备和工艺控制中，并初步得到验证	
3	实验室制备工艺贯通，获得样品，主要性能通过实验室测试验证	
4	试制工艺流程贯通，获得试制品，性能通过实验室测试验证	工程化阶段
5	试制品通过模拟环境验证	
6	试制品通过使用环境验证	
7	产品通过用户测试和认定，生产线完整，形成技术规范	产业化阶段
8	产品能够稳定生产，满足质量一致性要求	
9	产品生产要素得到优化，成为货架产品	

一、高端装备及智能制造

1. 声振温一体化监测诊断系统

【团队负责人】 王琇峰

【所在学院】 机械工程学院

一、项目简介

从电器文明开始，短短一个世纪的时间，人类在科学探索的步伐上已经从工业进入了智能化的技术环境。随着物联网的发展，数据时代到来，各行各业也在争相抓住契机，利用新时代科技智能手段，帮助企业更好发展。其中，传感器技术的应用，为工业监测带来了新的惊喜。它在工业自动化系统的监测过程中，起到巨大作用，可以实时监测将监测到的信号经过转化后以数据的方式提供给人们，做到实时监测，确保工业自动化系统的正常运行。现阶段，监测工业机械运行一般使用振动传感、温振一体化传感器等，存在成本高、易误报、不能对早前故障进行监测等问题；而故障早期诊断对于维护设备安全、保障工业体系正常运转具有重要意义。

针对现有故障监测系统存在的问题，团队开发了基于声纹、振动、温度一体的声振温一体传感器，该传感可综合感知监测对象声音、振动、冲击脉冲、温度以及倾角数据，全面覆盖旋转设备早中晚期故障信息。同时，开发了旋转设备声振温一体化监测诊断系统，其由有线/无线声振温一体传感器、采集网关、电脑 WEB 端构成，同时适配云平台、手机端小程序。通过有线/无线声振温一体传感器将设备运行时的冲击脉冲、三轴振动、噪声、温度数据采集传输至数据库服务器，依托独有的异音分析、健康因子指标专利算法，实现设备状态实时监测与故障诊断。

二、产品性能优势

核心优势：

- (1) 全面集成冲击脉冲、三轴振动、声音、温度多维度深度感知专利技术；
- (2) 快捷部署(磁吸胶粘/纹可选)，无线方式，快速联网；
- (3) 数字信号传输，抗干扰能力强准: 独有异音、健康因子指标专利算法；
- (4) 高性价比，大容量电池，长维护周期。

三、市场前景及应用

当前，我国工业设备状态监测与故障诊断主要应用于风电、石化、冶金、水泥和煤炭等领域，上述领域企业设备投资较大，且对生产运行过程中的连续性、稳定性和高效性等要求较为严格，因此设备智能运维的需求较高。风电、石化、冶金、水泥和煤炭等主要应用领域的细分市场具体情况如下：

1) 风电行业

风力发电机组是风能转换为电能的核心设备，受风电场建设区域限制，主要分布在戈壁、丘陵、沿海或海洋等地域偏远、人员稀少地区。风电行业具有设备运行位置高、设备维修费用高、日常巡检难度大、现场工作人员易流失等行业特点。近年来，随着风电机组故障或事故频发造成的经济损失或人员伤亡案例逐年增加，风电机组的状态监测与故障诊断技术得到越来越多的关注。通过使用有线监测系统可有效实现对风力发电机组远程集中实时监测，提升设备监测和管理智能化水平。因此，智能化有线监测系统在风电行业中逐步获得广泛应用。

2) 石化行业

石油化工行业具有典型的连续生产的特点，工艺技术复杂，对反应装置、仪表、设备状况要求严格，且化工原料、产品易燃易爆，对安全管理要求较高，设备一旦出现突发故障轻则导致设备非计划停机，重则导致安全生产事故发生。往复压缩机、离心压缩机、螺杆压缩机、泵、风机等关键设备的稳定运行是石化企业安全生产的基石，石油化工企业需在关键性的往复压缩机、离心压缩机、机泵等设备上安装状态监测与故障诊断系统，以对其进行状态监测和故障诊断。

3) 钢铁行业

钢铁行业属于资产密集型产业，炼铁、炼钢、热轧和冷轧等阶段生产自动化程度高、连续运行时间长、生产环境恶劣，设备的可靠性直接影响着企业生产的连续性和产能，是制约钢铁企业经济效益增长的重要因素之一。状态监测与故障诊断系统具有数据实时采集、数据精度和准确度高、极大降低巡检人员工作量等优点，作为传统设备管理手段的重要技术升级已经被越来越多的钢铁企业所接受和规模化应用。

4) 水泥行业

水泥行业作为国民经济建设的传统建筑材料行业，属于典型的投资拉动型行业。该行业企业生产设备规模较大，操作系统结构复杂，面临的安全生产风险也较大，需要较为完备的设备状态监测与故障检验系统和持续的安全检查，严格监控安全重点部位，及时消除安全隐患，将安全事故带来的经济损失降至最低。因此，各大型水泥生产企业对设备状态监测与故障检验系统需求量逐渐增加。

5) 煤炭行业

我国大多数煤矿地质条件复杂，且绝大多数为井工开采。煤矿井下采深较大，空间狭窄，受地热、人体和机电设备的散热、水分蒸发等因素影响，井下的温度、湿度、空气质量等气候条件较差，作业环境较为恶劣，安全事故频发，对设备稳定运行的要求较高。国家高度重视煤炭行业安全生产，《关于加快煤矿智能化发展的指导意见》（发改能源[2020]283号）提出，到2025年，大型煤矿和灾害严重煤矿基本实现智能化，井下重点岗位机器人作业，露天煤矿实现智能连续作业和无人化运输；到2035年，各类煤矿基本实现智能化，构建多产业链、多系统集成的煤矿智能化系统，建成智能感知、智能决策、自动执行的煤矿智能化体系。煤炭行业安全生产要求的提高和智能化进程的加速为状态监测与故障诊断系统创造了较大的需求。

四、技术成熟度

☐概念验证 ☐原理样机 ☐工程样机 ☐中试 ☒产业化

五、合作方式

☐联合研发 ☐技术入股 ☐转让 ☐授权（许可） ☒面议

2. 基于视频的全场高精度振动测试、结构健康监测系统及仪器设备

【团队负责人】 徐自力

【所在学院】 航天航空学院

一、项目简介

随着经济建设的快速发展和科学技术的不断提高,对工业设备的性能要求以及产品的精密化程度也提出了更高的要求,尤其在测量技术领域。在电子工业,汽车工业以及医学影像等领域都需要对位置,位移和振动等进行测量,常用测量方法以接触式为主,如位置传感器,拉线式位移计和 GPS 卫星测量法等,随着基础硬件技术的突破,非接触式测量也逐渐在工业中应用,如激光,超声波和视觉等测量技术,视觉测量技术可以远离被测物体,采用摄像头对被测物的移动进行图像采集,再通过计算机进行有关的数据分析得出精确的位移,不仅可以测量静态物体,还对动态物体进行跟踪测量。机器视觉作为革新技术,可以满足目前国内工业的高精密自动化生产需求。在二维平面中,视觉测量已经趋于成熟,但仍存在摄像机倾斜导致三维点测量偏差,运动目标提取与识别难的问题。

二、产品性能优势

团队研发的基于视频的全场高精度振动测试、结构健康监测系统及仪器设备,研究了视频运动放大技术的基本原理,并开发相应算法,可从时域视频数据入手,通过对数据频域多尺度分解,将其分解为不同的空间频域,获得视频中振动结构的细微变化从而获得结构振动的重要信息,可以实时显示通过多尺度选择的特定频域尺度上的细微变化,提出基于计算机视觉的结构微弱振动测试方法。特点是可为各类结构系统振动测试提供一种非接触、高空间分辨率、无标记的三维振动测试方法,通过直接测量和数据处理,可获得的结构力学参数包括:振动位移、振动速度、振动加速度,振动固有频率、主振型,结构应变等。目前位移精度已经达到 μm 级,振动频率与激光测振误差小于 1%;应变测量值和应变片测量精度小于 2%。

三、市场前景及应用

仪器设备主要用于航天、航空、风电、能源动力、土木等领域装备和结构的振动测量和健康监测方面。例如：核电管路等关键设备的振动监测、空间站及卫星太阳能帆板的振动测试，火箭发射过程监测、风力发电机叶片振动、应变测量，飞机机翼静力实验应变测量等等。振动监测设备市场调研报告显示，2021 年，全球振动监测设备市场规模达到 964.69 亿元（人民币），中国振动监测设备市场规模达 310.15，同时报告中也给出了 2021 年中国振动监测设备进口和出口金额。报告预测至 2027 年，全球振动监测设备市场规模将会达到 1432.16 亿元，预测期间内将达到 6.8% 的年均复合增长。

四、技术成熟度

☐ 概念验证 ☐ 原理样机 ☒ 工程样机 ☐ 中试 ☐ 产业化

五、合作方式

☐ 联合研发 ☐ 技术入股 ☐ 转让 ☐ 授权（许可） ☒ 面议

3. 移动式磁共振成像诊疗设备

【团队负责人】 李晓玲、孙佳佳

【所在学院】 机械工程学院、电气工程学院

一、项目简介

磁共振成像（MRI）诊断设备是现代医学诊断中最重要的常用医疗设备。MRI 是重要脏器疾病和损伤（除肺脏外）确诊的最重要手段。头颈神经系统疾病的诊断尤其重要，较 CT 在精细解剖结构的判定上是不可或缺的确诊手段，如脑卒中超早期确诊；广泛性颅脑损伤或弥漫性轴索程度判定；脑和颈髓急性病变；急性颈椎损伤等。目前医院内的固定式磁共振成像系统，较难以完成对头颈“急危重”患者的快速检查和诊断，临床迫切需要小型化、移动化的磁共振成像系统。

磁共振成像系统主要由五部分构成，即磁体、谱仪、梯度、射频、计算机即图像处理系统等组成各部件之间相互连接，由计算机控制，协调。根据磁场产生的原理不同，目前市场上的磁共振系统主要以永磁型和超导型为主。限制磁共振成像小型化的主要原因在与磁体的选择设计以及成像算法的开发。基于此团队着重从磁体以及成像方面进行突破，开发了以下相关技术：

核心技术一：

磁体技术：磁体阵列能够在规定范围内产生高达 120mT 的主磁场，并提供 x 方向磁场梯度，同时由线圈提供 y 和 z 方向磁场梯度。

核心技术二：

成像技术：在永磁体产生的低场强、非均匀主磁场、非线性梯度磁场下的图像重建算法-共振梯度算法。

核心技术三：

射频技术：采用低频线圈，实现在超低场下的射频激发采用具有相位差的驱动信号对线圈进行激发与信号接收。

二、产品性能优势

轻量化、可移动小体量的永磁体功能核心让整个设备更轻、更小。床边、社区诊所、灾区等多元场景应用移动性和低场强的特性使得设备可以在诸多场景应用，实现随用随检。快速重建算法-共扼梯度算法配合，实现即时成像技术。提出的共扼梯度算法相比于传统的 FFT 算法成像质量高更好。

三、市场前景及应用

从第一台 MR 系统问世到 2020 年底，全球已经有超过 50000 台 MR 系统装机并应用到各个领域根据相关调研数据，2020 年，全球 MR 市场规模达到 93 亿美元，预计 2025 年将达到 118.3 亿美元。随着临床及科研需求的持续增加，医疗科技的进步持续推动医疗诊断技术的发展，我国已经成为全球磁共振成像系统行业增长速度最快的市场，截止 2021 年市场规模达到 28.7 亿美元。我国的高端医学磁共振仪器市场长期被外国企业垄断如美国的通用电气，德国的西门子以及荷兰的飞利浦同时它们几乎也垄断了全球市场。近些年来，国内也相继出现了一批优秀的突破技术封锁的高端医学磁共振仪器研发厂商，如上海联影医疗、东软医疗、贝斯达等。数据显示，中国磁共振设备的人均保有量约为 10 台每百万人，美国约为 40 台每百万人，日本约为 55 台每百万人，中国磁共振设备的人均保有量与发达国家还存在较大差距。同时，1.5T 及以下的中低端 MR 是我国磁共振成像系统行业市场的主要增长点，永磁型 MRI 主要服务于基层医疗机构，越来越凭借其运营成本低，磁体开放度好的优势来满足多环境条件下的临床检查要求。

四、技术成熟度

☐ 概念验证 ☒ 原理样机 ☐ 工程样机 ☐ 中试 ☐ 产业化

五、合作方式

☐ 联合研发 ☐ 技术入股 ☐ 转让 ☐ 授权（许可） ☒ 面议

4. 复杂轴类工件多特征跨尺度自动化测试设备

【团队负责人】 李兵、魏翔

【所在学院】 机械工程学院

一、项目简介

随着精密加工技术的发展,精密轴的型号数量不断增加,其产量与质量也不断提高。同时,随着制造业的升级,对精密轴检测的效率和精度的要求也在不断提高。在一些大型机器中,精密轴作为基础零部件,其质量对整个机器和系统的工作性能起着至关重要的作用。与此同时,轴的特征参数种类繁多,从前的测量技术越来越难以满足目前测量的效率需求,对于轴多样化参数的检测需求,市场上缺少可以对轴的多个参数同时进行检测的设备,检测效率难以满足实际生产能力。

项目针对轴类零件测量中效率低、人工干预较多、复杂特征难以高精度定量检测的问题,融合机器视觉与深度学习等先进技术,成功研发了一台复杂轴类工件多特征跨尺度自动化测试设备。

二、技术指标(性能参数)

该设备测量范围可达 $\phi 120\text{mm} \times 1300\text{mm}$,检测全过程无需人工干预,对于长度为1m左右的复杂回转轴类,可在15分钟内,实现径向尺寸、轴向尺寸、粗糙度、跳动、倒角/圆弧倒角、圆柱度等十余类,200多项特征的自动化检测。其重复性精度最高可达 $0.2\mu\text{m}$,处于世界先进水平,并在此基础上,首创式的实现了粗糙度、螺纹等复杂特征的自动化测量与集成。

目前本设备已成功交付,在实际应用中,将检测效率提高了30余倍,预计全年可节约超过100万的人工成本。此外,本设备知识产权及核心技术100%归本团队所有,能够快速投入批量化生产,以填补国内高端轴类复杂工件检测设备的空白。

三、市场前景及应用

该技术主要应用在航发轴承、汽车轴承以及工业机器人、轮船、发电等其它工业产品的轴类测量。《2021年轴承行业经济运行分析及2022年展望》显示,2021年我国轴

承工业实现营业收入 2,278 亿元，同比增长 18.03%，轴承产量实现 233 亿套，比 2020 年增长 17.68%。中国商飞预测，到 2041 年中国客机将占全球比例 21.1%，市场总价值超 10 万亿元；其中轴检测市场超 500.5 亿。2023 年我国汽车销量约为 2700 万辆，较去年增长 8%，平均售价为 19.5 万元，较去年增长 5%，其中轴类零件检测成本约占 1%，未来 20 年总市场大于 3000 亿元。国内仅民用航空，汽车市场即大于 3500 亿，其余潜在市场更无法估量。

四、技术成熟度

☒ 概念验证 ☐ 原理样机 ☒ 工程样机 ☐ 中试 ☐ 产业化

五、合作方式

☒ 联合研发 ☒ 技术入股 ☐ 转让 ☐ 授权（许可） ☒ 面议

5. 陶瓷与高温合金复合构件及其制造方法

【团队负责人】 杨强

【所在学院】 机械工程学院

一、项目简介

氮化硅(Si_3N_4)陶瓷是一种高温结构陶瓷,具有高强度、高硬度、耐高温、耐磨损、以及优异的高温力学性能和热稳定性,是非常有应用前景的结构陶瓷,但是由于 Si_3N_4 陶瓷硬度大、易脆裂、机械加工性能差,限制了其大规模的应用。镍基高温合金具有较高的高温强度,良好的抗氧化和抗腐蚀性能,良好的疲劳性能、断裂韧性和加工性能等综合性能,与 Si_3N_4 陶瓷在性能上形成了一种明显的互补关系。将 Si_3N_4 与高温合金连接起来制成陶瓷/金属复合构件,这样既可以发挥 Si_3N_4 陶瓷材料本身优异的高温性能,又可以展现出高温合金材料优良的塑韧性,可极大的拓宽材料在航空航天等高端装备领域的应用前景。因此,耐高温的 Si_3N_4 陶瓷与金属连接的研究,已成为一项有着重要工业应用前景的高新技术研究项目,受到了各工业发达国家的高度重视。为了实现陶瓷、金属的有效连接,大量的连接方法,如扩散焊、部分瞬间液相连接。自蔓延高温合成连接和钎焊等被相继开发出来。但是目前的陶瓷/连接技术其连接界面均为平直界面,必须要借助中间材料来实现陶瓷与金属的连接,因此仍然存在几个制约其使用的问题:(1)由于陶瓷与金属之间固有的理化特性差异和材料润湿性的问题,仅依靠钎料或中间层材料,难以有效的减缓陶瓷与金属之间的性能差异,导致接头部位的残余应力大、连接强度较低、稳定性和可靠性也较差,在服役过程中易出现连接部位的冲击碎裂、蠕变裂纹等形式的失效;(2)由于钎料或中间层材料的熔点较低($\leq 1000^\circ\text{C}$),导致陶瓷/金属复合构件无法满足高温热载工况下的使用要求;(3)传统的焊接连接工艺难以实现大型复杂结构件的连接,无法满足复杂、苛刻的服役工况对陶瓷/金属复合构件的要求。

为了解决上述陶瓷/金属复合构件制备和使用过程中存在的问题,团队开发了一种陶瓷与高温合金复合构件及其制造方法,在陶瓷/高温合金的结合部位引入了连接结构,采用物理铰接的方式在陶瓷/高温合金连接的冶金结合之外,再增加一种机械咬合,从而实现陶瓷/高温合金的双重强化连接。陶瓷与高温合金复合构件中,陶瓷基体和高温合金基体之间通过物理连接结构连接;物理连接结构包括:陶瓷基体上设置的用于与高

温合金基体连接的第一物理连接结构，以及高温合金基体上设置的用于与陶瓷基体连接的第二物理连接结构；过渡层设置于陶瓷基体与高温合金基体的连接界面上。本发明通过一体化 3D 打印成形，得到陶瓷与高温合金复合构件的成型体；对成型体表面进行去粉处理、强化烧结，得到陶瓷与高温合金复合构件。在陶瓷高温合金的结合部位引入了连接结构，采用物理铰接的方式在陶瓷/高温合金连接的冶金结合之外，再增加一种机械咬合，从而实现陶瓷/高温合金的双重强化连接。

二、市场前景及应用

陶瓷与高温合金复合构件因其独特的性能组合，在航空、航天、国防、汽车等多个领域得到广泛应用。特别是作为高温结构材料，在需要承受极高温度的特殊部位的使用上具有巨大潜力。随着科技进步和产业升级，对高性能材料的需求不断增加。尽管没有直接关于陶瓷与高温合金复合构件市场规模的具体数据，但从陶瓷基复合材料（CMC）的市场规模来看，其增长趋势是显著的。根据 Straits Research 数据，2021 年全球陶瓷基复合材料（CMC）市场规模为 30.6 亿美元，并预计将在 2030 年达到 90.4 亿美元，期间年复合增长率为 12.79%。

三、技术成熟度

☐ 概念验证 ☒ 原理样机 ☐ 工程样机 ☐ 中试 ☐ 产业化

四、合作方式

☐ 联合研发 ☐ 技术入股 ☐ 转让 ☐ 授权（许可） ☒ 面议

6. 增材制造（3D 打印）技术

【团队负责人】 李涤尘

【所在学院】 机械工程学院

一、团队简介

西安交通大学自 1993 年开始增材制造（3D 打印）技术研究，是国内最早开展增材制造技术研究的单位之一。经过二十年的发展，西安交通大学形成了多种增材制造工艺和装备，建立了以快速制造系统为特色工程应用的研究队伍，产生了以卢秉恒院士为学术带头人的“增材制造”教育部创新团队。研究团队依托机械制造系统工程国家重点实验室（西安交通大学）开展基础研究，在高分子材料、金属、陶瓷、复合材料、智能材料的增材制造等方面取得进展，多项技术成果处于国内领先、国际先进水平。为推动 3D 打印技术的产业化，在 2000 年成立“教育部快速成形制造工程研究中心”（市场经营主体为陕西恒通智能机器有限公司），2007 年成立“快速制造国家工程研究中心”（市场经营主体为西安瑞特快速制造工程研究有限公司）。建立了一套支撑产品快速开发的快速制造系统，研制、生产和销售 16 个型号的激光快速成型设备、快速模具设备及三维检测设备。同时开展快速原型制作、快速模具制造以及逆向工程服务。产品在全国各院校、汽车、电器等企业销售应用十多年，客户近万家。近年协助政府和企业多个地区成功建立产学研结合的推广基地、快速成形制造服务制造中心。通过企业化运作，目前在全国已建立创新服务平台 20 多家，创新人才培养基地近 10 家，为 2000 多家企业提供新产品创新创意设计 & 快速制造服务。通过近二十年的技术研发与推广应用，设备用户遍布医疗、航空航天、汽车、军工、模具、电子电器、造船等行业。此外，还积极拓展国际市场，相关设备销售到印度、俄罗斯、肯尼亚等国家，成为具有国际竞争力的快速成形设备制造单位。2016 年工业与信息化部批准在西安成立国家增材制造创新中心，中心联合国内主要科研与产业化优势单位开展共性技术研究和产业化孵化作用。

西安交通大学在增材制造方面获得国家科技进步二等奖 1 项，国家技术发明二等奖 3 项，省部级一等奖 4 项，在增材制造领域获得发明专利 400 余项。

以下为本研究团队的近年来的研究成果。

二、团队项目

(1) 航空发动机空心涡轮叶片的型芯型壳一体化快速精铸技术

空心涡轮叶片是航空发动机、大型舰艇发动机、重型燃气轮机等核心关键部件，被誉为“皇冠上的明珠”，其制造技术是我国“两机”重大专项核心技术之一，因技术难度大、发展起步晚、国外封锁严等，成为制约航空发动机和燃气轮机提升的技术瓶颈。西安交通大学机械制造系统工程国家重点实验室将 3D 打印技术和成熟的精密铸造技术融合，发明了航空发动机高温合金叶片型芯型壳一体化的快速精铸技术。该技术可显著提升复杂叶片的制造能力、大幅缩短叶片制造的工艺路线、大幅降低制造对叶片设计的限制，对我国航空发动机制造体系和研制体系能力的提升具有重大的革新意义。目前，在国家项目支持下，研究团队已攻克了该技术的关键难题，形成了完备的技术体系，建成了小批量生产线，具备了服务于我国先进航空发动机创新设计的能力。

航空发动机空心涡轮叶片的快速精铸技术的技术原理如图 1 所示。以 CAD 数字数据直接驱动，利用光固化 3D 技术成形制造高精度复杂内腔的树脂原型，采用凝胶注模方法将陶瓷浆料一次贯注成型，冷冻干燥处理后，烧失树脂原型和烧结陶瓷，经过强化处理后，制备出芯壳一体化陶瓷铸型，在此铸型中浇铸金属，经凝固、脱芯等工序，即可得到高温合金叶片。

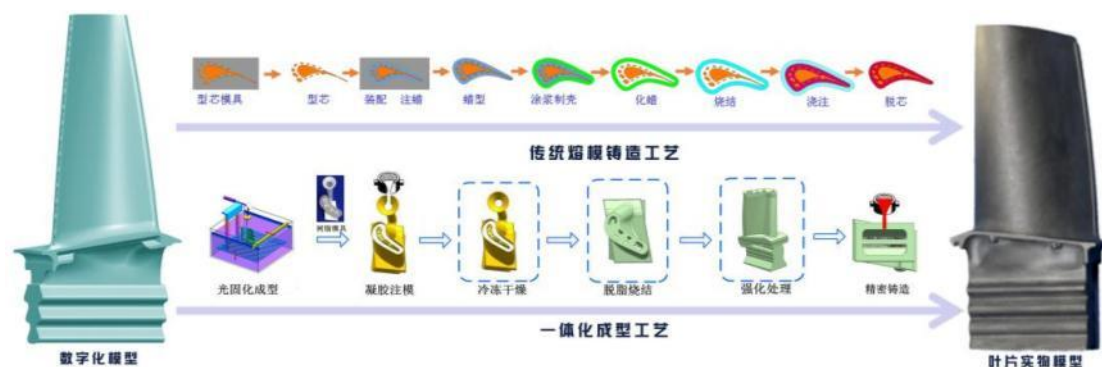


图 1 航空发动机高温合金叶片的快速精铸技术的技术原理

航空发动机涡轮合金叶片的型芯型壳快速精铸技术相比于传统熔模铸造和直接金属 3D 打印叶片的优势和先进性体现在：成品率高：型芯型壳一体化的原理性优势，精度高、性能好；利润率高：得益于 3D 打印和成品率较高，周期/成本曲线优异；需求匹配好：精度高、性能好、周期短、成本低。

该技术主要应用：服务于叶片的创新设计。致力于为叶片的创新设计提供全周期，全工况的解决方案；在叶片的论证，选型到最终定型中，可提供：PIV 冷态流动树脂模型，叶栅，等轴晶、定向晶乃至单晶叶片；服务于叶片的先进制造。先进冷却结构的一体化铸造成形：采用型芯/型壳一体化快速精铸技术，可实现双层壁冷型芯，气膜孔型芯的直接成型，缩短了加工周期。先进铸造技术：型芯/型壳一体化快速精铸模壳高温性能优异，满足定向晶/单晶航空发动机叶片先进铸造技术的使用要求，目前已实现航空发动机叶片定向凝固制造。

该技术还可以用于其它复杂结构零件的制造上，是 3D 打印与传统铸造技术的结合。

（2）野外环境 3D 打印维修保障系统

“野外环境 3D 打印维修保障系统”是针对野外环境条件装备应急抢修所研发的野外修复装备，系统包括零部件数据库软件、三维反求测量系统、金属激光 3D 打印系统及后处理模块等，其中零部件数据软件具备对零部件的上传、存储、下载、预览等功能，三维反求测量系统具备对破损零部件的扫描、反求、智能解算破损量等功能，金属激光 3D 打印系统具备对精度要求较高的小型零件进行精确修复和直接成形功能，后处理模块具备对修复完好的零部件进行机加工处理等功能。野外环境 3D 打印维修保障系统攻克了复杂零部件三维形貌快速扫描测量及建模技术、野外环境下成形过程控形控性技术、缺损模型与待修零件坐标转换技术、系统集成技术等关键技术问题，系统集成扫描、反求、修复等功能为一体，具备野外环境条件下对受损装备进行快速修复的功能。

野外环境 3D 打印维修保障系统可用于野外装备应急抢修、远洋船伴随保障、偏远海岛及高山设备维护、工矿企业装备与模具修复日常维护等。研究成果参加“第二届军民融合发展高科技成果展览”。

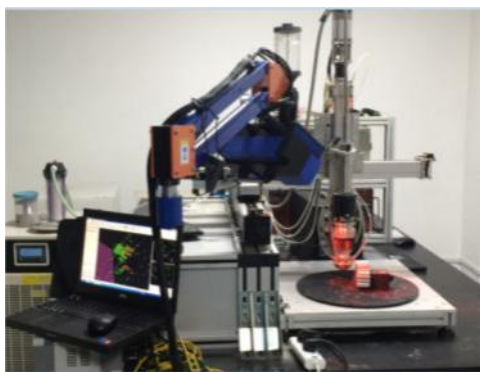


图 2-1 3D 打印维修样机



图 2-2 3D 打印系统运输方舱

(3) 高性能连续纤维增强复合材料 3D 打印工艺

本项目以连续纤维增强热塑性聚合物基高性能复合材料零件直接 3D 打印为目标，采用连续纤维与热塑性聚合物为原材料，利用复合浸渍-熔融沉积的 3D 打印工艺实现高性能复杂结构复合材料构件的低成本一体化快速制造，打印的复合材料零件的拉伸与弯曲强度分别达到 340MPa 与 390MPa, 该技术既改进了传统 3D 打印零件强度不足的缺点推动了 3D 打印技术向工业化应用的进程，又克服了传统复合材料成型工艺成本高、周期长的技术瓶颈促进了复合材料在将来的进一步发展与应用，是一次具有革命性的创新与突破。该技术属于国内首创，获得多项自主知识产权，受到国内外越来越多机构的关注，在国内，本项目得到国家重点研发计划、国家自然科学基金、载人航天等项目的支持，开展关于工艺机理与装备等方面的研究，探索该工艺在航空航天领域的应用前景，在国外，分别与德国、俄罗斯等研究单位合作

在当今全球 3D 打印领域快速发展的形势下，复合材料 3D 打印具有巨大的发展前景，据 SmarTech 预测，至 2026 年全球用于 3D 打印的复合材料收入将超过 5 亿美元，未来十年内复合材料将成为 3D 打印最主要的市场机遇，目前该项技术已经开发出了成熟的工业设备，形成了成熟的装备-材料-工艺体系，具备了商业化应用的条件，已经初步在复合材料轻质结构等方面得到应用，随着该技术的成熟，将来必将在航空航天、汽车交通甚至民用领域得到广泛的应用。

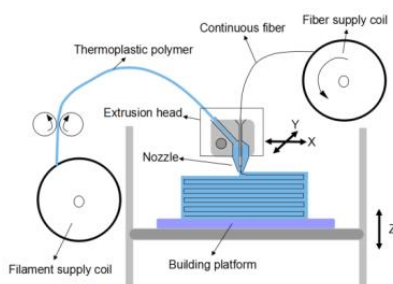


图 3-1 连续纤维增强复合材料 3D 打印成形机理



图 3-2 3D 打印设备



图 3-2 制作的复合材料零件

(4) 陶瓷光固化面成形技术

研制了陶瓷光固化面成形 3D 打印技术包括自制设备与软件。该设备包涵基本光固化加工模块和多材料光固化加工模块，并有各自独立算法。基本光固化加工模块由运动系统的控制、运动系统与曝光系统的整合、掩膜视频信号与紫外光投影图案的整合等三个部分组成，解决了因不同材料光固化性能的差异引起的成形工艺参数的在线更改、运动加减速导致的曝光时间不稳定、多种投影图案在线调整等难点。多材料光固化加工模块可调用基本光固化加工模块，但以换槽和清洗、掩膜在线更换功能为主，解决复杂结构模型内部不同材料分层、同层内不同材料的分时成形的问题，为非均质结构和多种光敏材料的一体化成形提供了自动化控制平台。内置分离力测量系统和膜带式加工台，解决了底曝光固化过程中普遍存在的脱层困难的瓶颈问题，并有效地降低层间台阶效应和内部缺陷，提高陶瓷件的外层表面质量和内部结构精度。目前该技术不仅可完成氧化物陶瓷成形，也可用于树脂、光敏水凝胶 3D 打印成形，具备通过多图案的连续层迭代制造多尺度梯度结构的复合材料支架。该技术可为制造高精度、大尺寸、高强度陶瓷零件提供技术基础。



图 4-1 陶瓷光固化面成形自制设备

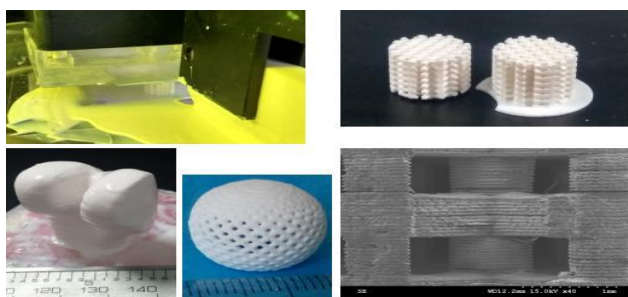


图 4-2 成形过程与陶瓷样件

(5) 个性化 PEEK 骨科植入物 3D 打印技术

对于肿瘤、创伤、疾病等原因造成的骨缺损或骨畸形患者，由于个体性差异大、病患程度不一等原因，传统规范化的医疗植入物经常无法满足要求。因此，本项目采用生物级聚醚醚酮（PEEK）材料作为原料，利用 3D 打印技术，快速定制个性化、高性能的骨科植入物，从而满足患者切身需求。相较于传统金属植入物材料而言，PEEK 作为一种半结晶高分子材料，具有质量轻，弹性模量接近原骨，减磨耐磨，生物相容性优异和物化稳定性好等优点，成为目前生物假体植入物的理想材料之一。然而，PEEK 材料是一种高熔点（343℃）、大冷却收缩率、半结晶的热塑性材料，采用传统加工方法，具有材料利

用率低、成本高、难以直接成形复杂结构等问题。本项目团队研发了一种以控性冷沉积为核心技术的 3D 打印方法以及智能工艺，可以依据应用需求进行力学性能（如韧性、模量）的调控，实现了高性能聚醚醚酮骨科植入物低成本、高精度的控形控性快速制造。相关技术已经完成了世界首例 PEEK 肋骨临床应用，在国际、国内都处于领先地位。

骨科医疗器械行业属于国家重点扶持的鼓励类行业，《医疗器械科技产业“十二五”转向产业规划》等多项政策将骨修复材料、人工关节和脊柱等骨科植入物列为国家重点开发产品。根据多个调查机构的报告显示，骨科植入物市场，尤其是国内骨科植入物市场快速增长态势气势如虹，2015 年市场规模达 166 亿元人民币，超过日本成为全球第二大骨科市场；2012-2015 年复合增长率达 18%，预计到 2019 年市场规模将超过 300 亿元。可以说，骨科植入物市场，尤其是国内市场前景具有极大的发展潜力。而本项目所研发的 PEEK 个性化骨科植入物 3D 打印技术，是一种前沿的创新制造方法，将成为骨科植入物市场的新兴热门方向，具有极大的市场前景。



图 5-1 世界首例 3D 打印 PEEK 肋骨
临床应用（2017 年 4 月）



图 5-2 PEEK 颅骨假体

（6）个性化 3D 打印医学假体设计软件系统（OrthoDesign）

针对目前 3D 打印制造个性化人工假体的设计缺乏力学分析依据和标准规范流程问题，该个性化 3D 打印医学假体设计软件系统，通过整合骨骼建模、假体宏观建模、骨骼/假体装配、优化分析、假体微观建模五个功能模块，实现定制化人工假体智能快速宏观外形设计、假体选型以及内部多孔结构设计。设计后的假体拥有个性化的宏观几何形貌和个性化的内部多孔结构，可直接应用与 3D 打印制造技术，该结构能够促进假体植入后骨长入能力，提高植入后远期假体稳定性。

内植物设计：提供面向常用内植物的关键几何参数设计方法，通过假体重要特征参数的尺寸缩放，实现假体快速建模；提供内植物模型库，允许用户通过选择不同型号的内植物进行服役性能分析，辅助术前选型规划；亦可通过 CT 图像重建的方式设计完全定制化的内植物。

假体服役性能分析与优化设计：软件集成了有限元分析模块，针对假体植入后服役性能进行生物力学分析开发了专用工具箱，简化传统假体有限元分析流程；在力学分析与优化中，以内植物植入后强度、早期稳定性和远期稳定性为核心优化准则，通过有限元方法对假体内部弹性模量进行优化，目的是提高假体的骨传导能力，促进假体植入后骨长入。

假体多孔设计：根据力学优化分析结果中梯度模量分布或用户需求自定义，通过不同类型单元体进行阵列的方式，自动生成局部或整体多孔结构，便于 3D 打印个性化制造。

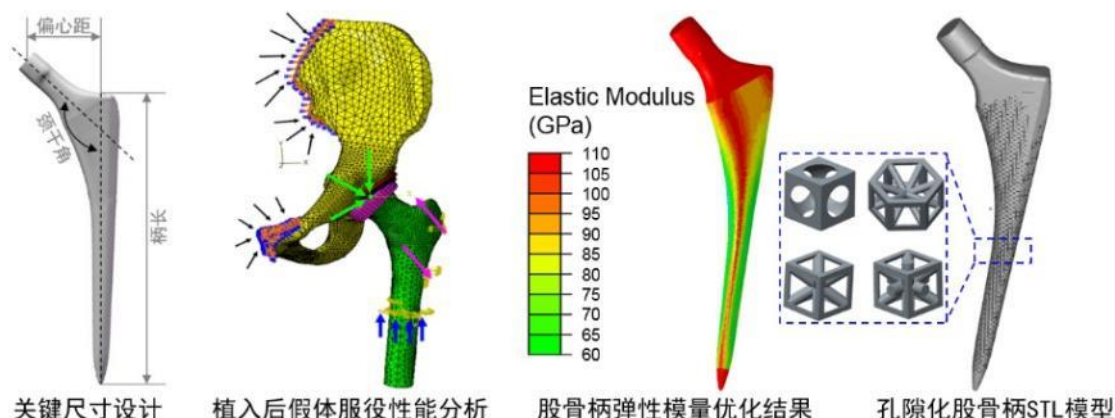


图 6-1. 个性化 3D 打印医学假体设计软件系统

应用实例：人工髋关节股骨柄

软件可以应用于：人工假体快速敏捷设计平台，解决了医疗器械公司缺乏产品设计依据和送检产品选型的难题；人工假体服役性能便捷评价平台，在兼顾假体常规的安全性、稳定性、强度的基础上考虑了假体植入后骨长入性能的促进对假体植入后远期稳定性的影响。为医疗器械公司和医生开发出更长寿命假体提供优化平台。多孔假体模型的自动构建平台，模型可直接应用与 3D 打印制造系统，解决了目前最为严峻的医疗器械公司和医生对可 3D 打印制造的个性化多孔模型的需求。

(7) 关节软骨缺损修复 3D 打印技术

关节是人体的承载组织和运动器官。关节损伤是危害人体运动功能的多发疾病，直接影响人的运动、进而影响生活健康和生活质量。现有金属和惰性陶瓷的人工关节虽已在关节疾病后期的治疗上获得了广泛应用，但因磨损造成的松动而发生失效。临床医学对大面积骨/软骨缺损的再生修复有迫切需求。因此，如何在关节疾病早、中期进行治疗并形成活性关节再生是再生医学的发展的迫切需求、定制化大尺寸骨/软骨支架设计制造成为关节软骨缺损修复、关节组织工程发展面临的重大挑战。

该技术以大尺寸骨/软骨缺损为研究对象，针对关节体内力学和生物学环境需求，围绕多材料与宏微观骨/软骨支架设计制造和功能评价方法的需要，所开发的活性骨和软骨人造组织同步制造和体外评估方法，为发展具有良好力学和生物学功能的人工活性组织关节提供科学基础与工程实现方法。研发了大尺寸骨/软骨支架的仿生结构设计方法。利用该方法，通过研究膝关节力学环境因素对植入物结构的相互作用关系，已发现了关节韧带、半月板、软骨与骨界面结合特征与步态的作用关系，并在此基础上，建立了面向羊膝关节半髌置换的大面积骨软骨支架的设计和手术方法。

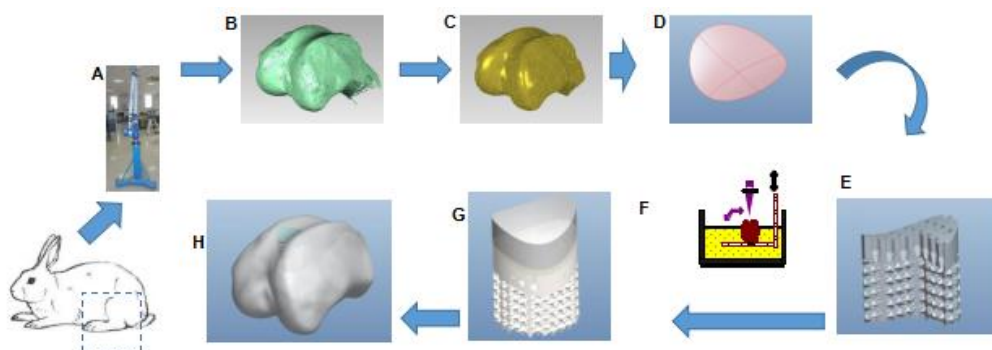


图 7-1 大尺寸骨/软骨支架的仿生结构设计方法

研发了多材料和多尺度结构支架精确光固化增材制造方法，已形成了大尺寸仿生支架制造的实验平台与设备。该设备以新体系光固化陶瓷浆料和打印方法为核心，建立了无分层结构的连续打印现象。目前该技术具有成形过程的缺陷自动控制策略，形成了 2 套完整的光固化陶瓷 3D 打印工艺方案与实验样机，可满足动物实验所需的大尺寸仿生支架（30mm × 30mm × 30mm）的快速制造和个性化结构复杂性与精度需求。

实现了同时满足骨软骨力学环境和生理环境的体外培养和评估系统，动物实验（兔、犬、羊）验证了骨软骨复合材料支架的设计制造的有效性。利用该技术，可对不同载荷等力学环境下自然关节组织的生存状态进行研究。已经初步证实力学条件对于自然关节

组织的促进作用；初步建立并进行了羊股骨内侧髁大块骨软骨缺损模型动物实验及体内生物性能检测，发现通过仿生设计、生物陶瓷/水凝胶复合大块骨软骨修复体可以修复羊膝骨软骨缺损，修复性能良好。

羊股骨半髁缺损的新生软骨（左图为大体观察，右图为组织学染色）

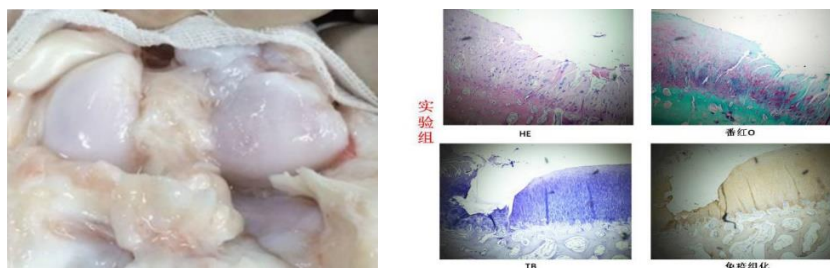


图 7-2 关节软骨缺损修复实验

利用该技术通过研究多材料定制化大尺寸骨/软骨支架，系统进行了相关的设计，制造，评估及动物试验方面的基础、前沿研究，为临床应用提供理论基础。

（8）可降解个性化替代物 3D 打印与临床应用

本项目采用可降解材料进行 3D 打印，以乳房修复和气管软化病为应用开展了研究工程。

乳腺癌是影响全球妇女的第一大恶性肿瘤，传统的全切手术曾对女性患者造成了严重的身体和心理的双重伤害。随着保乳手术逐渐成为女性乳腺癌患者的一种标准术式，现有的硅胶假体和自体组织填充物很难满足乳腺完美重建的功能需求。针对该问题，本项目建立了柔性可降解软组织支架仿生设计与 3D 打印方法体系，和第四军医大学西京医院合作，实现了国际首例的个性化可降解柔性乳腺支架的临床试验，目前已完成 4 例，不仅可实现初期形态与力学性能匹配，后期还可通过患者乳腺组织再生与支架降解实现自体修复，从而为乳腺癌的保乳治疗提供了新途径。

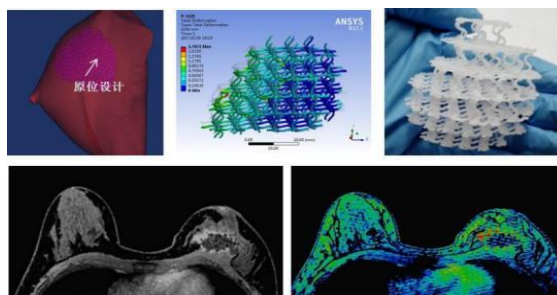


图 8-1 个性化可降解柔性乳腺支架的设计制造与临床应用

气管软化症是临床常见的气管疾病，其病情发展迅速、危及生命。对于较大长度（成人>6cm）的气管软化症，目前缺乏有效的治疗途径。针对该问题，和第四军医大学唐都医院胸腔外科、西京医院心血管外科以及郑州大学第一附属医院合作，利用建立的软组织支架仿生设计与 3D 打印方法体系，提出了基于可降解的气管外支架的气管悬吊手术方式，实现了国内首例临床试验，目前已完成临床试验研究 4 例（图 2）。美国哈佛医学院儿童医院食管与气管中心主任 RW. Jennings 教授等对临床试验发表专题评论：“首次报道了 3D 打印气管外支架在二次气管软化成人患者的应用，展现了可行有效且安全的初期疗效”。临床应用被 CCTV7、CCTV10、新华社、人民日报等专题报道，产生了良好的社会影响。

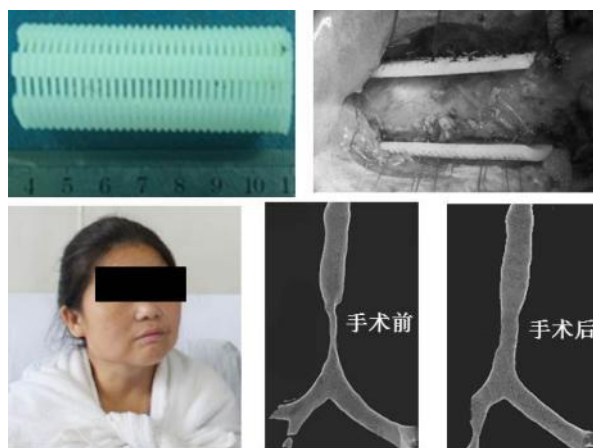


图 8-2 生物 3D 打印的气管外支架临床应用

（9）多喷头细胞 3D 打印技术

项目研究多细胞的在体 3D 打印技术，以研发血管肌肉等多组织的制备技术。本技术出以喷墨、挤压打印工艺为核心，开发多喷头生物 3D 打印设备，将水凝胶与细胞等活性物质根据凝胶交联特征配制生物墨水，用于人工血管/肌肉或皮肤等软组织支架的精确制造方法，为解决人工移植组织或器官的血管化和复杂结构支架制造瓶颈提供新的方案。

自制设备最大打印范围为 100mm×100mm×100mm，可为裸鼠等小动物提供无菌、原位打印的手术条件。多喷头系统面向多种材料不同的成胶机理，提供了同轴喷头、喷雾喷头、单管喷头，可完成 400~1200 μm 空心管凝胶和微丝凝胶的打印。利用多喷头运动

结构和控制软件，实现多喷头间的协同工作，完成含多种材料的血管/肌肉复合组织的一体化打印。



图 9-1 自制多喷头生物 3D 打印设备

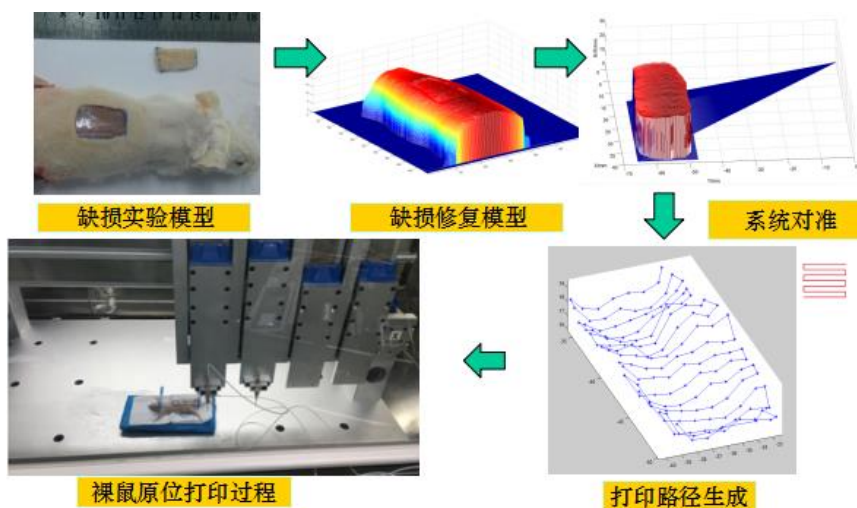


图 9-2 原位打印动物实验

三、技术成熟度

☐ 实验室阶段 ☒ 工程化阶段 ☐ 产业化阶段

四、合作方式

☐ 联合研发 ☐ 技术入股 ☐ 转让 ☐ 授权（许可） ☒ 面议

7. 金属电弧喷涂快速制模技术

【团队负责人】 魏润强

【所在学院】 机械工程学院

一、项目简介

金属电弧喷涂快速制模技术是一种基于电弧喷涂、快速原形、机器人控制和材料科学的模具制造工艺。它通过电弧喷涂工艺制造模具的金属型壳，通过材料累加原理制造出具有材料梯度、功能梯度结构的模具，是一种近净成形的模具制造技术。该技术可用于制作金属冲压模具、热压成型模具以及塑料模具等。目前已经在飞机、汽车、拖拉机、家电、塑料、制鞋等行业中成功应用，特别适用于为新产品开发、试制以及小批量生产提供快速、低成本模具的场合，属于极具发展潜力的一种模具制造新技术。

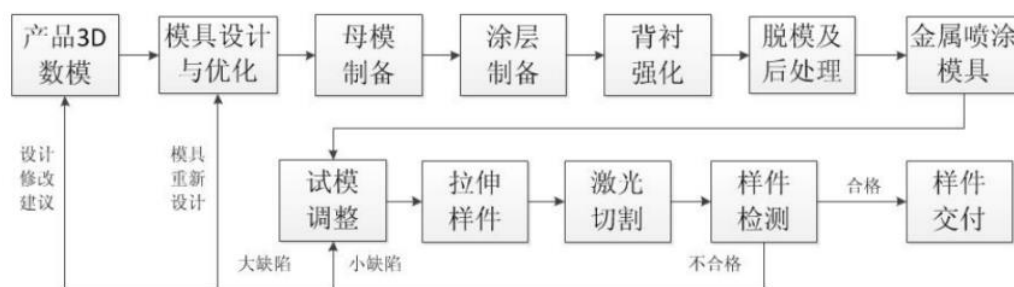


图1 金属喷涂快速制模工艺路线——反向喷涂

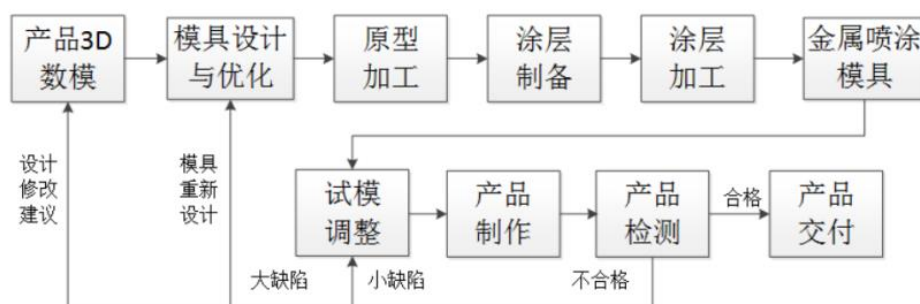


图2 金属喷涂快速制模工艺路线——正向喷涂

二、产品性能优势

(1) 制造周期

相当于数控加工制造相同零件模具时间的 1/3 至 1/10。

(2) 制造成本

制造费用与数控加工制造相同模具相比，成本最多可节省 35%以上。

(3) 模具精度

模具最大尺寸变形范围不高于 0.1%，更高精度可通过 CNC 加工实现。

(4) 模具寿命

锌铝合金模具表面硬度为 HV200。抗压强度 80MPa，一般冲压件可达到数百件，内饰件可达数千件。

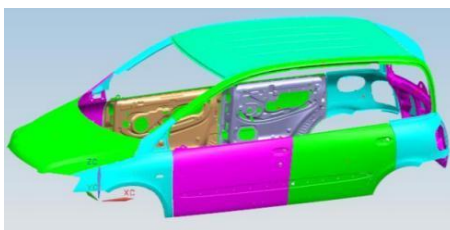
三、市场前景及应用

(1) 钣金拉伸成型

轿车典型零件：四门两盖、车顶、底板、轮罩、翼子板等的内外板，一般来说，外形尺寸 $\geq 300\text{mm}$ ，厚度 $\leq 1.5\text{mm}$ 的薄板零件均可保证样车批量要求，厚度 $> 1.5\text{mm}$ 的薄板零件及高强板材料零件需根据产品成型特点具体确认产品批量。

(2) 内饰成型

塑料加工中的反应注塑成型、吹塑成型、结构发泡及其它一些注塑工艺过程。利用金属喷涂快速制模技术为波导汽车成功完成两个车型 AM08/AM06 两款三厢、两厢轿车) 40 副样车试制模具；为长安汽车 CM5 车型提供样车样件快速制造；为一汽吉林制造中低熔点金属喷涂快速模具、高熔点金属喷涂快速模具；为上汽通用五菱汽车制造行李箱后端板总成零件。



四、技术成熟度

☐ 概念验证 ☐ 原理样机 ☐ 工程样机 ☒ 中试 ☐ 产业化

五、合作方式

☐ 联合研发 ☐ 技术入股 ☐ 转让 ☐ 授权（许可） ☒ 面议

8. 美刻思源盲文刻印系统

【团队负责人】 李兵

【所在学院】 机械工程学院

一、项目简介

在本项目中，拟针对上述问题，本项目拟进行本土化的盲文刻印生态链建设布局，其中硬件方向，即为盲文刻印机设备的全国产业化研发，其研发不仅包括针对于机构（B2B）的工业级，商业级设备，还包括目前尚未面试的，针对个人（B2C）的家用级设备。

而软件及服务方向，除了针对中文盲文优化的自动化排版系统外，也将打造针对于视障人士的云端共享平台，通过优质资源的提供，不但能够促进刻印机本身的销量提升，还能提升客户粘性，实现企业的持续造血。最终也让特殊群体也能享受到科技进步所带来的便利。

通过本项目的实施，不但能够快速占领超 1500 亿元的空白市场，还能够通过提高特殊群体的受教育程度，完成全国共同富裕的伟大梦想，同时具有极高的经济价值与社会价值。

本项目技术提供方为西安交通大学李兵，教授，博士生导师。蒋庄德院士团队核心成员。“中华人民共和国成立 70 周年”纪念章获得者。中国机械工程学会高级会员，“国家教指委机械工程协作组”成员，入选教育部新世纪人才计划。英国伯明翰大学 Honorary Research Fellow。机械制造系统工程国家重点实验室、微纳制造与测试技术国际合作联合实验室固定研究成员。

长期从事精密超精密加工与测试技术及装备制造等方面的研究，在数字化精密测量与超精密加工技术与装备的工程科技领域开展了创新性研究，发表论文百余篇，拥有专利 80 余项。

主持“04 专项”、“国家重点研发计划”、“国家自然科学基金”等多项国家级项目。研究成果获国家科技进步二等奖 1 项、省部级科技奖 5 项。近年来，与东方电气集团有限公司、秦川机床工具集团股份公司等国内制造业龙头企业开展多次合作，协助解决了企业内部的数十项技术难题。

二、产品性能优势

在硬件部分，团队以往研究经验，引入了 CNC 精密加工装备的设计理念，对产品结构进行了全面革新，实现了以下功能：

1. 通过并行协同控制，在降低刻印噪音的基础上（由 80dB 减少至 60dB）的基础上，进一步提升了该设备的刻印效率（从 140cps 增加至 190cps 以上）。

2. 通过自研的纸张识别模块，实现了纸张厚度与刻印冲力的自动匹配，并创新性的，在保证满足盲文存留时间标准的基础上，实现了普通 80g A4 纸张的盲文刻印，将刻印耗材成本降低至了原有的 1/20；

3. 通过联动控制，实现了盲文图章线条的连续刻画，在提升触觉分辨率，大幅提升图像刻印效率的基础上，提升了纸质盲文书籍的信息容量及触觉交互性。

软件部分：

1. 对于盲文转译模块，团队采用深度学习智能化编译算法，替代了传统的字符库遍历搜索，在提升转译效率的基础上，针对汉语特有的多音字、近义字等的特征识别，大幅度降低了汉盲转译的错误率。

2. 团队基于云端物联网技术，对刻印机智能化生态链进行了布局，并着手搭建盲文线上共享平台，对于该平台，不但可以通过提供优质资源，提升客户粘性，实现企业的持续造血，还可以通过开放个人文字资源分享功能，提升用户的积极性，从而进一步提升刻印机的销量与使用率，更快速地占领市场。

在前期，团队基于研发成果，已申请相关专利 2 项，授权专利 1 项。

三、市场前景及应用

目前我国视障人士群体规模约为 2000 万，由于盲文刻印设备在我国的稀缺以及普及不足，导致了可供该群体阅读的纸本书籍资源严重匮乏，使得该群体的教育资源体量受到了极大程度的影响，进而导致其受教育程度的低下。

盲文刻印机是用于将盲文“打印”在纸张上的专用设备。与普通人的日常所使用的打印机结构功能相似，它与电脑终端相连，利用专用的编译软件将文字转换成盲文字符，并通过盲文刻印机实现在纸张上的盲文刻印。



a. 普通打印机

b. 盲文刻印机

图 1 打印机与刻印机

盲文刻印机作为一种辅助盲人的设备，属于残疾人服务业，也可以作为特殊打印设备应用于文创制品等印刷出版产业。同时，盲文刻印机不仅包含其硬件结构，而且需要配合专用的编译和排版软件，以及针对视障群体的专业服务培训。故其既具有依赖上游元件供应的制造业特性，也具有强调用户体验和自主创新的计算机业特性，以及针对特殊群体的服务业特性。

目前，国外已有较为成熟的同类设备，但由于该设备研发技术门槛较高，市场未受重视等原因，导致了国内的相关设备严重依赖进口，进而造成了盲文刻印机设备单价高昂，耗材量大价高，和中文盲文兼容性差等国内市场现状。

目前我国已有 8000 多家视障人士服务机构及 2000 多万名视障人士，巨大的市场空间，也为盲文刻印市场带来了前所未有的发展潜力。由于国外相关设备生产公司对国内市场的重视程度不足，加之已形成相关技术垄断，价格过高，造成了国内刻印机保有量小，机构量与刻印机购置量完全不匹配等原因。而现在国内政府及相关已认识到了这一问题，近年来，中央及地方对残障人士补贴力度逐渐增强。本项目可借助这一利好为起步点，通过辅助器具补贴政策，激励市场，增加用户数量。并基于课题组常年于浸淫于机械行业的研发经验，引入工业领域先进技术，推翻传统刻印机结构。通过自主研发，打破国外产品的常年垄断，已价格优势迅速占领国内市场。最终发掘庞大用户群体的需求，刺激市场消费。

课题组对盲文刻印设备市场进行了细分，对于小型、工业级和家用型盲文刻印机，其市场分别如下

① 小型盲文刻印机

预计售价：4 万元；目标客户：公共图书馆及特殊教育学校（5328 家）；预计总市场超过 6.4 亿元。

② 工业级盲文刻印机

预计售价：40 万元；目标客户：按特殊教育学校及出版社（5336 家）；预计总市场超过 60 亿元。

③ 家用型盲文刻印机

预计售价：0.7 万元；目标客户：家用级，面向视障人士本身（数量达 2000 万以上，且全世界无同类产品），参考视障人士数量，市场超过 1400 亿元。

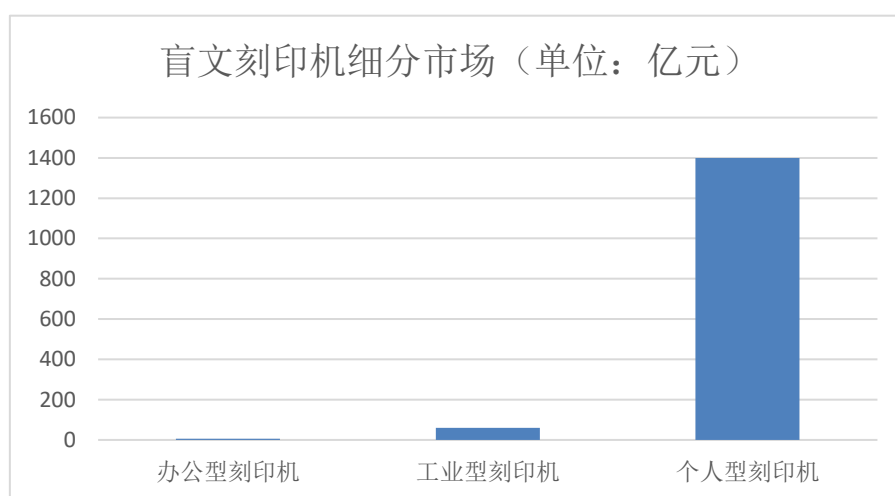


图 2 盲文刻印机细分市场

四、技术成熟度

☐概念验证 ☒原理样机 ☐工程样机 ☐中试 ☐产业化

目前技术成熟度六级，已实现功能样机平稳运行，各项功能试验合格。

五、合作方式

☐联合研发 ☐技术入股 ☐转让 ☐授权（许可） ☒面议

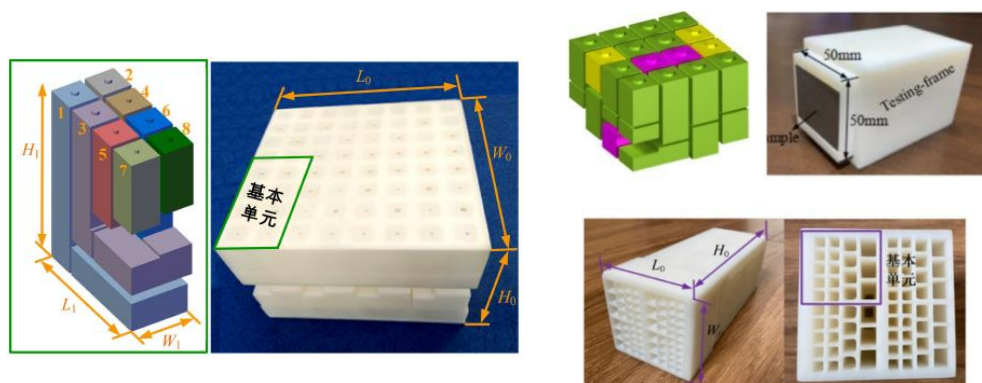
9. 小尺寸大宽带吸声超结构技术

【团队负责人】 吴九汇、刘崇锐

【所在学院】 机械工程学院

一、项目简介

本项目是一种小尺寸大宽带吸声超结构技术，首次提出超结构虹吸效应，结合多腔共振机理，突破了共振吸声系数与吸声面积间的矛盾限制，解决了小尺寸低频大宽带吸声难题，获得了各种频段吸声系数高达 95% 的小尺寸低频大宽带吸声超结构。本项技术的优势：1) 低频吸声效果好，与国内外现有材料体系相比，可将 100Hz-4000Hz 吸声系数由 40% 以下提升至 90%; 2) 结构尺寸更小，是其它同等效果产品的 1/2 到 1/3 左右，工程应用潜力大；3) 组分材料灵活，可根据应用环境的不同选择不同的加工材料。



二、关键技术

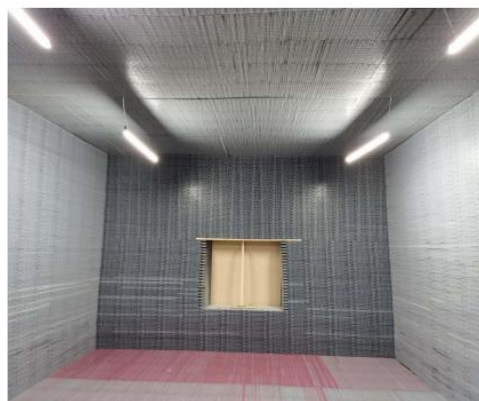
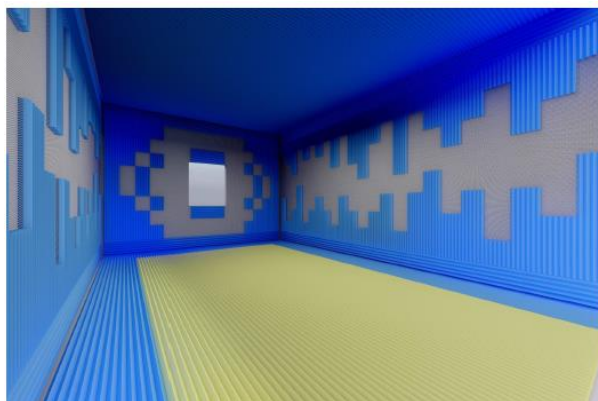
本项目的关键技术有两个：

1. 超结构虹吸效应吸声技术

为了实现宽带吸声，需要采用多个单元并联的方式增加峰值数量。在宽带结构中，只有某一个单元将全部的入射能量吸收掉，才能实现相应频率处的完美吸声，这就要求所有的入射能量全部要流向该单元，这就是我们提出的声学虹吸效应机理。因此如何最大程度上发挥声学虹吸效应的作用，优化结构参数，是本项目的第一个关键技术。

2. 超结构多阶共振吸声技术

单元数量受限的基础上,通过一定的措施激发结构的高阶模态,可以使单元在几乎保持低频峰值不变的情况,在高频处获得多个峰值,进一步拓宽吸声频带,这就是我们提出的多阶共振吸声机理。因此,如何在结构内部进行高阶模态设计,是本项目的另一个关键技术。



三、应用市场

随着环保意识的加强及相关法律法规的不断出台,我国的噪声治理行业规模正快速增长,市场规模从 2014 年的 210 亿增长到 2020 年的 550 亿左右,年复合增长率高达 14%左右。未来五年市场规模将持续增长,预计 2025 年左右达到 1000 亿左右。

另一方面,在这么大的市场规模中,由于低频噪声处理难度大,其控制需求所占比例增长更快,在民居、交通、工厂及飞机、舰船等重大装备上都极为迫切。而目前本技术在该领域具有非常大的优势,国内外行业内暂无对标的技术,因此具备非常大的市场发挥空间。

四、技术成熟度

☐概念验证 ☒原理样机 ☐工程样机 ☐中试 ☐产业化

五、合作方式

☐联合研发 ☐技术入股 ☐转让 ☐授权(许可) ☒面议

10. 基于 MEMS 技术的传感器及数据记录仪

【团队负责人】 赵玉龙

【所在学院】 机械工程学院

一、团队简介

西安交通大学陕西省微纳传感器工程技术研究中心，以院士和长江学者为学术带头人的研究团队组成，专门从事微纳传感器设计、制造和应用研究工作。根据军工、航空航天等领域的特殊需求，依托西安交通大学精密工程与测试技术研究所及机械制造系统工程国家重点实验室在特种 MEMS 传感器领域的技术、人才、设备优势，开展 MEMS 耐高温压力传感器、超高压压力传感器、高频响压力传感器、微型化压力传感器的设计、制造及产业化研究。中心在特种传感器研究方面，已授权国家发明专利 50 余项，获得国家技术发明二等奖 1 项和省部级科学技术一等奖 4 项。

目前，中心拥有科研生产用房 1100 平方米，各类 MEMS 传感器封装测试设备总价值 1500 万元以上。中心以高温、高压压力传感器、高频、微型、力、加速度等特殊需求传感器及数据记录仪作为主要加工、生产方向，建设完成了专用的 MEMS 微纳传感器及数据记录仪的生产和检验工艺线，建立了完善的传感器测试平台，通过了 ISO9000 质量管理体系认证及 GJB9001B-2009 国军标体系认证。

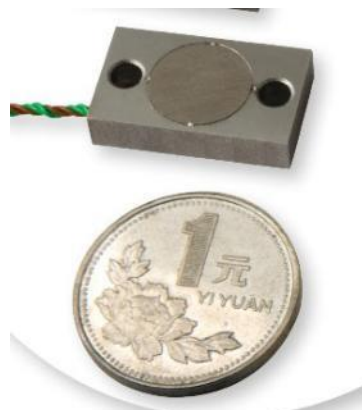
（一）传感器篇

1. XJA1 高 g 值加速度传感器

a. 特点

- 自主制造的微机械加工耐高 g 值压阻芯片
- 100,000g 的量程，高过载保护
- 灵敏度高、长期稳定性好
- 高频响
- 高过载，小体积
- 低成本

b. 概述



XJA1 高 g 值冲击加速度计采用的 MEMS 压阻式硅芯片拥有自主知识产权，其独特的内部结构，为传感器提供了可靠的过载保护、适当的空气阻尼及良好的密封性。主要用于航空航天、兵器、船舶、轨道交通装备等对冲击、碰撞、爆破产生的加速度测量。

c. 技术参数

过载保护: 100,000g

响应频率: $\geq 100\text{kHz}$

供电: +5VDC

满量程输出: $60\text{mV} \pm 20\text{mV}$

工作温度: $-40^{\circ}\text{C} \sim 125^{\circ}\text{C}$

相对湿度: $0\% \sim 85\%$

绝缘电阻: $100\text{M}\Omega$ (50VDC)

重量: $\leq 5\text{g}$

2. XJG2 高温压力传感器

a. 特点

- 自主制造的微机械加工耐高温压阻力敏芯片
- 可长期在高温下工作
- 灵敏度高、长期稳定性好
- 动态频响好
- 高量程、高过载



b. 概述

XJG 2 高温压力传感器采用 MEMS 技术和 SOI 技术，集成平膜压力传感器芯体，并采用先进的梁膜结构设计，使其具有耐高温及瞬时高温冲击的能力、动态频率响应高（最高可达到 1MHz）、超高量程，以及高过载（最大可承受满量程 20 倍）等特点。“耐高温压力传感器”为国家高技术研究发展计划(863 计划)MEMS 领域重点项目成果，并通过部级成果鉴定，拥有自主知识产权(发明专利: ZL 01 1 28782.9 和 ZL001.13961.4)。该压力传感器广泛应用于航空航天、国防、石油、化工、冶金、电力、船舶、汽车、医药、科研等领域对高温流体的测量。

c. 技术参数

耐瞬时高温冲击: 2000℃

测量介质: 与硅、不锈钢、玻璃兼容的各种液体或气体

量 程: 0 ~ 500KPa ... 150MPa

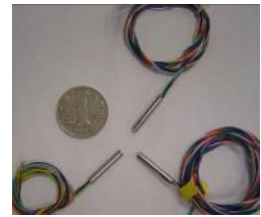
供 电: 1.5mA 或 5mA 或 9V

零位输出: $\leq \pm 2\text{mV}$

3. XJG4 微型压力传感器

a. 特点

- 微型结构体积小、重量轻
- 长期稳定性好
- 测量范围宽
- 动态频响高



b. 概述

在空气动力学研究、飞行器及发动机试验、风洞试验、流体力学及水工试验、水轮机及水下兵器试验、生物医学应用，化爆或核爆冲击波等许多研究中，出于对不改变被测流场的考虑或受安放位置局限，必须原位测压时，常常对传感器的外形尺寸的微型化有较为苛刻的要求，以期在不干扰流场状态情况下，复现动态流场的变化规律。XJG4 微型压力传感器正是为这些应用开发的，它采用了微型化设计的微机械加工工艺制成集成压阻力敏元件，进行精致巧妙的微型封装，通常外径在 $\Phi 8\text{mm}$ 到 $\Phi 15\text{mm}$ 、长度不超过25mm，并且可按照用户要求的形状与尺寸定制。微型压力传感器系列以其小巧的外形、高输出、高温、优异的动态和静态特性以及极高的可靠性而显示其特色。

c. 技术参数

测量介质: 与硅、不锈钢、玻璃兼容的各种液体或气体

量程: 0 ~ 10KPa ... 60MPa

供电: 1.5mA 或 5mA 或 9V

零位输出: $\leq \pm 2\text{mV}$

满量程输出: $100\text{mV} \pm 40\text{mV}$

过载压力: $\geq 150\%\text{FS}$

工作温度: $-25^\circ\text{C} \sim 85^\circ\text{C}$

贮存温度: $-40^\circ\text{C} \sim 125^\circ\text{C}$

相对湿度: 0% ~ 85%

绝缘电阻: $100\text{M}\Omega$ (50VDC)

4. XJG8 高频响压力传感器

a. 特点

- 动态频响好
- 自主研发的微机械加工的耐高温压阻力敏芯片
- 长期稳定性好
- 测量范围宽

b. 概述

XJG8 高频响压力传感器利用微机械加工技术使得集成硅膜片有效尺寸小, 因而固有频率高; 利用硅优良的弹性力学特性, 加之低的电桥内阻抗, 从而不仅利于获得高频响, 低至零频高至接近固有频率的宽频带响应, 而且有低至亚微秒的上升时间及非常平滑的幅频特性曲线。综合性能优于压电动态压力传感器, 动态频率响应极高(最高可达到 1MHz)。该系列传感器适用于军事工程、化爆试验、石油勘探与测井、材料、力学、土木工程学、岩土力学、创伤医学、液压动力机械试验等科学试验与现代化仪器仪表中, 测量一些变化高、波形陡的动态压力波形与幅值、有效值, 是动态测压的首选。

c. 技术参数

动态频响: 最高 1MHz

测量介质: 与硅、不锈钢、玻璃兼容的各种液体或气体

量 程: $0 \sim 10\text{KPa} \dots \dots 60\text{MPa}$

供 电: 1.5mA 或 5mA 或 9V

零位输出: $\leq \pm 2\text{mV}$

绝缘电阻: $100\text{M}\Omega$ (50VDC)

5. XJG7 高过载压力传感器

a. 特点

- 测量压力高
- 自主研发的微机械加工的压阻力敏芯片
- 具备瞬间动态高压力的抗过载能力

b. 概述



XJG7 高过载压力传感器是一种能够承受并测量 2GPa 动态瞬间高压力的超高压压力传感器，主要应用领域为动能弹侵彻、油井勘探、新型材料的高压合成、地下核弹爆炸、高速公路安全防护、动能弹拦截、车辆碰撞安全、水下冲击波的测量等。

c. 技术参数

测量范围： 0~2GPa

传感器封装尺寸： $\leq \phi 30\text{mm}$

固有频率： $\geq 500\text{kHz}$

精度： 1%FS

功耗： 10mW

工作温度： $-40^{\circ}\text{C} \sim 200^{\circ}\text{C}$

耐瞬时高温冲击： $\geq 3000^{\circ}\text{C}$ ，瞬时高温持续时间： 100 毫秒

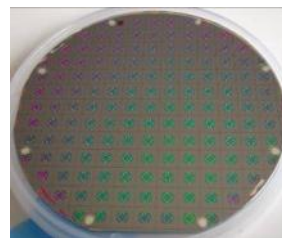
重量： $\leq 100\text{克}$



6. XJE2 高温高压充油压力芯体

a. 特点

- 优良的线性特性
- 长期稳定性好
- 动态特性好
- 可长期在高温下工作



b. 概述

XJE2 高温高压系列充油压力芯体采用高精度、高稳定性微压力敏芯片或 SOI 压力敏芯片作为弹性敏感单元，通过（高温）充硅油工艺和（高温）精密补偿工艺，可实现（高温下）0~60MPa...~200MPa 的压力测量。将 XJE 系列充油压力传感器芯体装入具有标准和特定螺纹的压力接口中，可制作出结构型式多样的压力传感器，并与标准信号处理电路配合，可将压力信号转换成多种工业标准电信号输出，适用于各种不同压力测量产品的组装和生产。

c. 技术参数

测量介质： 与不锈钢、密封圈兼容的各种液体或气体

量程： 0~60MPa...~200MPa

内 阻: $1\text{K}\Omega \sim 6\text{K}\Omega$, 25°C

供 电: 1.5mA 或 5mA 或 9V

零位输出: $\leq \pm 2\text{mV}$

满程输出: $80\text{mV} \pm 20\text{mV}$

过载压力: $\geq 200\%\text{FS}$

7. XJB2 高温压力变送器

a. 特点

- 自主研发的微机械加工的耐高温压阻力敏芯片
- 灵敏度高, 长期稳定性好
- 激光全焊接封装
- 测量范围宽
- 分体式设计, 用户可调整零位、满度



b. 概述

XJB2 高温压力变送器选用耐高温压力传感器芯体, 由于采用 MEMS 技术和 SOI 技术, 集成平膜压力传感器芯体, 并采用先进的梁膜结构设计, 使其具有耐高温及高温瞬时冲击的能力。传感器输出信号经过分体式变送盒的放大处理, 将其转换成标准电信号。传感器壳体采用激光焊接封装, 确保了该产品的优异性能和长期稳定性。分体式设计, 便于用户调整零位、满度, 该压力变送器广泛应用于航空、航天、国防、石油、化工、冶金、电力、船舶、汽车、医药、科研等领域对高温气体、液体的测量。

c. 技术参数

耐瞬时高温冲击: 2000°C

测量介质: 与硅、不锈钢、玻璃兼容的各种液体或气体

量 程: $0 \sim 500\text{KPa} \dots \dots 150\text{MPa}$

供电电压: 标准 24VDC 或 $12\text{VDC} \sim 32\text{VDC}$

输出信号: $4 \sim 20\text{mA}$ 或 $1 \sim 5\text{V}$ 或 $0 \sim 5\text{V}$ 或 $0.5 \sim 4.5\text{V}$ (5VDC 供电)

8. XJB6 智能数字压力变送器

a. 特点

- 宽温液晶数字显示

- 全温度范围内的数字化温度补偿技术及非线性修正技术
- 数字量输出，抗电磁及射频干扰能力强。
- 可模拟量（4~20mA）同时输出
- 具备通讯输出接口（RS-485），便于总线组网应用
- 长期稳定性好
- 性价比高、精度高



b. 概述

XJB6 是一款高精度、高稳定性的数显变送器产品。变送器传感器芯片工作温区广、信号处理部分可进行非线性和温漂补偿。解决了模拟变送器温度漂移等问题，数字量输出、抗干扰性强、无需其它采集设备，可直接与计算机通讯。该产品采用专用宽温液晶显示，并通过精密数字化温度补偿及非线性修正技术精心制造。通用的 RS485 总线，方便组成网络化的压力检测系统。产品在输出标准模拟信号的同时，可扩展各种通讯接口，是普通压力变送器的理想替代产品。该产品广泛适用于石油化工、水电、城市供水、科研等领域液体压力的精密测量与显示。

c. 技术参数

测量介质：与硅、不锈钢、玻璃兼容的各种液体或气体

量 程：0~20KPa150MPa

供电电压：标准 24VDC 或 12VDC~32VDC

输出信号：模拟量 4~20mA/数字量液晶显示（RS485 通讯输出）

过载压力：≥150%FS

(二) 记录仪篇

1. 抗高过载微型记录仪

HGR-10/20 型数据记录仪内部采用一套数据采集电路、一套数据存储电路和一套数据传输电路，安装在专用的金属壳体内。在壳体内填充有缓冲保护层对电路进行过载保护，使记录仪抗强冲击过载能力达 5 万 g；记录仪具有体积小、



多通道高采样率、大容量、低功耗、抗高冲击过载、数据记录可靠性高等特点，适用于高过载环境下的多参数数据采集。

表 1 HGR-10/20 主要性能指标

型号	HGR-10	HGR-20
数据通道	1 通道 (H) +4 通道 (L)	1 通道 (H) +4 通道 (L)
采样率	高速通道 3MHz, 12 位 ADC 低速每通道 125KHz, 8 位 ADC	高速通道 8MHz, 12 位 ADC 低速每通道 500KHz, 8 位 ADC
体积	$\phi 30 \times 35\text{mm}^3$	
重量	50 克	
抗过载能力	5 万 g	
供电要求	5V, 50mA	
动态范围	根据用户具体要求设置	
输入阻抗	$> 1\text{M}\Omega$	
频率响应	0.1 Hz ~ 500KHz	
共模拟制比	$> 90\text{dB}$	
存储容量	1 ~ 4G 字节	
传输接口	采用 USB2.0 标准, 300M 字节/分钟	
工作温度范围	$-40^{\circ}\text{C} \sim 50^{\circ}\text{C}$	

在 HGR-10/20 型数据记录仪的基础上, 可以根据用户要求定制记录仪, 模拟通道数可以增加至 16 通道还可以增加数字通道, 采样率也可以进行灵活配置。

2. 抗高过载大容量可编程高采样率 XX 记录仪 HDR-10/40/80 具有 8 个同步采样的模拟通道, 输入电压范围、输入通道数、采样频率和采集时间可以编程, 记录器具有存储容量大、抗高过载、数据记录可靠性高等特点。



表 2 HDR-60/80/90 主要性能指标

型号	HDR-10	HDR-40	HDR-80
数据通道	1 通道 12 位 ADC	同步 4 通道 12 位 ADC	同步 8 通道 12 位 ADC

采样率	80MHz,	每通道 20MHz	每通道 10MHz
体积	电路仓体积 $\phi 52 \times 46\text{mm}^3$, 电池仓体积 $52 \times 66 \times 20\text{mm}^3$		
重量	235 克		
抗过载能力	5 万 g		
供电要求	自代电池 8.4V/1000mAh, 功耗 200mA		
动态范围	根据用户具体要求设置		
输入阻抗	$> 1\text{M}\Omega$		
频率响应	0.1 Hz ~ 8MHz		
共模拟制比	$> 90\text{dB}$		
存储容量	4 ~ 16G 字节		
传输接口	采用 USB2.0 标准, 300M 字节/分钟		
工作温度范围	$-40^\circ\text{C} \sim 50^\circ\text{C}$		

3. 多路模拟信号及多种总线通讯数据记录仪

MBR-200 型记录仪具有 32 路模拟信号通道和一路总线数字信号通道, 按照一定的采样频率, 存储被测产品在测试过程中的各种模拟信号 (例如振动信号、冲击信号、压力信号、温度信号等) 和被测产品中心处理器产生的总线上的数字信号 (包括 RS232、RS485、RS422 和 CAN 总线等)。模拟信号每通道输入电压范围和每个通道的采样率可以分别进行设置, 既可以同时采集高速信号和低速信号; 数字通道的总线类型、同步方式和波特率可以设置。

记录仪采用 2 路冗余的存储系统, 内置大容量独立的电池系统, 安装在专用的壳体内, 内部填充高强度树脂材料。记录仪数据通过 SPI 接口上传至上位机。



表 3 MBR-200 主要性能指标

型号	MBR-200
模拟通道	32 通道
采样率	100 KHz, 12 位 ADC
总线类型	RS232、RS485、RS422 和 CAN 可选
波特率	9600、19200、115200、1Mbps 可选
体积	65 × 70 × 55mm ³
重量	560 克
抗过载能力	5 万 g
供电要求	自代电池 8.4V/1000mAh, 功耗 100mA
动态范围	根据用户具体要求设置
输入阻抗	> 1MΩ
频率响应	0.1 Hz ~ 500KHz
共模拟制比	> 90dB
存储容量	4 ~ 16G 字节
传输接口	采用 USB2.0 标准, 300M 字节/分钟
工作温度范围	-40℃ ~ 50℃

4. 冲击过载测试记录仪

IAR-100 型记录仪采用抗高过载测试技术和高 g 值加速度计, 获取在给定弹目交会条件下的冲击加速度曲线。与被测产品同样的目标和着靶速度条件下, 冲击过程中记录仪和被测产品受到的冲击加速度幅值和历程相同。冲击试验完毕后回收到记录仪, 读出冲击加速度数据, 并对冲击加速度进行积分获得模拟试验弹的速度曲线, 再对速度数据积分获得模拟冲击试验弹的位移曲线, 通过速度曲线和位移曲线来评判加速度测试的准确性。

表 4 IAR-100 主要性能指标

型号	IAR-100
采样率	100kHz
数据分辨率	8 位二进制, 即 40g/LSB

加速度测量范围	-10000g ~ +50000g
测试误差	不大于 15% 加速度传感器的非线性误差不大于 10% 交叉轴灵敏度不大于 10%
形态	形状与结构与被测产品完全相同
质量	质量与被测产品完全相同
抗过载能力	10 万 g
供电要求	自代电池，功耗 10mA
输入阻抗	> 1MΩ
频率响应	0.1 Hz ~ 100KHz
存储容量	1G 字节
传输接口	SPI 数字接口，100M 字节/分钟
工作温度范围	-40℃ ~ 50℃

5. 恶劣环境下无线分布式存储测试系统

无线分布式存储测试系统由数据控制中心和若干个测试节点（无线存储测试系统）组成。无线存储测试系统将 ICP 传感器、信号调理电路、数据采集存储电路、时间统一电路、控制系统电路、无线数据通讯模块、电源管理电路和电池组等集成封装成一体，构成一个可植入爆炸现场独立工作的微小系统，具有很高的可靠性。数据控制中心通过发送测试命令来控制、管理以及协调测试节点去完成测试任务，而测试节点主要是负责采集爆炸冲击波场信号，并回传给数据控制中心，进行后续分析处理。由于无线存储测试系统防护等级达到 10 万 g，较好地解决了“引线电测法”的各种问题，可靠获取冲击波超压曲线，并通过计算得到正压持续时间和冲量。

表 5 IAR-100 主要性能指标

型号	DTS-100
采样率	采样率可以编程，100 K Hz ~ 4 MHz;
数据分辨率	12 位二进制
放大倍数	8 档放大倍数可编程

输入阻抗	1MΩ
传感器指标	量程范围是 50 psi ~15 000 psi，谐振频率大于 500 kHz， 响应时间小于 1 μs，非线性小于 1%FS
体积	φ 60 × 120mm ³
重量	500 克
电池容量	1Ah
抗过载能力	10 万 g
存储容量	4G 字节
读数接口	USB2.0 高速模式，传输速度为 100M 字节/分钟
工作温度范围	-40℃ ~ 50℃
无线电作用距离	1Km

二、技术成熟度

☐概念验证 ☐原理样机 ☐工程样机 ☒中试 ☐产业化

三、合作方式

☐联合研发 ☐技术入股 ☐转让 ☐授权（许可） ☒面议

11. 高压供热热压机装置

【团队负责人】 陈伟雄

【所在学院】 能源与动力工程学院

一、项目简介

目前，高压供热热压机领域尚属于国内外研究的空白。国内外对于高压热压机（动力蒸汽为超临界和超超临界参数）的研究刚刚起步，而国内对于高压供汽的需求日趋紧迫。因此，本研究成果具有显著的工程应用价值，有利于推动高参数、大流量、宽负荷工业供汽技术的发展，解决当前热电机组高参数工业供汽的技术短板，实现相关技术国产化制造，并有效提升大型热电联产机组的供热经济性和灵活性，并迅速占领国内外相关市场。

本项目旨在通过技术研发，实现不同等级外输压力热压机的开发研制，通过研究几何参数及运行参数对其性能的影响，获得宽范围运行、高性能参数的高压热压机优化设计方法，并实现热压机的调节和效率特性、电负荷调节规律和热负荷需求变化的有机统一，形成无级可调工业高压供汽系统，实现热压机技术国产化制造，同时提高性能，降低成本。

二、产品性能优势

本项目通过自主化研究，实现高压热压机的技术国产化，可解决目前供热行业存在的问题：

1、实现高压供热热压机领域国产化。目前，国外热压机产品占据了国内低压、中压热压机主要市场，而在高压热压机供热领域，国内市场需求日趋增加，通过本产品可解决当前热电机组高参数工业供汽的技术短板，实现相关技术国产化制造。

2、有效提升高压热压机引射性能。目前，高性能热压机是研究难点和热点，通过本团队的研究，可使热压机引射性能提升10%左右。

3、实现供热系统的安全灵活运行。通过本项目研究，确定相应汽源优化选型方案和变工况运行优化方案，以及整个供热系统的安全运行边界（即安全供热负荷范围）。

三、市场前景及应用

根据国内超低排放政策，到 2018 年底，近 3000 套大容量火电厂机组超过 90% 安装了先进的脱硫、脱硝 SCR 系统。未来超低排放控制的法规将被推进到自用工业产业，而自用工业用户有其本身设备较早、排放等级要求高难以实现等问题，超过 75% 的工业锅炉不能进一步减少二氧化硫和氮氧化物，工业锅炉的年利用小时一直在下降，从每年 6500 小时年到 4200 小时或更低，因此工业锅炉的未来发展受到极大制约。如果热压机的适用范围可以扩展至大容量机组的高压供汽应用，将用汽需求很好地与目前国内主流火力发电厂对接。高压抽汽系统热压机的经济性高，在大容量机组的应用，将拓宽更多工业生产企业用户的需求，如工业制铝行业、工业制锌行业的高压工业用汽用户等。根据国家电力工程咨询公司的预测，在未来的 5-8 年内，将有 3000 套热压机的需求。

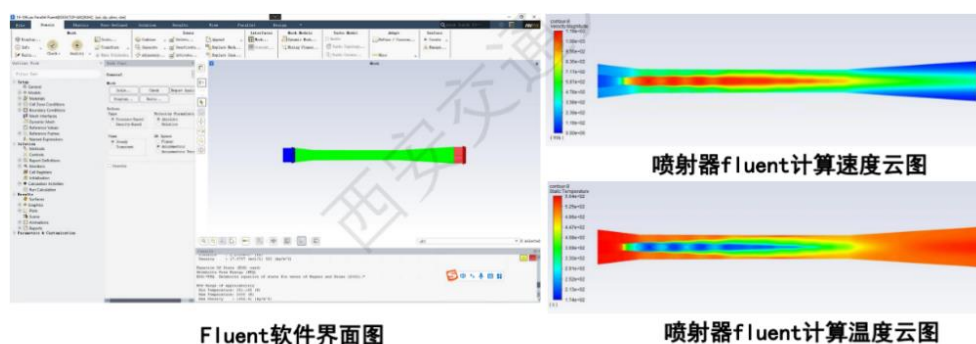
四、技术成熟度

☐ 概念验证 ☒ 原理样机 ☐ 工程样机 ☐ 中试 ☐ 产业化

五、合作方式

☐ 联合研发 ☐ 技术入股 ☐ 转让 ☐ 授权（许可） ☒ 面议

附图



12. 航空航天典型零件加工工艺和刀具

【团队负责人】 陈雪峰

【所在学院】 机械工程学院

一、项目简介

本项目针对航空航天中的钛合金框架类零件，拟通过加工工艺优化实现效率最大化和成本最小化双目标；并以典型零部件，即某型航空发动机机匣的切削大数据为研究对象，采用深度学习方法对其进行多层次、多目标优化分析，研发可替代进口航空航天精密刀具 9-12 种。并将应用对象扩展到大飞机滑轨零件、涡轮盘零件、航空高温合金零件等航空航天关键零部件。



二、市场前景及应用

该项目成果已在西飞、西航等大型航空航天企业的重点型号工程上得以应用。预期在未来五年内产生 1 亿元的经济效益；相较现有加工方式，预期可节省 10% 的原料，同时缩短加工周期；项目预期产生 2 亿元左右的间接经济效益；项目成果的整体性价比优于同类国外进口刀具产品的 15%。本项目极大推动了校企合作平台的构建、制造大数据示范应用及工业 4.0 大学版智能制造平台的建设；部分打破国外垄断，实现行业引领和国际领先。

三、技术成熟度

☐ 概念验证 ☐ 原理样机 ☐ 工程样机 ☒ 中试 ☐ 产业化

四、合作方式

☐ 联合研发 ☐ 技术入股 ☐ 转让 ☐ 授权（许可） ☒ 面议

13. 复杂服役环境下机械装备的早期和定量化诊断技术

【团队负责人】 赵明

【所在学院】 机械工程学院

一、项目简介

故障诊断技术是保障重大装备健康稳定运行的基础，当前诊断理论的研究对象多针对定转速设备，几乎所有设备都会经历不同程度的转速变化。对于大转速变化过程，如：飞机的起降，大型回转设备的启停车等。准平稳过程：受载荷、工况影响，设备转速存在微弱波动，转速的变动给动态信息提取带来挑战。

本项目开发了一种无键相阶次跟踪技术，利用变转速下的早期与定量化诊断研究，将变转速理论技术应用于铁路运输、数控装备等领域。

二、技术性能优势

1. 无键相阶次跟踪技术 (TL0T)

构建了自适应 Chirp-Fourier 变换的时频分析方法，基于局部迭代搜索的时频脊线提取策略。

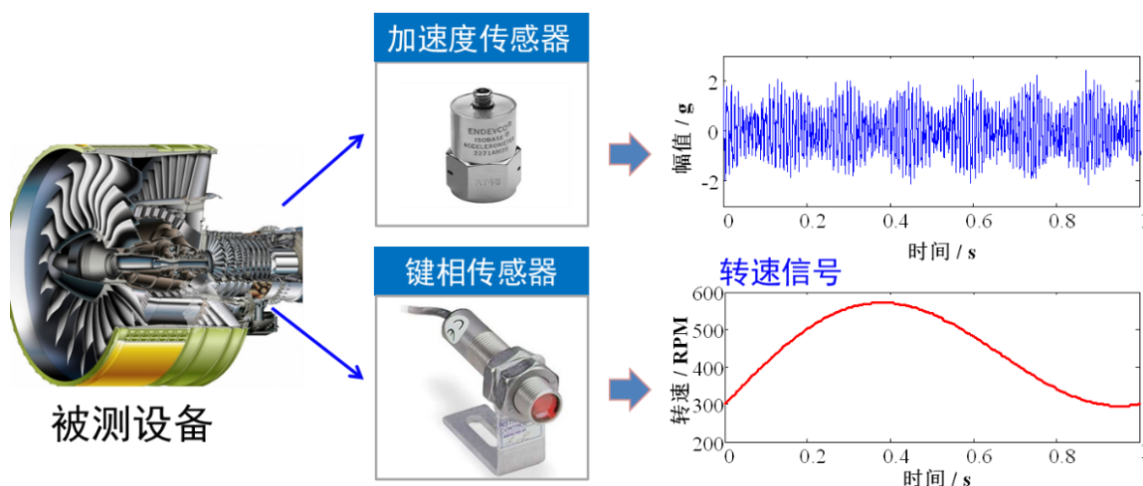


图 1 无键相阶次跟踪技术

2. 短时相位解调分析技术 (STPD)

基于柔性时域平均的短时相位解调分析方法。

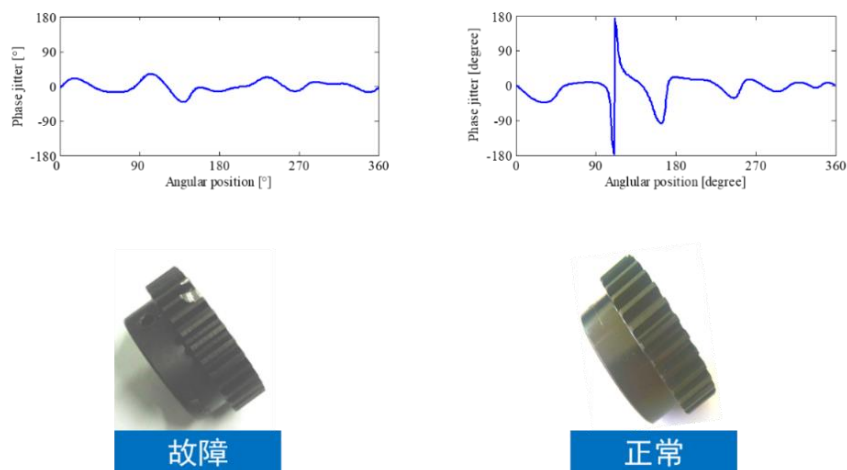


图 2 传统方法

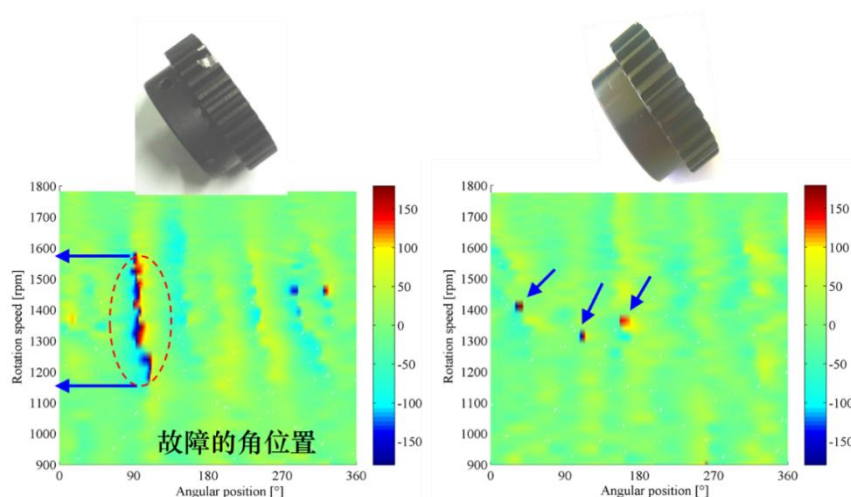


图 3 短时相位调节法

3. 基于 HPS 的轴承定量诊断研究

鲁棒性强，对弱冲击敏感：能够在强噪声背景下，检测并增强弱冲击特征，并给出冲击的周期。物理意义明确，可实现故障信息量化：周期性冲击和随机信号的能量比，反映了故障严重程度。以周期性冲击为靶向，自适应判别最优共振频带；而其拓展边频乘积谱则可应用于边频检测，实现带内噪声抑制。

三、技术成熟度

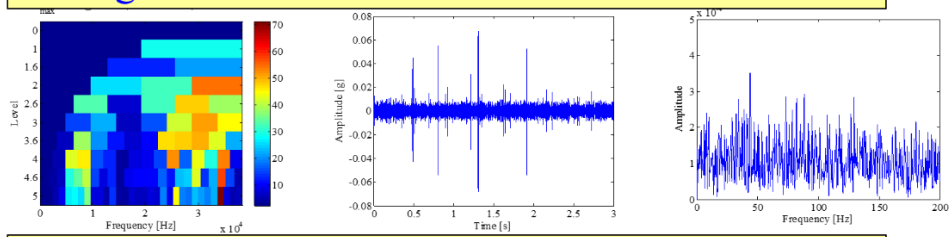
☐ 概念验证 ☒ 原理样机 ☐ 工程样机 ☐ 中试 ☐ 产业化

四、合作方式

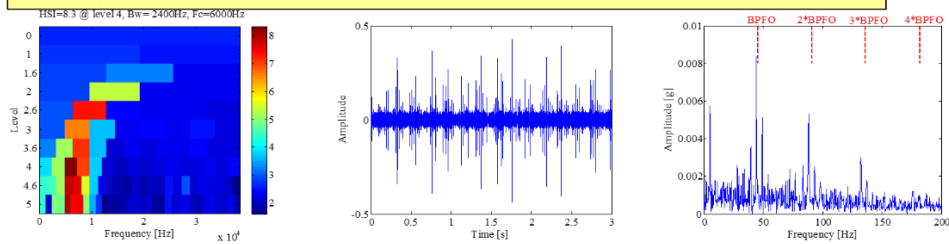
☐ 联合研发 ☐ 技术入股 ☐ 转让 ☐ 授权（许可） ☒ 面议

附图

Kurtogram检测结果：正常



HPS方法检测结果：外圈故障



二、新材料

1. 高导热高强度镁合金及其制备方法

【团队负责人】 薛德祯

【所在学院】 材料科学与工程学院

一、项目简介

镁合金是作为一种轻质金属结构材料，具有密度低、比强度和比刚度高、阻尼性能好、电磁屏蔽效果好、铸造性能优良和加工性能好的优点，获得了广泛的应用前景。在镁合金产业化应用过程中，稀土往往作为制备过程中的优化剂来改善合金的熔体纯净度、晶粒细化度及产品外观质量，同时可大幅度提升合金的强度与延伸率。但是目前普遍使用的稀土镁合金强度低导热性能差，限制了其大规模应用。因此，开发具有高导热性、高强度的镁合金对于扩大镁合金在 5G 通信、3C 器件及汽车产品等需要高散热领域的应用，具有极其重要的意义。

高导热高强度镁合金是在一定配比的 Mg-Zn-Zr 系列合金中添加 Nd 稀土金属，Nd 的添加可以改善合金的熔体纯净度、晶粒细化度及产品外观质量，并有效析出基体中的 Zn 和 Zr 原子，有效提升合金的导热性能和力学强度。镁合金的导热性能可以通过导热率来体现，力学性能可以通过抗拉强度，屈服强度体现。高的导热性能可以保证合金在散热器件领域的热导性能指标，使器件可以具有较快的热量传输能力，使设备内部热量及时排出；高的力学强度可以保证合金作为结构件的力学性能指标，使其作为结构件更为可靠。相较于传统镁合金，团队通过添加 Nd 稀土元素可以有效提升镁合金的导热性能和力学强度，Nd 一般分布于晶界，可以弱化镁合金的织构，提升镁合金各晶粒之间的协调能力；而且 Nd 在镁合金成型过程中可以与 Zn 原子结合形成热稳定的第二相，促进动态再结晶提升镁合金的强度；此外，Nd 元素的添加会与基体中的 Zn 元素结合，减弱基体中的晶格畸变，提升镁合金的热导率。

二、市场前景及应用

镁合金已经成为航空航天、汽车、电子通信等工业领域的重要结构材料。在航空航天领域，镁合金被广泛应用于制造飞机、导弹、飞船、卫星上的重要机械装备零件，以减轻零件质量，提高飞行器的机动性能，降低航天器的发射成本。中国镁合金行业一直

处于快速发展的状态，其行业规模不断扩大，其市场份额也在不断增加。根据市场调研在线网发布的 2023-2029 年中国高强韧镁合金行业市场竞争态势及投资趋势分析报告分析，截至 2018 年，中国镁合金行业的总市场规模已达到 1301.1 亿元，比 2017 年增长了 6.0%。预计到 2023 年，中国镁合金行业的总市场规模将达到 1745.3 亿元，比 2018 年增长了 34.2%。

三、技术成熟度

☐ 概念验证 ☒ 原理样机 ☐ 工程样机 ☐ 中试 ☐ 产业化

四、合作方式

☒ 联合研发 ☐ 技术入股 ☒ 转让 ☒ 授权（许可） ☐ 面议

2. C/C 复合材料快速钎焊及焊料设计

【团队负责人】 张贵锋

【所在学院】 材料科学与工程学院

一、项目简介

陶瓷材料、陶瓷基复合材料、C/C 复合材料都具有熔点高的物理特性，当用于高温结构件时也希望其钎焊接头所用钎料具有熔点高、钎缝重熔温度高的优点。在陶瓷、碳材中植入碳纤维或陶瓷纤维，可以进一步改善陶瓷、碳材本体的抗裂纹扩展能力。相比于纤维强化陶瓷基复合材料，C/C 复合材料制备相对容易，潜在应用更广。C/C 复合材料(C/C)的熔点高达 3827℃，具有耐烧蚀、密度轻、抗拉强度高、耐腐蚀等优点，可以用于加工制造航空航天高温部件、热核聚变高温部件。但 C/C 因制备成本较高、塑性差，一般需利用钎焊技术制备尺寸较大、形状复杂的 C/C 整体构件；或利用钎焊技术实现 C/C 与金属部件的连接。与陶瓷材料相似，C/C 的钎焊主要存在三方面的难点：一是润湿性差；二是热应力大；三是钎料耐热能力差，限制了 C/C 高温性能的发挥。C/C 钎焊研究主要集中在以下几个方面：(1) 钎料成分的优化，如含有强活性元素 Ti 的 Ag 基、Cu 基、Ti 基钎料，但 Ag 基、Cu 基、Ti 基活性钎料存在熔点低(低于 1000℃)、重熔温度低、接头许用温度低(500~600℃)的问题，不利于 C/C 母材发挥高温性能的优势。(2) 研发复合材料式钎料，如在钎料中添加热膨胀系数低、甚至为负膨胀系数的陶瓷相或合成相，以降低钎缝与 C/C 的热膨胀系数差异，从而降低热应力。(3) C/C 表面焊前进行预处理，如粗化、活化，以达到避免平直界面、增大焊接与承载面积、减小热应力、强化界面接合等不同目的。

为解决传统 Ni 基钎料 (BNi-2 等润湿性差、熔点低导致钎焊接头中钎缝的重熔温度低、残留钎料脆性大且耐热性差、等温凝固耗时长等)不能用于(C/C)/(C/C) 同种母材高温钎焊的问题，团队研发了一种无降熔元素型 Ni 基钎料设计及其快速钎焊 C/C 复合材料的方法。

二、产品性能优势

采用的无 MPD 型 Ni 基钎料，其组织不同于传统 Ni 基钎料的共晶组织，具有固溶体或近固溶体的组织特征，钎料熔点高、脆性小、易成形；利用 Ni-C 共晶反应实现对 C/C 母材快速溶解与润湿，提高钎的重熔温度至 Ni-C 共晶温度，改善钎缝的耐热性能，并降低钎缝脆性，在润湿性、焊接效率、钎缝基体塑性与原位强化、钎缝耐热性能改善方面具有优势。解决了用传统 Ni 基钎料进行 C/C 母材组合的高温钎焊存在的润湿性差、残留钎料脆性大且耗时长的问题，实现了 C/C 快速、高强、超高温钎焊，也可用于陶瓷、陶瓷基复合材料的钎焊，同样具有快速、耐热的优点。

三、市场前景及应用

碳碳复合材料是结构功能一体化的新型材料，具有密度低、比强度大、摩擦特性优良、耐高温等一系列优异性能，广泛用于航空航天、机械制造、交通运输和化工等领域。其中航空航天领域占比最大，占 31.10%，其次是交通运输领域，占 20.9%。数据显示，2022 年中国碳碳材料市场规模达到 48.6 亿元，同比增长 17.11%。灵动核心预测 2023 年中国碳碳材料市场规模约达到 57.2 元，同比增长 16.94%。现阶段在航空航天等领域亟需解决复材与金属连接等相关问题，但由于不同金属对于焊接工艺有不同要求，因此每种焊料具有焊接特异性，市场容量有限。

四、技术成熟度

☐ 概念验证 ☒ 原理样机 ☐ 工程样机 ☐ 中试 ☐ 产业化

五、合作方式

☐ 联合研发 ☐ 技术入股 ☒ 转让 ☒ 授权（许可） ☐ 面议

3. 钛镍 60 合金及其超滑技术

【团队负责人】 曾群锋、董光能

【所在学院】 机械工程学院

一、项目简介

随着我国战略性新兴产业（如高速铁路、大飞机）和高端装备制造业（如部分高速精密机床）的发展，高端轴承进口增长较快。目前高铁轴承全部进口，部分高速精密机床轴承还需进口。从长远看，对我国战略性新兴产业的成长将产生不利影响。

钛镍合金是一种金属间化合物，具有优良的耐磨性、耐蚀性。钛镍合金 TiNi60 是一种 Ti、Ni 质量原子比为 40:60 的金属间化合物，具有低密度、高硬度、优异的耐蚀性以及良好的摩擦学性能且在热处理前易于加工，可望在高速轴承中得到应用。TiNi60 的密度为 6.7g/cc，比普通轴承钢密度小 30%左右，密度小这一特点，可实现轴承的轻量化和高速化。本项目主要是解决现用滚动轴承材料难以满足高速滚动在高铁、高速机床等高技术领域应用中高强度、低摩擦、高耐磨性要求的问题，采用高真空感应熔炼技术制备出优异性能的高速滚动轴承材料-钛镍 60 合金，并采用可生物降解润滑剂的超滑技术对高速球轴承会为耐磨、减摩起到事半功倍的作用，为高端轴承的国产化奠定基础，为我国装备制造业的发展贡献力量。

本项目的前期工作，针对球轴承材料 TiNi60 采用蓖麻油润滑获得了超低摩擦系数（最低达到 0.004）。该项技术完全由本课题组研发，完全具有自主知识产权，此外该技术具有生产过程环保、能耗小、制造成本低、产品易系列化和原材料无危险性、毒性等突出特点。因此可以肯定该项技术、该类产品的出现为我国轴承市场注入了新鲜的“血液”。可以预见该技术的市场前景是非常广阔的，其产品的市场竞争优势也是非常明显的。

本项目采用高真空感应熔炼技术制备钛镍 60 合金，并采用超滑技术以提高滚动轴承的高速、润滑能力。图 1 为钛镍 60 合金形貌图及表面金相组织图。



图 1 钛镍 60 合金球

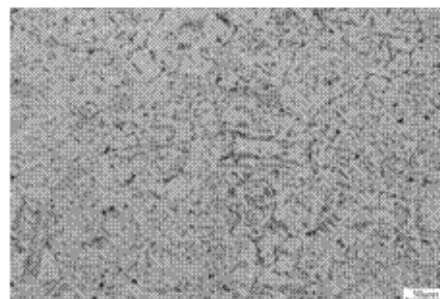


图 2 钛镍 60 合金金相图

二、技术创新性

- 1) 该技术具有生产过程环保、能耗小、制造成本低、产品易系列化和原材料无危险性、毒性等特点；
- 2) 该技术研究的钛镍 60 合金具有低密度、高硬度、优异的耐蚀性以及良好的摩擦学性能的特点，以及强度远高于普通纯钛材料；杂质元素含量远低于普通轴承钢材料；
- 3) 对于高端装备制造的球轴承润滑，将硼酸酯添加到植物油中，实现极压抗磨和减摩性能。该油具有可生物降解性，能满足环保的要求；
- 4) 合理的生物降解润滑剂可使钛镍 60 合金摩擦系数在 0.004 左右，达到超滑状态。

三、市场前景及应用

本技术适用航空、航天、高铁、高速机床等高新技术领域用高速滚动轴承、要求耐蚀、高强度的医疗器械等领域。市场发展前景很好，产品或工艺创新性突出，本技术方案已经在轴承公司开始试产。

四、技术成熟度

☐ 实验室阶段 ☒ 工程化阶段 ☐ 产业化阶段

五、合作方式

☐ 联合研发 ☐ 技术入股 ☐ 转让 ☐ 授权（许可） ☒ 面议

4. 可降解生物医用超高纯镁（5N）生产装备与工艺研发

【团队负责人】 单智伟

【所在学院】 材料科学与工程学院

一、项目简介

金属镁具有优异的生物相容性、良好的生物降解性和有益的生物功能性，被誉为“全新一代生物医用植入材料”。但这些性能极易受到微量杂质元素的影响（生理毒性和不均匀腐蚀降低器件可靠性），因此生物医用镁器件的原材料必须使用高纯镁。受限于现有提纯、熔炼方法的技术原理和操作成本，当前国内企业只能生产 4N 级高纯镁；国外少数企业能够提供超 4N 高纯镁，但价格极昂贵，购买手续极繁杂。本项目拟基于团队原创的“气态原子选择性分离”新纯化方法，研发一套生产公斤级的生物医用 5N 超高纯镁示范装备和生产工艺，进而为下游生物医用镁器件公司提供可直接使用的、优质稳定的原材料，同时也推进更多镁基植入器械的商品化进程。

二、产品性能优势

本项目原创的“气态原子选择性分离”的新型纯化思路，研发气相过滤纯化炉及工艺，配套惰性气氛保护的高纯镁洁净熔炼技术。

1. 一次蒸发实现 5N 级超高纯镁的稳产：

针对真空蒸馏法原理上难除的杂质，寻找“亲杂质原子疏镁”的洁净滤材，使镁蒸气中的杂质原子在合适的温度区间被选择性吸附而不引入其他污染，强化除杂效果；通过温度场、流场的控制实现镁蒸气“不粘壁”结晶，切断结晶器侧壁可能的杂质引入。

2. 提高高纯镁的收得率：

借助高效的“吸附过滤”，蒸出的杂质几乎全部都提前在滤材上富集，高纯镁蒸气进入结晶器形成高纯镁，大幅提升高纯镁的收得率。

3. 有效控制铸锭的杂质含量：

通过惰性气体保护控制大气环境引入的非金属夹杂；通过使用洁净高纯坩埚和模具切断系统的杂质引入。通过重力过滤去除熔体自带氧化皮。

4. 熔炼过程绿色无污染:

高纯镁洁净熔炼技术熔炼过程全程不添加熔剂，不使用有毒气体，保证工艺过程无污染、无有害物质排放。

三、市场前景及应用

生物医用 5N 超高纯镁的应用领域为医疗器械中的高值医疗耗材领域。使用 5N 超高纯镁为原料可制成的最有特色的可降解生物医用器件——镁支架和镁骨钉，分属高值医疗耗材中的血管介入器件和骨科植入器件两个规模最大的细分市场。

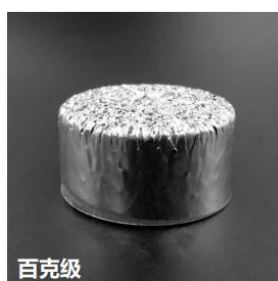
四、技术成熟度

☐ 概念验证 ☒ 原理样机 ☐ 工程样机 ☐ 中试 ☐ 产业化

五、合作方式

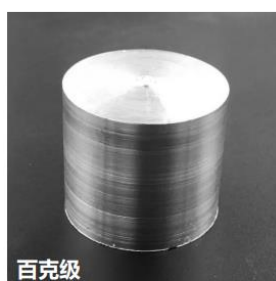
☐ 联合研发 ☐ 技术入股 ☐ 转让 ☐ 授权（许可） ☒ 面议

附图



百克级

5N超高纯镁结晶



百克级

5N超高纯镁铸锭



镁植入器件示例：纯镁骨钉

5. 高附加值-高性能活性碳制备及超级电容器应用

【团队负责人】 陈元振

【所在学院】 材料科学与工程学院

一、项目简介

兰炭是以低变质煤为原料在隔绝空气的情况采用低温干馏技术生产的一种固体产品。它是一种较为硬而脆的煤种，在开采及运输的过程中会产生大量的焦末，其中粒度在 3mm 以下的兰炭焦末约占总量的 10%左右，一般作为低级燃料处理或弃置与地头、河道，不仅浪费了资源、也对环境造成了污染。我们的工作是将兰炭经过改性后加工制作成高品质活性碳材料，延长兰炭产业链，变废为宝。它在超级电容器储能，水处理、海水淡化、催化剂载体和吸附等领域有广泛应用。其中，作为超级电容器电极材料应用较广。超级电容器是一种介于传统电容器与电池之间储能器件。其主要特征是大电流充放电优异，功率密度高，循环寿命超长（大于 10 万次），应用温度范围广（-20-80 度），非常适合作为高功率电源设备，如用于汽车启动电源，城市公交电源，重型机械高功率电源，动车能量回收装置和军事武器如激光炮等电源设备。

目前，市场上的多孔碳材料主要是用椰壳等植物通过一次碳化和二次活化完成，工序较多，耗能大。本项目采用一步活化便可将其转变成优质的多孔碳材料。研究结果表明，兰炭基多孔材料容量大幅度提升，是未活化材料的 4-6 倍。5000 次循环基本保持不变。最高容量在 225 F/g。本团队通过对多孔碳进一步改性以后，容量进一步提升，最高容量可以达到 280 F/g，显示出很强的电荷储存能力。现在市场上高性能活性碳的价格在 100 万元/吨以上，用兰炭制备的活性炭，生产成本可以控制在 3-5 万元/吨，利润巨大！

兰炭粉末制备多孔碳的优势：

1. 节能。利用兰炭制备多孔碳只需要一步活化即可，相比于椰壳和生物质，通过“碳化+活化”过程，步骤少，操作简单，节约能源。
2. 生产过程中使用的活化剂可以重复使用，因此投入成本少。
3. 多孔碳的制备温度低，能耗低，制作成本低。
4. 制作的多孔碳比表面积大。做电容器电极容量高。做吸附剂则吸附能力强。

5. 现在市场上高品质活性碳的价格是 100 万元/吨，用兰炭制备的活性炭比表面积大，结构稳定，成本 3-5 万元/吨，因此，利润巨大。

二、技术指标（性能参数）

比表面积 ($\text{m}^2 \text{g}^{-1}$)	2000
堆密度 (g ml^{-1})	>0.4
灰分 (%)	<1
粒度 (D50, μm)	5, 10, 20, 50 (不同规格)
水系参考比电容 (F g^{-1})	220-250
有机系参考比电容 (F g^{-1})	150

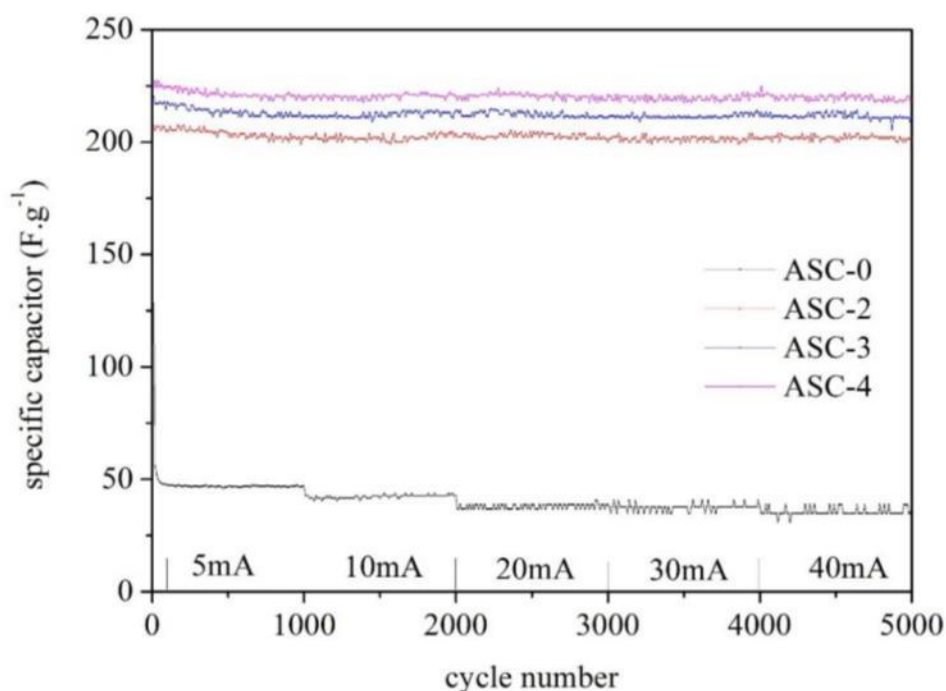


图 1 兰炭基活性炭电容循环性能测试

三、市场前景及应用

目前国内生产的活性炭主要集中在中端和低端产品，缺乏低灰、高强度、高吸附性、具有特殊用途的品种，使得活性炭的价格低廉，利润低，出口多作为生产高档活性炭的原料。而本项目采用物理化学法可制备出性能优异的高端活性炭材料。将其应用于超级电容器，将在诸多领域广泛应用，市场前景非常广阔。

四、技术成熟度

☐ 概念验证 ☒ 原理样机 ☐ 工程样机 ☐ 中试 ☐ 产业化

五、合作方式

☐ 联合研发 ☐ 技术入股 ☐ 转让 ☐ 授权（许可） ☒ 面议

6. 石墨烯快速制备技术

【团队负责人】 陈元振

【所在学院】 材料科学与工程学院

一、项目简介

石墨烯可以视为单层石墨结构，其独特的二维结构及其优良导电性使其在微电子、半导体、电池以及防腐涂层中得到应用。目前石墨烯生产方法主要有机械剥离法，化学气相沉积法，电辅助氧化法和氧化还原法。表 1 里列举了这几种方法的优缺点。

表 1 石墨烯各生产方式优缺点对比

生产方式	优点	缺点
机械剥离法	石墨烯品质较高，操作简单，成本低廉	获得的石墨烯尺寸不稳定，无法实现量产。
化学气相沉积法	操作相对简单，石墨烯可以大面积生长，得到的石墨烯较为完整，质量较好	高温工艺，成本高；只能达到平方厘米的量级，难以满足石墨烯的工业化应用
电辅助氧化法	生产设备简单	难以控制石墨烯生长层数；石墨烯较难从 SiC 基板上转移；使用强氧化剂，有害气体产生。
氧化还原法	简单易行的工艺成、高效且成本较低	石墨烯在生产过程易发生不可逆转的团聚；氧化还原的过程中，电子结构及晶体的完整性易被破坏，难以生产高品质产品；生产废液造成环境污染。

本团队开发的石墨烯采用气氛-电弧法，可以实现石墨烯的快速制备。相比于传统石墨烯制备方法，它具有如下优势：

1) 生产效率极高。氧化法制备石墨烯耗时约 3-7 天电弧法可在几分钟到十几分钟内完成，效率是普通方法的 400 多倍。

2) 可实现自动化。电弧法制备石墨烯属于纯物理法，从填料，抽气，放电，到收集，整个过程都可以用设置程序完成，实现自动化。

3) 清洁，无污染。传统的化学氧化法要大量使用浓硫酸，磷酸，高锰酸钾，硝酸盐等，制备过程中会造成空气污染和水污染，工人的操作环境差。而电弧法在密闭的腔室中完成，而且不会产生污染物。

4) 材料纯度高。物理电弧法不会引入杂质对石墨烯造成污染，而且电弧放电是持续稳定的，因此，石墨烯的纯度高，均一性好。

电弧法制备的石墨烯形貌如图 1 所示，石墨烯为小尺寸片状形貌，透射电镜（图 1 c, d）显示石墨烯为 1-7 层不等的碳原子层组成。

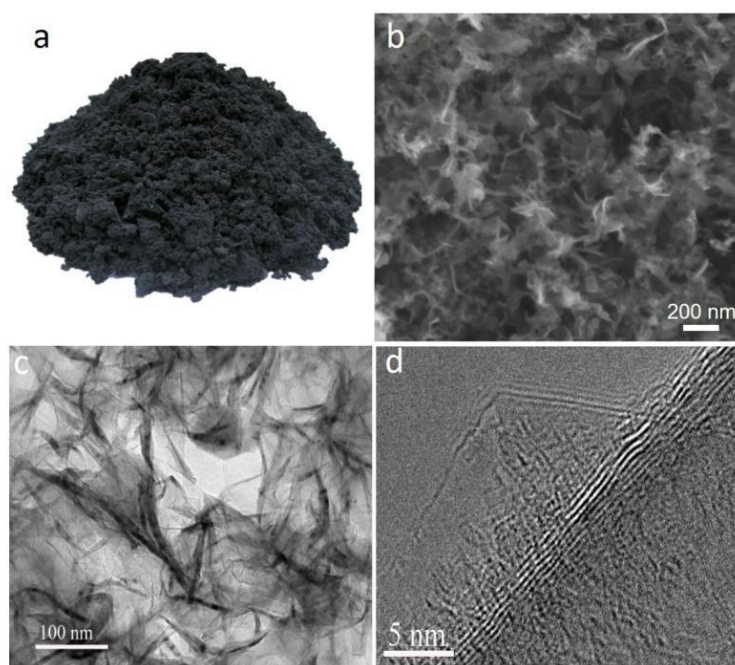


图 1 石墨烯形貌表征

二、技术指标（性能参数）

层数	1-7 层
纯度	90%（视石墨棒加工方法）
尺寸	200-500 nm

三、市场前景及应用

随着批量化生产以及大尺寸等难题的逐步突破，石墨烯的产业化应用步伐正在加快，基于已有的研究成果，最先实现商业化应用的领域可能会是移动设备、航空航天、新能源电池领域。不同形貌的石墨烯具有不同的应用范围。如大尺寸石墨烯膜可以用作柔性显示器，变色玻璃。石墨烯还可以用来制作晶体管，这种晶体管在接近单个原子的尺度上依然能稳定地工作。本项目生产的石墨烯为小尺寸石墨烯粉体材料，可以在汽车，新能源电池，催化剂载体，石墨烯电缆，散热片等方面有巨大的应用潜力。

四、技术成熟度

☐概念验证 ☐原理样机 ☒工程样机 ☐中试 ☐产业化

五、合作方式

☐联合研发 ☐技术入股 ☐转让 ☐授权（许可） ☒面议

7. 大尺寸 SiC 蜂窝陶瓷蓄热体制备技术

【团队负责人】 史忠旗

【所在学院】 材料科学与工程学院

一、项目简介

SiC 陶瓷具有较高的热导率, 高温强度高、抗侵蚀和抗氧化能力强, 抗热震性良好, 作为蓄热体材料性能优势显著。但目前 SiC 蜂窝陶瓷存在工艺成本高、大尺寸产品成型及烧结难度大等问题, 限制了其应用。针对上述问题, 本项目从原料组分、成型及烧结等方面进行系统研究与优化, 成功开发出了高性能、低成本的大尺寸 SiC 蜂窝陶瓷蓄热体。

二、产品性能优势

蜂窝陶瓷特点: (1) 比表面积大; (2) 化学性质稳定; (3) 抗腐蚀; (4) 良好的蓄热性能; (5) 良好的热震性能; (6) 优异的高温性能。

其性能与其他蓄热材料的对比如下表所示。

性能	SiC 蜂 窝 陶 瓷	对比产品厂商典型值及标准规定值							
		堇青石		堇青石莫来石		莫来石		刚玉莫来石	
		厂 商 典 型 值	JCT213 5	厂 商 典 型 值	JCT213 5	厂 商 典 型 值	JCT2135	厂 商 典 型 值	JCT2 135
容重/ $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$	0.88	0.6~0.8	0.4~0.8	0.7~0.9	0.5~0.9	0.8~1.0	0.6~1.1	0.9~1.1	$\geq$ 0.9
体积密度/ $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$	2.15	1.9~2.6	/	2.9~3.2	/	2.9	/	/	/
热膨胀系数 ($20\sim 1000^\circ\text{C}$)/ $10^{-6} \cdot \text{K}^{-1}$	5.5	1.8~2.3	≤ 2.5	4~5	≤ 3	5~6	≤ 5.5	5~6.5	≤ 6
比热容 (RT) / $\text{J} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$	25 $^\circ\text{C}$	1.23	≥ 0.85	≥ 0.75	≥ 0.9	≥ 0.75	≥ 1.0	≥ 0.8	$\geq$ 0.8

热导率（RT） /W. m ⁻¹ . k ⁻¹	25℃	24. 6	≥1	/	≥1. 1	/	≥1. 2	/	≥1. 2	/
强度/ MPa	轴 向 压缩	45. 7	≥20	≥20	≥22	≥20	≥22	≥20	≥25	≥20
	径 向 压缩	10. 4	> 8	≥ 3	> 10	≥ 3	> 10	≥ 4	> 12	≥ 4
抗热震性/℃		*	250~360	≥ 500	250~300 0	≥ 400	230~350 0	≥ 300	/	≥ 300

由表可知，SiC 蜂窝陶瓷综合性能远优于现有蜂窝陶瓷产品。

三、市场前景及应用

蜂窝陶瓷蓄热体是蓄热式高温燃烧技术的核心部件，在加热炉、锻造炉、溶化炉、均热炉等工业炉窑中应用广泛，典型应用：如回转式空气预热器（APH）中的应用。



图 1 大尺寸 SiC 蜂窝陶瓷

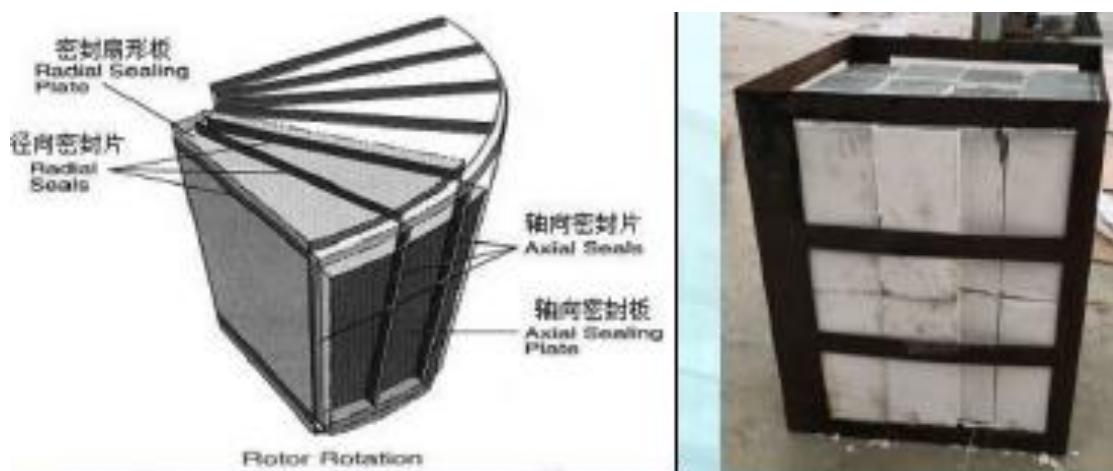


图 2 大尺寸 SiC 蜂窝陶瓷在回转式空气预热器（APH）中的应用

四、技术成熟度

☐概念验证 ☐原理样机 ☐工程样机 ☒中试 ☐产业化

五、合作方式

☐联合研发 ☐技术入股 ☒转让 ☒授权（许可） ☐面议

8. 高浓度石墨烯墨汁规模化制备技术

【团队负责人】 李磊

【所在学院】 材料科学与工程学院

一、项目简介

石墨烯具有高理论比表面积、高电子迁移率、高热导率等优异特性使其在各领域具有巨大应用前景。目前制备的石墨烯主要以粉体形式存在。石墨烯墨汁是一种高效使用石墨烯粉体的方案，备受科研界和工业界的关注。目前墨汁制备方案普遍存在诸如工艺繁琐、剂毒性大、固含量低等问题，严重制约着其广泛应用。

本项目成功发展一种高效方法规模化制备高质量石墨烯墨汁，进而制备石墨烯基复合材料墨汁，可以通过 3D 打印、刮涂等方式直接开发其利用。

二、产品性能优势

本项目石墨烯墨汁具有以下优势：浓度高且可调（15wt%）、溶剂环境友好且成本低、墨汁粘度调控性好、工艺简单、适用于各种材料基底等。除此之外，该墨汁可以和其它材料混合，制备石墨烯基复合材料墨汁，比如石墨烯-碳纳米管墨汁、石墨烯-活性炭墨汁、石墨烯-镍钴锰酸锂墨汁等。



图 1 石墨烯墨汁样品

三、市场前景及应用

石墨烯市场前景和应用巨大。比如，在锂离子电池领域，石墨烯可以作为导电剂、粘结剂以及散热剂使用。石墨烯导电墨汁在锂电产业预计到 2020 年其产值将达 10 亿人民币。在超级电容器领域，石墨烯及石墨烯基复合材料可以作为储能材料。在散热领域，石墨烯墨汁可以制备散热膜。

四、技术成熟度

☐概念验证 ☒原理样机 ☐工程样机 ☐中试 ☐产业化

五、合作方式

☐联合研发 ☐技术入股 ☐转让 ☐授权（许可） ☒面议

9. 高性能无铅压电材料设计与开发

【团队负责人】 周超

【所在学院】 物理学院

一、项目简介

（一）项目背景

含铅压电陶瓷是当前市场主流产品，但因其主要成分氧化铅是一种有毒物质，在烧制过程中容易挥发，导致产品性能难以稳定控制，且生产过程对环境、人体危害较大。2003 年前后，全球开始大范围限制含铅电子材料使用和进口。随着环保压力加剧，电子信息产业高速发展，世界各国势必加快禁铅脚步，已有相关企业提前进行无铅压电陶瓷产业布局。因此研发无铅压电陶瓷是当前压电陶瓷的研究热点之一。

（二）项目内容

本项目研究主要集中在钛酸钡（简写 BT）基（包括 BHT-BCT、BZT-BCT、BST-BCT 三种材料）高性能无铅压电陶瓷的设计与开发。技术上，突破了传统 BT 基无铅压电陶瓷长期受限于压电性能和温度稳定性的瓶颈，材料居里温度明显提高，整体压电性能远超市面上产业化较多的 KNN 基无铅压电陶瓷，部分指标与含铅压电陶瓷的性能指标相当。本项目生产成本存在巨大优势，无需采购专用设备，使用传统固相法即可大批量制备，材料采购费用仅为 KNN 基无铅压电材料的 1/9。项目团队设计研发的 BT 基无铅压电陶瓷在技术端实现突破，将 BT 基无铅压电陶瓷产业化变为可能。

（三）关键技术

项目团队掌握高性能 BT 基无铅压电陶瓷粉体制造与烧结关键技术，所研制材料易于制备，工艺稳定性高。烧结工艺采用传统固相法不需要更换现有设备。高温烧结过程中，原料不易挥发，不需要附加保护气氛，可有效降低成本。本技术的优势在于：

1. 性能优势，突破传统 BT 基无铅压电陶瓷性能瓶颈，材料具有超高压电性能和温度稳定性。项目团队研发的 BT 基无铅压电陶瓷压电系数可达 530-620pC/N，与含铅压电陶瓷指标相当，KNN 基无铅压电陶瓷仅为 350-390pC/N；15-70℃ 工况下，项目团队研发的 BT 基无铅压电陶瓷压电系数保守估计不低于 400pC/N。项目材料相对介电常数为 2500-

3000，而含铅压电陶瓷的相对介电常数为 1500–2000，KNN 基无铅压电陶瓷仅为 1000 左右。

2. 成本优势，现产业化的 KNN 基无铅压电陶瓷原材料价格较高且需要一定保存条件，陶瓷烧结条件严苛，需要采购专业设备。与之相比，BT 基无铅压电陶瓷原材料价格更低，不受空气湿度影响，对存储环境没有要求。设备不变的情况下，核算实验室生产厚度 1mm，直径 8mm 的 KNN 基无铅压电陶瓷片所需的化学药品原材料成本为 81 元/100g，BT 基无铅压电陶瓷片材料成本为 9 元/100g，仅为生产 KNN 基材料成本的 1/9，投产后项目材料成本还将继续降低。

（四）项目团队

本项目技术提供方为西安交通大学物理学院铁性功能材料研究课题组，负责人周超副教授自 2004 年起，一直从事铁电压电功能材料的研究。2012 年，周超副教授首次在国际上明确提出“triple-point morphotropic phase boundary”（三相点型准同型相界）的概念，并据此设计与开发多种高性能压电材料。2020 年，团队负责人周超副教授作为骨干成员入选陕西省科技创新团队。

项目团队依托的金属材料强度国家重点实验室、物质非平衡合成与调控教育部重点实验室以及陕西省先进功能材料及介观物理实验室，涵盖物理学和材料工程科学两个方向，提倡学科交叉、理工结合、产学研贯通，围绕先进铁电压电功能材料的高性能化及物理机制，持续开展实验研究和理论研究。

二、市场前景及应用

压电材料是深入到现代社会各个层面的重要功能材料。5G 通信、个人语音助手、可穿戴设备、指纹识别和医疗设备都是压电器件的潜在热门应用。据麦姆斯咨询报道，2019 年全球压电器件市场规模为 1935 亿元人民币，预计 2024 年将增长至 3320 亿元人民币，2019 至 2024 年期间的复合年增长率为 11.4%。

国内多个研究团队已经证实无铅压电陶瓷可应用于超声测厚、测距、工业探伤、超声换能器、超声雾化器等领域。仅以超声雾化器领域为例，无铅压电陶瓷由于其安全性高，有望广泛应用于电子烟超声雾化芯、便携式医疗雾化器（大健康方向）以及厨房超声清洁等多种设备。

项目团队研发的 BT 基无铅压电陶瓷的原材料成本是 KNN 基无铅压电陶瓷的 1/9，兼顾设备因素、生产条件，未来无铅压电陶瓷全面推广后，保守估计 BT 基无铅压电陶瓷的市场份额在 80%以上。

三、技术成熟度

☐概念验证 ☒原理样机 ☐工程样机 ☐中试 ☐产业化

本项目当前技术成熟度 3 级，项目团队已完全掌握高性能 BT 基无铅压电陶瓷粉体制造及烧结工艺，实现了实验室工艺贯通，并制备出样品，完成了结构和主要性能的实验室测试，在实验室可进行 100g 级别生产。

四、合作方式

☐联合研发 ☐技术入股 ☐转让 ☐授权（许可） ☒面议

10. 一种 P2003 复合型钠离子电池正极材料

【团队负责人】 滑伟博

【所在学院】 化学工程与技术学院

一、项目简介

本团队开发出 P2003 复合型正极材料，P2003 双相层状化合物中的锂蜂窝状超晶格结构有效地抑制了不必要的结构相变，更具体地说，P2-O2-Z 相变和 Jahn-Teller 畸变在宽电位范围内的结构演变都被抑制。而且，P2003 复合材料对湿度不敏感，在水中浸泡后仍能表现出优异的电化学性能。例如，在 1.5-4.5 V 电压范围内，P2003 复合型层状正极材料经去离子水浸泡 3min、50 次循环后，其容量保持率接近 98%，而传统 P2 型层状正极材料在此工况下的容量保持率不足 50%。

二、产品性能优势

本团队开发出 P2003 复合型正极材料，P2003 双相层状化合物中的锂蜂窝状超晶格结构有效地抑制了不必要的结构相变，更具体地说，P2-O2-Z 相变和 Jahn-Teller 畸变在宽电位范围内的结构演变都被抑制。而且，P2003 复合材料对湿度不敏感，在水中浸泡后仍能表现出优异的电化学性能。例如，在 1.5-4.5 V 电压范围内，P2003 复合型层状正极材料经去离子水浸泡 3min、50 次循环后，其容量保持率接近 98%，而传统 P2 型层状正极材料在此工况下的容量保持率不足 50%。

三、市场前景及应用

钠离子电池在储能、电动两轮车与 A00 级别汽车领域均有较好的应用前景，2025 年这三大领域国内电池需求将达到 123GWh。储能方面，2020 年国内储能装机需求合计 17GWh，预计到 2025 年将达到 48GWh；两轮车方面，2020 年国内两轮车电池需求约 32GWh，预计到 2025 年将达到 41GWh；A00 级别汽车方面，2020 年国内 A00 汽车动力电池需求约 7GWh，预计到 2025 年将达到 34GWh。若这三类场景均使用钠离子电池，预计 21-25 年对应的市场空间分别为 408/510/545/532/537 亿元。

四、技术成熟度

☐概念验证 ☒原理样机 ☐工程样机 ☐中试 ☐产业化

五、合作方式

☒联合研发 ☐技术入股 ☐转让 ☐授权（许可） ☒面议

11. 导热填料用大颗粒氮化铝单晶燃烧合成

【团队负责人】 史忠旗

【所在学院】 材料科学与工程学院

一、项目简介

项目利用团队已拥有的燃烧合成单晶氮化铝大颗粒导热填料的技术，实现其量产工艺的开发。燃烧合成法是利用反应物间的高放热效应使化学反应自行维持，从而制备出所需材料的方法，是一种制备包括氮化铝在内的陶瓷材料及其它难熔化合物的技术。与传统材料合成方法相比，燃烧合成法具有成本低、能效高、周期短等优点。本团队在氮化铝粉体的燃烧合成方面有十余年的经验积累，在氮化铝粉体的燃烧合成、形貌控制和量产化方面有大量的论文、专利和产业转化成果。

目前，本团队已基于实验室现有燃烧合成装置和技术制备出了粒径>50 微米的单晶氮化铝颗粒，其基本性能参数与英国 AR Brown 公司的单晶氮化铝大颗粒产品基本相同，但价格只有进口产品的约 40-50%（初步估算，随着量产，将会进一步下降）。本团队制备的单晶氮化铝大颗粒与英国 AR Brown 公司的单晶氮化铝大颗粒对比情况详见表 1 和图 1。

表 1. 本团队与与英国 AR Brown 公司制备的单晶氮化铝大颗粒性能对比

种类	粒径范围 (μm)	比 表 面 积 (g/m^2)	振 实 密 度 (g/cm^3)	价格 (元/kg)
本团队	D50=53	0.16	1.68	<1500
AR Brown	D50=57	0.11	1.72	3000

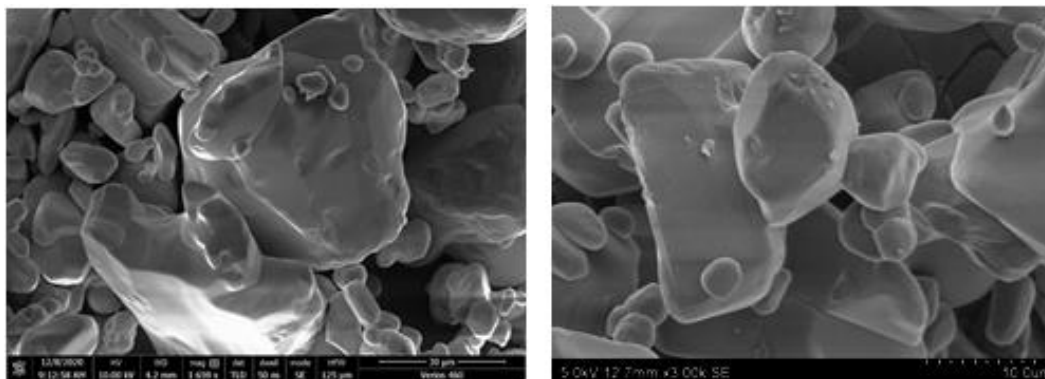


图 1. 单晶氮化铝大颗粒形貌对比：团队制备（左）AR Brown 公司制备（右）

二、关键技术

本团队目前已掌握单晶氮化铝大颗粒的燃烧合成技术。本项目基于团队前期研究基础，自主研发的单晶氮化铝大颗粒的燃烧合成技术，突破燃烧合成制备单晶氮化铝大颗粒的量产化工艺和关键装备技术难题，获得具有自主知识产权的单晶氮化铝大颗粒合成关键技术，打破国外技术垄断，从而解决目前国内外高功率电子器件封装行业中存在的部分难题。已掌握的关键技术主要如下：

- (1) 掌握了具有自主知识产权的单晶氮化铝大颗粒的高效、低成本燃烧合成技术；
- (2) 开发出了能够实现单晶氮化铝大颗粒初步量产制备的小试型燃烧合成装置，验证了实现初步的量产的可行性。

三、市场前景及应用

据分析，2022 年全球热界面材料市场规模将达 17.11 亿美元，2015-2022 年期间年复合增长率为 8.3%。5G 通讯属于我国新基建的重要领域，我国计划 1 年搭建 100 万台基站，1 台 5G 基站需要 300g 导热凝胶。因此，仅对我国 5G 基站市场来说，若按照导热凝胶质量分数 50% 添加氮化铝导热填料来算，其需求量为 150 吨/年。单晶氮化铝大颗粒填料的价格约为 3000 元/kg。因此，单晶氮化铝大颗粒填料仅在 5G 基站上每年的国内市场份额可达 4.5 亿元。同时，伴随着 5G 通讯、电动汽车、无人驾驶等领域的全球市场需求快速提升，可以预期，单晶氮化铝大颗粒填料的市场份额将呈指数性增长趋势（年增长率 > 20%），预期到 2025 年单晶氮化铝大颗粒填料仅在 5G 基站上每年的国内市场份额可达 50 亿元。

目前，热导率达到 $8W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$ 以上的导热凝胶，华为公司只能从美国迈图高新材料集团购买，国内尚处于开发阶段。本项目产品价格估算仅为进口产品的 40-50%，可实现进口产品的替代，填补国内市场空白。

四、技术成熟度

☐ 概念验证 ☐ 原理样机 ☒ 工程样机 ☐ 中试 ☐ 产业化

五、合作方式

☐ 联合研发 ☐ 技术入股 ☐ 转让 ☐ 授权（许可） ☒ 面议

12. 改性 PP 在“酸奶八连杯”包装技术中的应用和开发

【团队负责人】 刘育红、田涛

【所在学院】 化学工程与技术学院

一、项目简介

高抗冲聚苯乙烯（HIPS）是聚苯乙烯增韧改性而成的一种工程材料，除了广泛用于家电外壳、冰箱内胆等电器外，还大量应用于需低温储存的食品包装材料，例如酸奶杯、超市用的净菜盘等。HIPS 在高温（大于 80℃）加热时会快速释放出苯、甲苯等有害物质，释放量随着温度的升高而加快。但由于其良好的应力开裂性而广泛应用于“酸奶八连杯”包装奶品，便于人们分食。

聚丙烯（PP）材料是一种价格便宜的通用塑料，在高温成型时（大于 200℃）也不会释放出有害物质，普遍应用于净菜包装、食品容器、微波炉加热器皿等。

二、产品性能优势

PP 低温脆性大，不能用作冷储食品包装，其应力开裂性差，不可直接应用于“酸奶八连杯”包装进行分食，因此改性 PP 材料替代 HIPS 作为“酸奶八连杯”包材成为世界各地奶企的迫切期望。

项目特点和创新：

1. 改性 PP 代替 HIPS 无食品安全问题；
2. 改性 PP 材料与 HIPS 相比，可降低包装成本 20%；
3. 改性 PP 可应用于“八连杯”灌装（生产线建设需 2000 万元以上），无需改造现有 HIPS 包材灌装线；
4. 改性 PP 应用于“八连杯”灌装，在奶制品包装领域具有突出的先进性和经济性。

三、市场前景及应用

该项目市场容量巨大，国内奶企每年需求在 100 万吨以上。投资 5000 万元设备，可实现 5 万吨产量，产值达 7 亿元以上，毛利润达 1.5 亿元。

四、技术成熟度

☐概念验证 ☐原理样机 ☐工程样机 ☒中试 ☐产业化

五、合作方式

☐联合研发 ☒技术入股 ☒转让 ☐授权（许可） ☐面议

13. 液态金属基高导热界面材料开发与产业化应用

【团队负责人】 褚雯霄

【所在学院】 能源与动力工程学院

一、项目简介

随着电子封装技术和芯片集成技术的高速发展，电子设备的尺寸越来越小，功率部件单位时间、单位面积或单位体积的热流呈指数上升。基于保证电子元器件的运行效率、可靠度、稳定性和使用寿命的需求，半导体封装的热管理技术至关重要，已逐渐成为限制电子产业发展的瓶颈。

在芯片的散热设计中，热源和散热器接触界面存在空气间隙，其实际接触面积约只有散热器底座面积的 10%。因为空气导热系数仅 $0.025 \text{ W/(m} \cdot \text{K)}$ ，导致电子元件与散热器间的存在较大接触热阻，如图 1 所示。热界面材料的应用可有效填充热源和散热器表面的间隙，将空气排出，在电子元件和散热器间建立有效的热传导通道，大幅度降低界面接触热阻，使散热器的作用得到充分地发挥。

如表 1 所示，传统的热界面材料，包括导热胶、导热硅脂、导热凝胶、导热垫和有机相变导热材料等，大多不超过 $6 \text{ W/(m} \cdot \text{K)}$ ，都存在传热性能较差的缺陷。新型的热界面材料包括石墨片、液态金属（常温液态）等。石墨片导热系数高，常用做均温板，但其脆性大，且与热源表面贴合度不高；液态金属（常温液态）现阶段主要用于替代导热硅脂，降低热源核心温度，但其存在涂抹困难、容易溢出等缺陷，易造成短路风险。这些材料无法满足电子元器件热流密度的增大和非平直表面这两方面的发展需求。

本项目拟开发的高导热相变界面材料兼具导热膏和液态金属的优点，室温时为膏状非牛顿流体，可以涂抹于散热片或者功率器件上，导热系数达到 $12 \text{ W/(m} \cdot \text{K)}$ 以上，有利于热源热量的传播和扩散，防止其温度急剧上升，有效缓解器件工作温度，延长使用寿命；此外，该界面材料还具有弹性特征，达到机械冲击、振动等的缓冲效果。

二、产品性能优势

基于液态金属开发热界面材料存在的润湿性差、易泄露等主要问题，本项目通过配方改性和成型工艺优化，以提高材料的导热性能、防泄露能力、柔性特征。在配方组成

上，使用铟基液态金属对熔点温度进行调控，基于铋、铟、锡、镓等金属共熔特性，分析原子晶格共熔相点配比影响机制，获得可控熔点温度的液态金属配方；其次，调配金属氧化物纳米粒子，使其填充于原子间隙，从而破坏液态金属原子价键关系，使其在高于熔点温度时，宏观具有非牛顿流体的膏状特性，低于熔点温度时具有固体特征；同时，使用添加剂配方（如聚丙烯酸酯、乙酸乙酯等）增强低熔点合金熔融后的塑形能力与吸附力。

表 1 热界面材料的特性

材料名称	一般特点	导热系数 $W/(m \cdot K)$	优点	缺点
导热胶	有机树脂+ 导热填料	0.85-2.5	具有良好的压 缩形变能力和 稳定性	需固化处理、需做剥层的 稳定性测试、固化后的环 氧树脂有较高的弹性模 数，导致膨胀系数不匹 配，存在热应力问题
导热硅脂（导 热膏）	有机硅酮+ 优异导热性 能的填充剂	0.4-6	厚度薄、附着力 小、易加工、性 价比高	使用寿命短、长时间使用 后老化，导热热阻增大、 存在溢出和相分离问题
导热凝胶（导 热泥）	硅树脂+导 热填料及粘 结材料	2-5	寿命长	需要固化处理
导热垫（导热 硅胶片）	聚合物基体 +高导热填 料	0.8-3	良好绝缘性、可 塑性、可裁剪、 减震、绝缘、密 封	热阻较大、扣合压力大
相变导热材料	有机材料	0.7-1.5 (有机)	常温下为固态， 便于大规模生 产	有机材料相变材料导热 系数较低
	金属合金	30-50		

石墨片	碳分子高结晶态组成的新兴导热材料	150-1900	高导热系数、高比热容和低密度	脆性大，不易弯曲、糙度较大的表面，固相的石墨分子无法填充孔隙
液态金属（常温液态）	常温下一般为液态	19-39	高导热系数	可能会造成短路

三、市场前景及应用

目前，我国高端的热界面材料主要依赖从日本、韩国、欧美等发达国家进口，国产化电子材料占比非常低，极大阻碍了我国的电子信息产业发展，限制了终端企业的创新活力，尤其在空天、水下等环境装备领域的应用极为受限。2018 年开始，中美贸易摩擦升级导致了“中兴芯片制裁”事件和“华为制裁”事件，一系列事件也倒逼中国企业关注热界面材料领域。2016 年国家科技部启动“战略性先进电子材料”专项，布局了“高功率密度电子器件热管理材料与应用”方向，其中包括“用于高功率密度热管理的高性能热界面材料”；2020 年 10 月的第十九届五中全会通过“十四五”规划和 2035 年远景目标，明确支持热界面材料等新材料行业发展。

根据 Credence Research 数据显示 2015 年全球热界面材料市场规模 7.74 亿美元，预计 2022 年将提升至 17.11 亿美元，2015 至 2022 年复合年平均增长率达到 12%。根据 BBC Reseach 数据，流动态的导热膏是当前市场份额最大的热界面材料，2015 年该材料的市场规模达到 2.7 亿美元。安信证券研究中心对热界面材料下游市场的需求调研显示，热界面材料的下游应用十分广泛，主要包括通讯基站、电子设备、新能源汽车和家用电器等领域。同时，工业和信息化部数据显示，2016 年全球导热界面材料市场规模最大的国家是中国，占比 45%，2020 年占比提升至 53%，市场规模约 38 亿元。

四、技术成熟度

☐概念验证 ☐原理样机 ☒工程样机 ☐中试 ☐产业化

五、合作方式

☐联合研发 ☐技术入股 ☐转让 ☐授权（许可） ☒面议

附图



图 1 常见界面材料

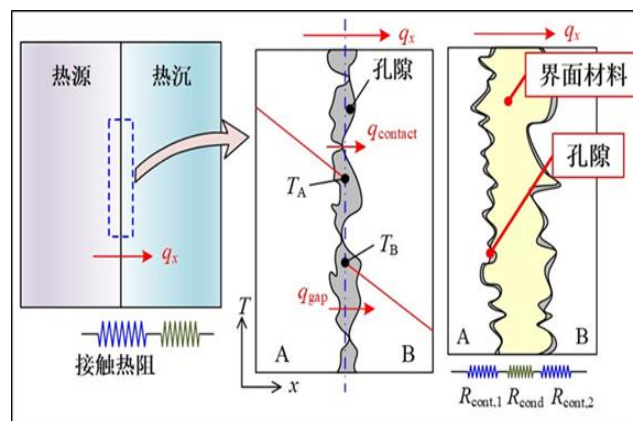


图 2 界面导热过程示意图

14. 纳米银先进合成技术

【团队负责人】 高传博

【所在学院】 前沿科学技术研究院

一、项目简介

纳米银具有良好的导电性能、导热性能、抗菌性能、光学性能以及其他特殊性能，目前已被广泛应用于催化材料、光学材料、生物医药、新能源以及电子器件等领域。其中，纳米线的导电、透光、弯折性能最好，且可以使用涂覆工艺生产透明导电膜，生产成本比铟锡金属氧化物（ITO）低，是当前 ITO 材料的最佳替代品。采用纳米银球替代微米银球，可显著降低印刷电路的特征尺寸，拓宽其在精密电子元器件中的应用。片状纳米银的应用还可显著降低银浆的固化温度，提高导电率。

本项目提出了纳米银材料合成的新原理和新方法，推动了纳米银合成理论的发展，也为纳米银材料的精准、快速和规模制备提供了条件。

（1）提出了基于小分子配体的合成策略，可实现纳米银球和纳米银片的一步法合成。传统纳米银合成技术难以避免二次成核，从而导致较宽的粒径分布；纳米银以球形为主，难以实现片状等其他形貌纳米银的规模制备。基于小分子配体的合成策略有效抑制了自成核，得到的纳米银尺寸均一，标准偏差小于 10%，且尺寸可通过化学计量比得到精准调控，调控范围为 5-200nm，实验室产量在克级以上。通过引入形貌控制机制，还可实现纳米银片（厚度<10nm，边长 30nm-2 μm）的一步法、大批量、精准合成。

（2）提出了消化熟化策略，可实现单分散纳米银球的合成，其尺寸在 10-20nm 之间可调，标准偏差约 5%。采用该策略，可将尺寸分布较宽的纳米银球转化为单分散纳米银球，以及将氯化银等前驱体一步转化为单分散纳米银球。通过引入形貌控制机制，还可实现从银纳米球到纳米片的形貌转化。这一技术突破了现有技术的能力，显著提升了纳米银的尺寸均一性，也为纳米片的规模制备提供了新的技术路线。

二、产品性能优势

通过配位作用降低贵金属盐的还原电位，调控其氧化还原平衡，有效避免了自成核现象，从而实现包括纳米银在内的贵金属纳米材料的一步法、形貌均匀、尺寸精准可控的化学合成。

通过引入具有强吸附作用的极性小分子和卤素离子，在极性溶剂体系中有效诱导了银纳米材料的消化熟化过程，从而实现银纳米球从多分散到单分散的转化，以及从氯化银到单分散银纳米球和纳米片的转化。

三、市场前景及应用

据关研天下的报告分析，近年来，随着纳米技术的不断发展，我国的纳米产业得到了快速发展，纳米产品广泛的应用于各个领域，如纳米陶瓷材料、纳米纺织材料、纳米改性涂料等材料也已开发成功，并初步实现了产业化生产，随着纳米产品的广泛应用，我国的纳米市场规模不断扩大，截止到 2018 年全球纳米银市场规模达到 1200 亿元，我国的纳米材料市场规模达到 110 亿元左右。

随着我国纳米银产业的不断发展，纳米银行业的市场规模将不断扩大，预计到 2025 年我国的纳米银行业的市场规模将达到 701 亿元左右。宁夏中色新材料有限公司根据客户询单信息预测纳米银的售价在 20000 元/千克，产品附加值较高。目前，成熟的纳米银产品主要由日本和韩国提供，国内市场暂时未出现明显的竞争者。随着市场需求的增加，国内生产商的技术进步，纳米银合成技术也将日趋成熟。

四、技术成熟度

☐概念验证 ☐原理样机 ☒工程样机 ☐中试 ☐产业化

五、合作方式

☐联合研发 ☐技术入股 ☐转让 ☐授权（许可） ☒面议

15. 基于热（冷）喷涂和超高速激光熔覆的精细制造/再制

【团队负责人】 李成新

【所在学院】 材料科学与工程学院

一、项目简介

热喷涂是通过对传统激光熔覆的光学准直、聚焦和整形以及与之配合送粉头的重新设计从而实现均匀薄涂层的高速熔覆技术，目前受到广泛关注。由于兼具热喷涂快速沉积涂层特性以及激光熔覆冶金结合的特点，有望成为规则表面实现替代电镀硬铬的新方法。冷喷涂是利用超音速气流获得高速粒子使其通过固态塑性变形沉积而制备技术的方法。

超高速激光熔覆相比于传统激光熔覆，激光能量主要作用粉末，能量分配：基材 20%，粉末 80%，粉末温度高于熔点，修复产品表面粗糙度可小于 20 微米，修复厚度可低至 30 微米。

二、产品性能优势

项目组拥有超高速激光熔覆全套技术，从喷嘴设计、材料选型以及工艺研发方面全流程覆盖，确保从源头把握制备工艺。前期已经实现钛合金防腐涂层制备，达到涂层厚度 $50\sim 150\mu\text{m}$ ，表面光滑，无明显裂纹、孔隙；在叶片等金属表面的超高速激光熔覆 Stellite6 合金，Stellite6 合金单层厚度约 $380\mu\text{m}$ ，稀释率 5%；铝合金高速激光熔覆铜基合金，实现了材料表面高硬度、高剪切强度、高冲蚀磨损。在精细制造方面能够按需修复；高性能修复；高效自动化；在冷喷涂工艺方面实现了长时连续喷涂，高送粉速率；高沉积速率。

三、市场前景及应用

可应用于大型高价值零件修复，野外金属制品快速修复，大型承力件修复，镀铬工艺友好环境替代，高耐磨涂层。

修复前



修复后



四、技术成熟度

☐ 实验室阶段 ☒ 工程化阶段 ☐ 产业化阶段

五、合作方式

☐ 联合研发 ☐ 技术入股 ☐ 转让 ☐ 授权（许可） ☒ 面议

16. 基于一种搅拌摩擦钎焊制备双金属复合板专利的技术及产品

【团队负责人】 张贵锋

【所在学院】 材料科学与工程学院

一、项目简介

针对搅拌摩擦搭接焊焊道狭窄、驱除与分散界面氧化膜能力差、对界面处压入深度敏感、针的恶性磨损等问题，开发了搅拌摩擦钎焊专利技术（2012 年授权）。该技术的优点有：采用简单的无针工具可免除钢质母材对搅拌针的磨损；单道焊接宽度取决于轴肩的直径，远大于针的直径；能打碎并分散界面金属间化合物层。大气环境施焊、免用钎剂、利用旋转工具的机械作用与钎料的冶金作用的综合作用实现界面去膜、挤出多余低熔低强钎料、打碎并分散界面脆性金属间化合物层、节能环保。在界面焊接质量方面，FSB 的突出技术优势在于：氧化膜能随共晶液相被挤出，所以界面去膜效果优异；在低熔低强液态钎料被挤出后，最终所得为母材间扩散形成的扩散焊组织。2011 年发表于美国冶金与材料学报（MMTA, 2011, 42(9): 2850）等 FSB 相关论文已被美、欧、日、韩、伊朗、中国台湾、中国大陆等研究人员广泛引用。本组关于铝/钢组合的 FSB 的论文获得 2015 年全国钎焊年会优秀论文奖，该文对 1060/16Mn（3+18mm）组合，剪切强度已达 55.5MPa。

二、技术指标（性能参数）

搅拌摩擦钎焊可用于双金属复合板的制备、异种金属的焊接、大面积异种或同种金属的搭接焊及修复，并在此基础上开发了铝基活性钎料。

1、双金属复合板和异种金属焊接

（1）Al/steel、Cu/steel、Al/Ti、Al/Cu 双金属复合板制备；

制备贵、窄、薄、细、小、双金属复合板（代替爆炸焊与轧制焊）。

优点：焊后材料塑性不受损害，对塑性无苛求；去膜能力强，润湿性好，再现性好；无边缘效应；基板厚度不受限制；节材节能环保；方便灵活。

（2）异种金属焊接（Al/X 与 Cu/X 组合：X= Al、Fe、Cu、Ti、SUS）。

课题组已完成 Al/X 与 Cu/X 组合的复合实验 (X = Al, Fe, Cu, Ti, SUS)。

2、大面积异种 (如 Al/Ti) 或同种 (如 Cu/Cu) 金属的搭接焊接或修复

优点: 润湿性好; 可在大气中施焊; 尺寸不受限制; 节能 (焊速约 300mm/min)。

3、铝基活性钎料

铝基活性软钎料: Al-Mg-X, 适于铝基复合材料 (SiCp/ZL101)、结构陶瓷 (SiC、Al₂O₃)、功率模块 (power module) 电子封装用陶瓷、高体积分数复合材料软钎焊用。

该系铝基活性钎料熔点低, 导热性好, 润湿性优良, 即使对 SiC 陶瓷也能在 425℃ 低温下良好润湿。该系钎料既可用于直接钎焊, 也可用于陶瓷表面金属化预处理、高体积分数的铝基复合材料表面金属化预处理 (代替电镀)。

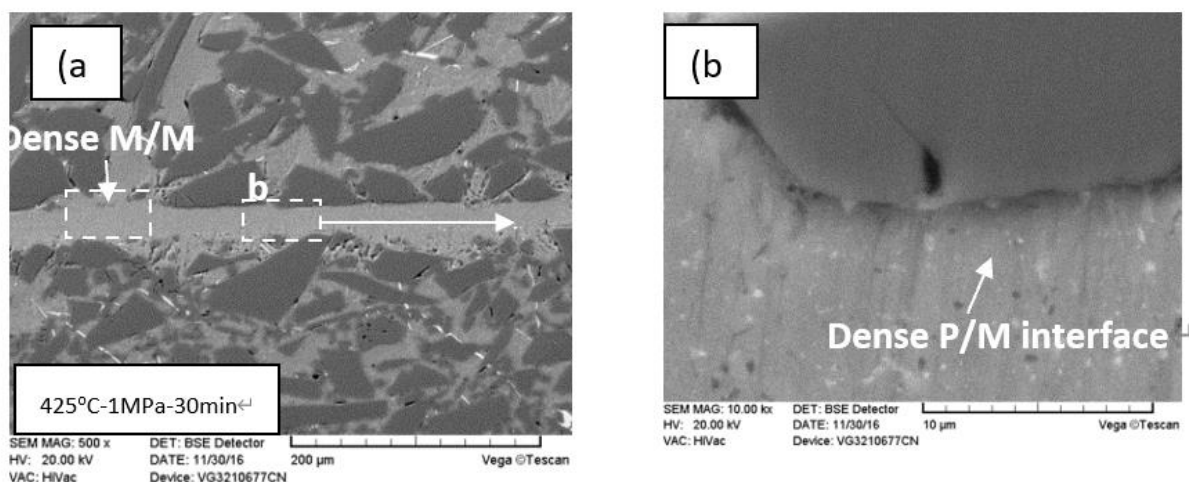


图 1 采用铝基活性软钎料焊接的微观组织照片

(a) 为采用 Al-Mg-Ga 活性软钎料钎焊 70 vol.% SiCp/ZL101 复合材料接头的微观组织 BSE 照片 (425℃-1MPa-30min); (b) 为图 (a) 中 b 区域放大 BSE 照片, 即使一万倍 P/M 界面依然致密, 证明该钎料在低温 (425℃) 对高体积分数 SiCp 增强铝基复合材料有良好润湿性



图 2 户外开关用铝软联接（外包不锈钢抗风片——供应西电公司）

三、技术成熟度

☐ 实验室阶段 ☒ 工程化阶段 ☐ 产业化阶段

专利：一种搅拌摩擦钎焊制备双金属复合板的方法 ZL. 200910021918.3

四、合作方式

☐ 联合研发 ☐ 技术入股 ☐ 转让 ☐ 授权（许可） ☒ 面议

三、生物医药与健康

1. 生物转化甲烷气体联产细胞蛋白和多糖

【团队负责人】 费强

【所在学院】 化学工程与技术学院

一、项目简介

针对我国蛋白饲料和多糖产品的巨大市场空间，团队借助专有的合成生物学技术平台自主研发了甲烷气体高值化生物转化技术，拥有我国行业内首个专利授权。利用该技术可以实现将页岩气、沼气等甲烷气体通过微生物高效转化为细胞蛋白和多糖。

二、产品性能优势

所产甲烷基细胞蛋白富含包括全部必需氨基酸的 18 种氨基酸，菌体粗蛋白含量大于 60%，其中 9 种必需氨基酸在总氨基酸中占比达 30%，其在总氨基酸含量、限制性氨基酸含量等参数水平上明显优于豆粕蛋白，并与鱼粉蛋白相似。

所产多糖经权威机构鉴定，其结构与保湿霜类护肤品添加剂海藻多糖结构相似度达 97%，具有保湿、修复等功能，目前主要应用于医美产品添加剂与化妆品添加剂。

本项目具有生产成本低、制备工艺简洁高效和制备过程环保无污染的优势。通过前期建立甲烷生物制造的全链条研发平台，该技术已完成从实验室向产业化的推进。

三、市场前景及应用

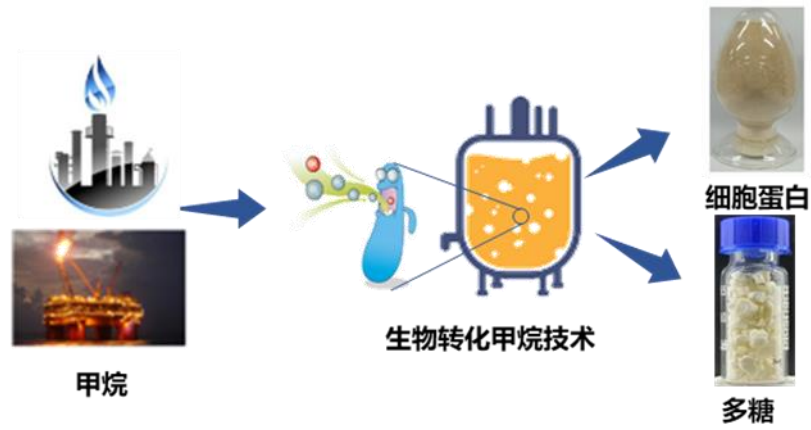
甲烷基细胞蛋白及多糖具有产品性能优越、生产成本低廉、时空生产效率高、车间占地面积小等优势，可有效补充我国高品质饲用蛋白和多功能多糖原料的供给，满足国家农业和医药行业重大需求。

四、技术成熟度

☐概念验证 ☐原理样机 ☐工程样机 ☒中试 ☐产业化

五、合作方式

☐联合研发 ☐技术入股 ☐转让 ☐授权（许可） ☒面议



生物转化甲烷联产细胞蛋白和多糖技术

2. 新型治疗房颤药物

【团队负责人】 吴岳

【所在学院】 医学部-第一附属医院

一、项目简介

心房颤动（房颤）是最常见的心律失常之一，影响全球数百万人。房颤不仅显著降低患者的生活质量，还显著增加中风和心力衰竭的死亡风险。

现有房颤治疗方法存在不同程度的局限性和风险，困扰众多医生和患者。房颤的药物治疗主要依赖于抗凝药和抗心律失常药。抗凝药物，如华法林和新型口服抗凝剂（NOACs），虽然能有效预防中风，但增加了出血风险，特别是脑出血；抗心律失常药物，如胺碘酮、索他洛尔等，尽管在控制心律方面具有一定效果，但其副作用严重，包括肝毒性、肺毒性和甲状腺功能异常等。长期使用这些药物也可能导致药物耐受性，减弱治疗效果；非药物治疗，如电复律和导管消融等，均存在复发率高、操作复杂及并发症风险高，导管消融的高成本和对操作人员技术水平的高要求等问题。综上所述，现迫切需要开发新的房颤治疗方案，以提高治疗的特异性和安全性，减少副作用，最终改善患者的生活质量和预后。

而随着分子生物学和基因组学的进展，针对特定分子靶标的新型药物研发提供了可能的解决方案。研究新型靶向药物，旨在提高房颤治疗的特异性和有效性，减少副作用，从根本上改善患者预后，解决现有房颤治疗的痛点。

本项目旨在开发一种新型的靶向药物，以解决现有房颤治疗中的诸多痛点。现有抗凝药和抗心律失常药物虽然有效，但副作用和风险较大，尤其是出血风险和药物耐受性问题。同时，非药物治疗如电复律和导管消融也存在复发率高、操作复杂和并发症风险高的问题。因此，迫切需要一种既能有效控制心律，又能减少副作用的新型药物。本项目通过靶向特定分子机制，旨在提供一种更安全、更有效的治疗方案，从而显著改善患者预后和生活质量，减少医疗负担和成本。

二、关键技术

项目中使用的关键技术包括：

1. 蛋白质组学分析：通过对房颤患者的蛋白质组进行全面分析，识别与房颤相关的关键分子和信号通路，并确定潜在的药物靶点。

2. 动物模型与体内药理学研究：通过大小房颤动物模型（狗/小鼠）中验证候选药物的疗效和安全性，确保其在体内具有良好的生物利用度和药效。

3. 体外药理验证：进一步确定该药物的作用时长及下游机制。

本产品所有的技术优势包括：靶向药物具有高特异性与高效性可以精准治疗，同时对比手术，靶向药物可降低房颤治疗成本并减轻患者的痛苦。

综上所述，本项目通过创新的技术手段和精准的靶向策略，旨在开发一种安全、高效的房颤新型靶向药物，以解决现有治疗方案的痛点，满足临床需求，推动房颤治疗的进步。

三、市场前景及应用

本研究项目主要应用于心律失常治疗市场的细分领域，特别是针对心房颤动（房颤）的药物治疗。现有市场中的主要治疗方案包括抗凝药物和抗心律失常药物，但这些治疗方法存在副作用和治疗效果不尽如人意的的问题。本项目的新型靶向药物旨在通过精准干预房颤的病理机制，提供更高效和安全的的治疗选择，填补现有治疗方案的空白。

市场体量分析：全球心律失常药物市场近年来呈现持续增长的趋势。根据市场研究报告，2019 年全球心律失常药物市场规模约为 134 亿美元，预计到 2027 年将增长至 206 亿美元，年均增长率（CAGR）约为 5.4%。其中，房颤作为最常见的心律失常之一，占据了相当大的一部分市场份额。

具体到房颤药物市场，预计未来几年也将保持稳定增长。随着老龄化社会的到来和心血管疾病发病率的上升，房颤患者数量将进一步增加，这将推动市场需求的不断上升。此外，随着新型靶向药物的推出，能够更好地满足未被满足的临床需求，预计该细分市场将获得更快的增长。

基于以上分析，房颤新型靶向药物项目具有广阔的市场前景。通过填补现有治疗方案的缺陷，提供更安全和高效率的治疗选择，该项目有望在全球心律失常药物市场中占据重要地位，推动房颤治疗领域的革新。

四、技术成熟度

☐概念验证 ☒原理样机 ☐工程样机 ☐中试 ☐产业化

五、合作方式

☐联合研发 ☐技术入股 ☐转让 ☐授权（许可） ☒面议

3. 秦药（天然麝香）的研究及产业化项目

【团队负责人】 杨平林

【所在学院】 医学部-第二附属医院

一、项目简介

1、陕西药材资源丰富。

陕西省为道地药材“秦药”的发源地。陕西现有各类中药材 3291 味，植物药为 2730 味，占全国药材种类的 30%以上。重点品种达到 283 种，占全国的 77.7%。丹参、天麻、绞股蓝、黄精等 7 个品种通过国家 GAP 认证，商洛丹参、子洲黄芪、镇坪黄连、太白贝母、镇巴大黄等 18 个品种获得国家农产品地理标志保护产品认证。山茱萸、黄芩、酸枣仁、柴胡、沙苑子、元胡、天麻、杜仲、猪苓等中药材国内市场占有率在 30%-70%。中国名贵药材之首的天然麝香，其林麝养殖量已达 3 万多只，所产麝香享有“秦香”之美誉，陕西凤县被中国野生动物协会授予“中国林麝之乡”，林麝养殖数量占有全国林麝的养殖数量的 70%以上，麝香产品在国内市场占有率达 90%以上。

2、秦药发展及开发存在严重的不足。

目前存在科技含量参差、研发投入不足、产学研用协同不充分等成为制约产业发展主要制约瓶颈。缺乏有一定品牌影响力的将“秦药”品牌做大做强中医药企业。缺乏能够将生物医药供应链，创新链，技术链，人才链相互融合在一起发展，能够带动整个产业发展的产业链链主龙头企业。

二、产品性能优势

（1）院内制剂的优势及解决的问题

本项目是以天然麝香为切入点先做院内制剂，后期在申报国家新药，院内中药制剂的优势如下：

- 1、彰显医院特色，提升医院品牌；
- 2、未入列“药品零差价”范围，自主定价（江苏为例），可为医院新增利润点；
- 3、保障临床用药，增加治疗方法，完善治疗方案；满足医疗科研需要，为临床研究提供实践阵地；

4、品种多，适用性强，供应及时，疗效确切；

5、减少新药研发的成本和研发周期。

院内中药制剂的发展趋势：

1、政策支持：监管部门放宽了对院内成熟中药制剂的注册管理机制；

2、发展方向：区域性制剂中心 (GPP 标准/多院联合) 为院内中药制剂发展提供了新方向。

(2) 关键技术

1、麝香提纯制作工艺

麝香本来就是战略物资，属于名贵中药材，国家管控实行配额制，加上产量小，易挥发，在制作和存储工艺上有难度，凤林谷结合高校科研团队，完全掌握了麝香产品的制作工艺。

2、院内制剂销售权，处方权院内制剂的销售，首先要求保证效果，产品具有不可替代性。本项目筛选的 15 个产品完全具备这样的条件，并且已经通过 2 家医院的评审。

3、与高校达成研发合作与交大建立产学研一体实验室，进行药品专利转化，麝香相关应用研究，标准化工作，专利保护。

4、核心专家团队及人才资源完全聚集在本项目中，形成不可逾越的行业壁垒。

(3) 技术优势

1、已签约合作交大博士合作团队，共同研究麝香的存储和配制工艺，且正申请专利保护

2、已完成院内制剂 15 个产品的选品和产品配方的论证验证。

3、已经获得交大一附院和陕中附院的院内制剂销售权限。

4、已经将产品研发，生产，报批，审批，销售等相关资源关系全部打通。

三、市场前景及应用

部分产品：

医院制剂品名	剂型与科室	合作研发及销售单位
麝香救心丹	内服微丸（心内科）	西安交通大学第一附属医院

麝香伤药膏	外用膏剂（骨外科）	西安交通大学第一附属医院
麝香醒神通络丸	内服微丸（神内科）	西安交通大学第一附属医院
麝香祛风膏	外用膏剂（骨病科）	陕西中医药大学附属医院
畅络调神丸	内服微丸（心内科）	陕西中医药大学附属医院
一粒金丸	内服微丸 （风湿免疫科）	陕西中医药大学附属医院
冰熊丹	内服微丸（神内科）	陕西中医药大学附属医院

市场规模及实施计划：

1、市场规模：

院内制剂主要在申报医院及其医联体和医共体使用，按照目前单个产品平均每天 10 个患者。

每个患者一次购买 5 个疗程计算： $10 * 5 = 50$ 个疗程。

按照价格最低的疗程用药计算单日销售额： $1218 * 50 = 60900$ 元。

单个产品全年按照销售额估算为： $60900 * 365 = 22228500$ 元。

单个产品保守估算为 2000 万以上的销售额，15 个药方可以达到 3 个亿的营业额，产品利润率保守估计在 40% 以上。

2、实施计划：

目前本项目已筛选确定了 15 个药方，涉及脑血管、心血管、骨科、神经外科 的临床应用（所有产品及处方均已得到临 床验证）。计划根据资金情况计划三年内分三个阶段进行实施。项目计划开始时间 2024 年 5 月 1 日，项目总体完成时间 2027 年 4 月 30 日。

第一阶段：打通麝香产品的生产，存储，配制工艺，药品备案，临床应用的商业环路，为以后整合更多资源打好基础。

第二阶段：集中更多麝香养殖户资源，制定出麝香行业标准，规范行业发展，新建自有药厂，同时研发更多的麝香新 药产品，扩大临床应用范围，扩大市场规模。

第三阶段：部分效果较好的院内制剂准备申报国家新药。

四、技术成熟度

☐ 概念验证 ☒ 原理样机 ☐ 工程样机 ☐ 中试 ☒ 产业化

五、合作方式

☐ 联合研发 ☐ 技术入股 ☐ 转让 ☐ 授权（许可） ☒ 面议

4. 帕金森病诊断治疗一体化创新方案

【团队负责人】 王昌河

【所在学院】 生命科学与技术学院

张玮

一、项目简介

帕金森病(PD)是老年人群高发的重大神经退行性脑病,65 岁以上人群发病率 1.7% 以上,80 岁以上发病率高达 10%。患者的生活质量严重降低,最终将完全丧失生活自理能力并早于预期寿命死亡,给社会及家庭造成沉重负担。

尽管该病至今已有 200 多年历史,但目前为止国内外尚无有效的 PD 早期检测手段,运动症状的出现仍是 PD 临床诊断的金标准,但此时已有>60%多巴胺神经元死亡,错失重要治疗窗口期(一般 10 年以上)。更糟糕的是,关于 PD 的临床治疗,目前尚无有效的根治方法。目前 PD 的治疗均以缓解临床症状的姑息性治疗(如药物治疗或深部脑刺激)为主,这些方法只能暂时缓解 PD 患者的临床症状,但不能阻断其病理进程,且会导致异动症、焦虑、抑郁、认知障碍、自杀等大量难以承受的副作用(表 1)。因此,帕金森病的病理机制与临床诊治是人类史上最重要、最艰巨的关键科学问题与世界医学难题,开发特异高效的早期检测试剂盒和 PD 根治药物具有及其重要的科学价值与社会意义因此,帕金森病的病理机制与临床诊治是当今社会最重要、最艰巨的关键科学问题与医学难题,开发 PD 根治药物和特异、高效的早期检测试剂盒具有极其重要的科学价值与社会意义。

表 1. 帕金森病临床治疗的主要方案与本产品优势

治疗方式	化学药物			深脑刺激 (DBS)	项目产品 (病毒颗粒、核酸药)
药物种类	左旋多巴	COMT抑制剂 (恩他卡朋/珂丹) 单胺氧化酶抑制剂 (咪多吡/司来吉兰)	多巴胺受体激动剂 (泰舒达/森福罗)		
治疗原理	补充多巴胺	减少多巴胺降解	替代多巴胺	替代多巴胺、 激活下游脑区	基因治疗 直接修复多巴胺神经元
优势对比	姑息性治疗	姑息性治疗	姑息性治疗	姑息性治疗	根治性方案
	仅改善运动症状	仅改善运动症状	仅改善运动症状	仅改善运动症状	运动症状与非运动症状 全面改善
	长期服用药效减弱 副作用大: 异动症、 性亢奋、狂躁、抑郁、 恶心、呕吐等	副作用大: 恶心、 呕吐、眩晕、疲倦	副作用大: 恶心、呕 吐、眩晕、嗜睡、躁 狂、抑郁、幻觉	副作用严重: 认知障 碍、记忆缺陷、平衡 失调、狂躁、抑郁、 冷漠、焦虑、自杀等	精准靶向, 副作用极小
	适用于早期PD患者	适用于早期PD患 者	适用于早期PD患者	适用于中早期患者	早中晚期患者普遍使用
	每天服药 3.5-5万/年	每天服药 3.5-5万/年	每天服药 3.5-5万/年	每天不间断电刺激 > 20万	2-3年治疗一次 费用低, 2-3万/年

解决了目前国内、外尚无有效帕金森病早期检测手段的医学困境; 解决了目前帕金森病只能进行代偿性治疗, 不能根治的医学难题。

通过传承祖师爷 Erwin Neher(1991 年诺贝尔生理或医学奖获得者)的诺奖级技术、创新神经分泌的核心理论, 并在此基础上发展了多巴胺分泌的实时和原位记录, 攻克了帕金森病转化研究的关键技术瓶颈, 并在此基础上首次发现突触结合蛋白 Synaptotagmin-11 (Syt11) 是介导 PD 病理进程的核心机制, 靶向 Syt11 可完全逆转 PD 的病理进程。这些工作首次从功能上证明 Syt11 是导致 PD 的核心机制, 建立 PD 囊泡循环新假说, 并明确 PD 治疗的新药靶点, 为其转化研究奠定坚实基础。

二、产品技术优势

1) 帕金森病早期检测产品可用于帕金森病辅助诊断、疗效评估、早期检测及早期筛查, 具有以下技术优势:

- (1) 率先实现通过外周血检测实现 PD 的临床诊断与早期筛查;
- (2) I、II 期帕金森病患者检出率高达 100%, III 期以前检出率也高达 90%以上;
- (3) 阳性正确率高 (超过 93%);
- (4) 检出时间早, 比临床诊断时间提前 10-15 年, 不仅适用于 PD 的临床诊断, 还可用于 PD 的早诊和早筛, 为 PD 患者提供长期有效的治疗窗口期;
- (5) 价格便宜、操作简便。

2) 基因治疗药物: 帕金森病根治性方案, 具有以下技术优势:

- (1) 通过基因治疗、直接修复受损多巴胺神经元，阻断并逆转 PD 病理进程；
- (2) 对神经环路进行修复、运动症状与非运动症状全面改善；
- (3) 直接靶向病灶与多巴胺神经元、最小或几乎无明显副作用；
- (4) 治疗费用低，每年治疗费用不到 1 万元，病人经济负担小；
- (5) 单次药效 2-3 年，2 年一次日间手术，不影响患者正常工作与生活；
- (6) 普适性治疗方案，几乎所有患者适用；
- (7) 无成瘤风险，是早发 PD 和青少年 PD 的不二选择。

三、市场前景及应用

产品用于帕金森病的早期诊断和治疗。

1、PD 早期诊断产品：目前，中国 60 岁以上老人约有 2.67 亿，如每年进行一次 PD 筛查，试剂盒年需求量为 2.67 亿套。PD 患者为 350 万（实际患者翻倍），每人每年进行 2-3 次伴随诊断，试剂盒年需求量为 1400-2000 万套。PD 患者每年确诊 60 万人，嗅觉失敏、焦虑、抑郁、睡眠障碍、痴呆等疑似 PD 患者按照年确诊量 10 倍估算，试剂盒年需求量 600 万套。因此，试剂盒国内市场容量 29300 万套/年，以 300 元/套销售，年销售额可达 879 亿元，国际市场翻倍。

2、PD 基因治疗产品：中国现有 PD 患者 350 万人（实际人群翻倍），按每人每 2-3 年进行一次治疗，年需求量 240-360 万套。而且我国目前 PD 年新确诊病例 50 万，PD 早检试剂盒可将新确诊/疑似病例增加 2-3 倍，年新增治疗需求量 100-150 万套。年市场总容量将达到 340-510 万套，按 40000 元/套估算，年销售额将达到 1360-2000 亿元。国际市场翻倍。

因此，PD 早期诊断试剂盒和基因治疗药的国际年市场总容量约为 4478-5758 亿元。

四、技术成熟度

☐ 概念验证 ☒ 原理样机 ☐ 工程样机 ☐ 中试 ☐ 产业化

五、合作方式

☐ 联合研发 ☐ 技术入股 ☐ 转让 ☐ 授权（许可） ☒ 面议

5. 智能生物胶的制备与生物医用

【团队负责人】 补亚忠

【所在学院】 医学部-基础医学院

一、项目简介

生物胶是一种具有组织粘性的水凝胶，相比于传统水凝胶而言，其具有良好的组织粘附性能。其具有替代传统的水凝胶类医疗器械的能力，能够显著提升现有凝胶类医疗器械的效率，解决某些传统凝胶技术不能解决的问题，在组织工程，创面处理，美容整形方面有巨大的应用前景。

然而，现有的生物胶临床应用很少，其根本原因有两点。首先是，组织粘附调控性能差，包括如果取得湿润粘附性以及选择性粘接性；其次是，降解行为控制弱。降解行为对组织的愈合有至关重要的作用，既不希望降解速度过快，导致器械效用减弱，也不希望降解速度过慢，阻碍组织生长。

本项目通过化学和结构改性，实现了对生物胶粘接行为和降解行为的控制，实现了多种特性的生物胶用于伤口闭合、组织修复、止血、防粘连等。

首先利用干吸水、亲疏水控制等技术，解决了生物胶湿润黏附能力不足的问题。制备了多种类型的生物胶用于大动脉出血止血、美容伤口的无缝线闭合、外周神经的无缝线缝合等，效果远远优于传统的市售产品。

其次，利用特殊粘接基团的快速失活特性，首次实现了原位可注射双面胶，并成功运用于腹腔防粘连、心脏防粘连、宫腔防粘连、椎板术后防粘连、甲状腺术后防粘连等，有效性远远超过市售防粘连技术。

最后，利用化学结构设计，实现生物胶降解速度为1天到3月的调控，利用降解调控制备了多种生物胶用于难愈性皮肤创面的再生、骨关节炎的治疗。

二、产品性能优势

本项目为国内首个生物胶的制备与生物医用平台技术，通过对生物胶的性能进行优化，使其具有更新迭代传统水凝胶类医疗器械的能力，目前已经在伤口闭合、组织修复、止血、防粘连取得了阶段性成果。

三、市场前景及应用

本项目为一个技术平台，在多个领域均有应用。在此，鉴于目前技术的成熟度，选择防粘连方向作一个简介。

根据 Prsistence Market Research 报道，2018 年，世界防粘连市场为 21 亿美元，其拥有的年复合增长率为 6.90%，在 2026 年预计达到 36 亿美元。目前，最大的市场为美国，大约占据全球市场份额的百分之二十五。但是在中国，受人口老龄化的影响，腹腔、心血管手术不断增多，我国的防粘连市场具有全球最高的年复合增长率，已经远远超过世界平均年复合增长率。根据智研咨询报道，随着外科手术量的增长，我国手术防粘连产品市场规模从 2014 年的 17.87 亿元增长至 2020 年的 34.78 亿元，年复合增速达 11.74%。考虑到目前市售的防粘连产品在有效性方面表现弱，开发与使用新型防粘连产品是符合国内、国际大环境的。

传统的防粘连产品有两种，第一种剂型为防粘连溶液，包括淀粉（ADEPT®）、透明质酸（术唯可），羧甲基壳聚糖液体（赛必妥）等。此剂型通常采用喷涂方式，即在术后清创后喷涂于伤口表面，虽然使用起来方便，但是其在组织上的留存时间很短，少于 24 小时；有时候甚至在生理盐水冲洗伤口期间已经被冲走，基本无防粘连效果。

第二种剂型为防粘连膜，亦是目前市场上主流的防粘连产品，其占据的市场份额已远超过百分之五十。防粘连膜的主要材料包括透明质酸（SEPRAFILM®）、纤维素（INTERCEED®）、壳聚糖（粘停宁）以及聚乳酸（Surgi-wrap®）。在术中使用时，首先经过剪裁使膜片适用于伤口大小，然后放置膜片。膜片的缺陷为：膜片通常已经固定形状，在术中需要通过剪裁来适合不同尺寸的伤口，操作繁琐，增加了手术时间；同时预成型的膜片不能完全覆盖所有伤口；部分膜片是由溶液失水制备，所以留存时间非常短（小于 24 小时），不能起到阻隔作用；部分膜需要通过手术缝合线进行固定，导致对组织的二次创伤；随着手术日渐向微创化发展，如何在微创手术中将固体的膜片有效地运输到手术部位也是一个问题。

同时，几乎所有的溶液和膜片都会在伤口有大量渗出的时候失去效用，所以在其使用注意事项中常有“伤口渗出液可导致防粘连失效”。而在术后伤口愈合过程中，渗液的渗出是一个必然的过程，这极大降低了这些产品的有效性。所以目前市面上防止粘

连的产品远达不到要求，而且随着国内老龄化加剧，亟需一种真正有效，使用便利的防粘连凝胶来满足市场的需求。

本项目，通过生物胶的选择性粘接控制，降解行为调控，制备了系列的防粘连材料，成功解决了传统防粘连材料组织留存能力差、递送困难、不能在渗出条件下使用的问题。并成功运用与腹腔、胸腔、宫腔、耳道、甲状腺的粘连防护。有效性远远超过市售临床的产品。

四、技术成熟度

☐概念验证 ☒原理样机 ☐工程样机 ☐中试 ☐产业化

五、合作方式

☒联合研发 ☒技术入股 ☒转让 ☒授权（许可） ☐面议

6. 抗类过敏创新药物及检测试剂盒

【团队负责人】 贺浪冲

【所在学院】 医学部

一、项目简介

在临床实际应用中，联合用药是围手术期普遍采用的基本方案，包括催眠镇静药、麻醉镇痛药、神经肌肉松弛剂和抗生素等多种药物联合使用。联合用药尽管可以提高手术成功率并改善预后，但由于临床联合用药的多样性，也会增加引发类过敏反应的复杂性，使药物类过敏不良反应呈上升趋势。

近年来，肥大细胞或嗜碱性粒细胞是药物类过敏反应研究的关键效应细胞，肥大细胞上 MRGPRX2 受体不仅是引发药物类过敏反应的靶蛋白，而且具有一定的广谱性，不同化学结构类型的抗生素、肌肉松弛剂、阿片受体类等药物均可特异性地与 MRGPRX2 作用，进而导致类过敏反应发生。人体内肥大细胞或嗜碱性粒细胞上过敏相关受体尤其是 MRGPRX2 受体的表达量，对评判药物引发类过敏反应具有临床指导作用。本研究证实 MRGPRX2 转录本表达量可以作为评估临床发生类过敏反应的生物标志物。

MRGPRX2 是很多小分子药物引起类过敏的作用靶点。因此通过设计 MRGPRX2 膜蛋白 ELISA 检测试剂盒用于快速检测人群中 MRGPRX2 受体表达量，对临床上评估患者用药时是否有发生类过敏反应的风险进行评估，以求指导临床用药的安全性。通过检测其水平的高低可以早期发现、预防及时处理类过敏人群。

双抗体夹心法是目前制造 ELISA 试剂盒的主要方法，在临床的监测中应用也最为广泛。然而国内关于 MRGPRX2 的相关 ELISA 试剂盒处于研究及产品空白，而国外试剂盒价格昂贵、且只能用于实验室研究，无法进行大规模的人群研究和临床评价。为此，本项目探索设计一种 MRGPRX2 膜蛋白 ELISA 检测试剂盒，为临床快速、准确、方便地进行人外周血临床检测 MRGPRX2 蛋白表达量奠定基础及产品经验。

二、产品性能优势

本项目拟制备的双抗体夹心 ELISA 诊断试剂盒主要针对 MRGPRX2 直接进行检测。ELISA 具备较强的特异性、较高的灵敏性、良好的重复性、试剂盒易于保存、可批量上

样，对诊断结果的判定较客观等优点。本项目研制出的蛋白诊断试剂盒可为过敏人群提供具有良好的重复性、诊断敏感性、诊断特异性及准确率的诊断类过敏的检测手段，对预防和降低类过敏反应带来的威胁，保障过敏人群的安全和健康发展具有重要意义。

三、市场前景及应用

1. MRGPRX2 蛋白 ELISA 检测试剂盒可有效针对性检测使用肌松剂出现药物过敏反应病人，降低病人手术风险；
2. 将 MRGPRX2 蛋白 ELISA 检测试剂盒投入临床应用，能提前诊断患者使用中药注射剂发生药物类过敏反应程度，保障中药注射剂的安全性使用，产生良好的经济价值和社会效益；
3. MRGPRX2 蛋白 ELISA 检测试剂盒可同时应用于荨麻疹病人病情发展程度的辅助诊断，为荨麻疹合理用药提供治疗方案依据；
4. 目前临床用 MRGPRX2 蛋白 ELISA 检测试剂盒还处于空白阶段，因此研发 MRGPRX2 蛋白表达检测试剂盒具有很好的发展前景，产品竞争力强。

四、技术成熟度

针对 MRGPRX2 的氨基酸序列进行生物信息学抗原表位分析并从中选出合适的抗原表位序列，通过人工合成制备五段免疫原性较强的多肽，成功制备了四个单克隆抗体和五个多克隆抗体（如图 1,2 所示），为试剂盒的成功研发奠定了核心技术。

申报国家发明专利 3 项，已获批 2 项：

一种用于药物类过敏反应敏感人群筛查的基因标志物及其应用. CN107142325A.

筛查药物类过敏反应敏感人群的蛋白标记物和方法. 201711130601.4.

五、合作方式

☐联合研发 ☐技术入股 ☐转让 ☐授权（许可） ☒面议

附图：

图 1 单克隆抗体效价分析

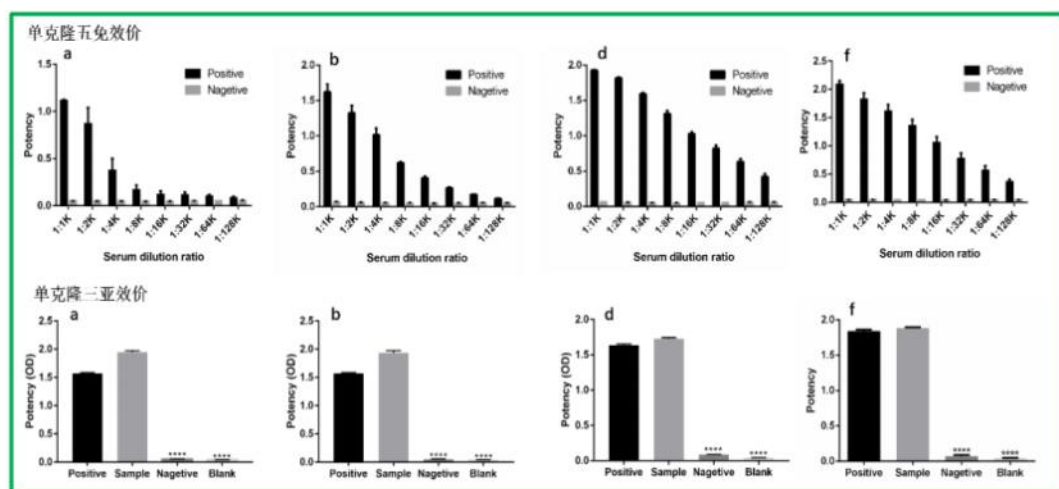
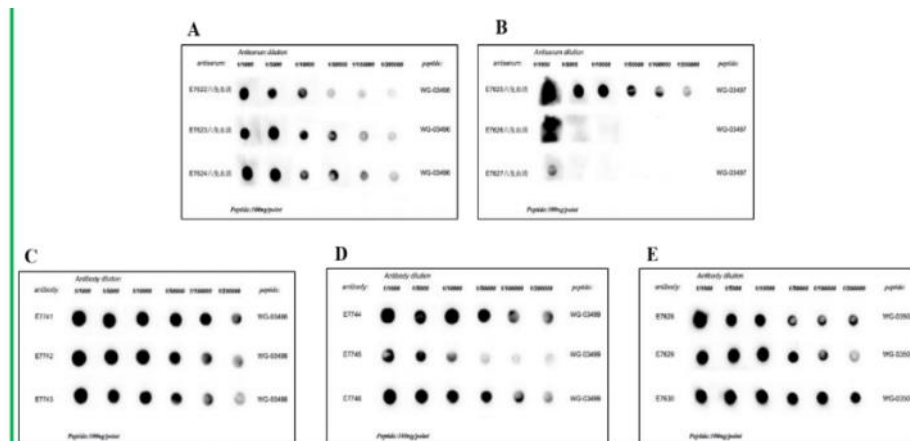


图 2 多克隆抗体效价分析

7. CMS-I 抗过敏性哮喘中药 I 类新药

【团队负责人】 韩省力

【所在学院】 医学部

一、项目简介

过敏性哮喘是机体对抗原性或非抗原性刺激引起的一种气管、支气管反应性过度增高的疾病，已成为严重威胁人类健康的疾病之一。目前临床治疗过敏性哮喘的常用药物为激素、 $\beta 2$ -受体激动剂、白三烯调节剂、茶碱、抗胆碱药物、SIT 及其他治疗哮喘药物（抗组胺、抗变态反应等药物）等，而以上药物均出现了多种不良反应，如骨质疏松、低血钾、心律失常等嗜睡等，甚至部分病人对以上药物均产生耐药，达到无药可选的地步。肥大细胞（MC）在哮喘病人的肺组织及肺部冲洗液中大量存在，在哮喘发生早期起关键性的作用。一般认为 MC 的活化由 IgE 介导。本实验室兼职教授约翰·霍普金斯大学董欣中教授发表于《Nature》论文证实 MC 可被 P 物质、Compound 48/80（C48/80）等外源致敏物直接活化引起过敏性疾病，该活化与 MAS-Related G Protein-Coupled Receptor X2（MRGPRX2）直接相关。另有研究证实哮喘病人肺部 P 物质和 MRGPRX2 表达水平平均高于正常人。而 MRGPRX2 为已报道的与过敏性哮喘相关的重要新型靶点，因此开发一种新型 MRGPRX2 新靶点药物至关重要。项目在国家“重大新药创制”专项、国家自然科学基金重点项目及国家重大科研仪器研制项目专项的联合支持下，历时近 10 年，基本完成了候选药物和部分临床前的研究工作。

二、技术成熟度

CMS-I 为中药 I 类新药，作用靶点为肥大细胞膜受体 MRGPRX2。药效学研究证实，CMS-I 对小鼠哮喘模型具有良好的治疗作用。CMS-I 安全性药理评价已证实，CMS-I 安全性高，为 CMS-I 新药临床评价提供坚实依据，下一步将申请临床 I 期研究。

1. 药学研究

原料药：完成了 CMS-I 的药材来源、鉴定与前处理、制备工艺及质量研究，并完成了质量标准及稳定性研究。

片剂：完成了 CMS-I 片的剂型选择研究、制备工艺、片剂的质量研究及稳定性考察。

2. 主要药效学研究

在长期的探索研究中，我们发现 CMS-I 具有良好的治疗过敏性哮喘作用。P 物质雾化吸入可造成小鼠气道高反应、肺泡灌洗液中炎性因子含量升高及组织炎性介质释放等多种哮喘症状。CMS-I 口服给药后，小鼠气道高反应显著缓解，肺泡灌洗液中炎性因子的含量也明显降低。组织染色结果显示，CMS-I 抑制肺组织炎性细胞浸润及糖原形成。同时，气管离体实验证实 CMS-I 可抑制由 C48/80 诱导的气管收缩。综上所述，CMS-I 是一种有效的治疗过敏性哮喘新型药物。

3. 毒理学研究

CMS-I 对小鼠的神经系统无明显差异，对 Beagle 犬心血管系统、呼吸系统均无明显影响。主要毒性靶器官为消化系统（包括胃肠道和肝脏）、免疫系统（胸腺）和心血管系统，但毒性变化均具有可逆性。对 CHO 细胞染色体均无致畸变作用，对 ICR 小鼠骨髓嗜多染红细胞无诱发微核的效应，并且无生殖毒性。

三、合作方式

☐ 联合研发 ☐ 技术入股 ☐ 转让 ☐ 授权（许可） ☒ 面议

8. 靶向嵌合体 (PROTAC) 技术降解 MCMs: 一种新的抗肿瘤小分子药物的研发

【团队负责人】 刘培军

【所在学院】 西安交通大学第一附属医院

一、项目简介

(一) 项目背景

恶性肿瘤已经成为危及人类健康及生存的首要原因,因而对于恶性肿瘤发生、发展及治疗的研究已经成为近些年医学的重要热点。随着近些年来对进展机制及研究模式的不断深入改进,传统三大肿瘤治疗方法在联合免疫治疗、基因治疗及靶向治疗的情况下,使得治疗效果不断攀升。虽然临床上已经有靶向小分子药物应用并取得一定的效果,但却很难摆脱治疗抵抗和肿瘤耐药的命运。事实上,目前的小分子药物设计主要针对酶和受体蛋白,存在亲和力不足、半衰期较短以及脱靶毒性等严重的缺陷,故使得其他更好的分子靶标无法应用到临床治疗中,同时到目前为止仍没有十分有效的针对这些分子靶标设计小分子药物的治疗肿瘤方法。因此,科学家亟需研究出针对新分子靶标设计出新的小分子药物并改善肿瘤患者预后的新治疗模式和药物。随着对肿瘤小分子药物研发的不断认识,新一代小分子药物设计理念和方法开始崭露头角,特别是 PROTAC 技术具有对靶标分子选择多样性、用量小、毒性低、克服耐药等特性,相比目前的小分子靶向药物表现出更好的应用前景和潜质。本团队前期已经报道 MCMs 在多种肿瘤细胞中异常高表达,已成为肿瘤恶性度的极佳指标,可作为肿瘤生物治疗的新靶标。因而,阐明微小染色质蛋白 MCMs 在肿瘤的发生发展中的作用机理,再运用 PROTAC 技术设计筛选出治疗药物,不但能为肿瘤生物治疗靶标的机理进行全新的诠释,也能为恶性肿瘤的治疗带来新的药物。

(二) 项目简介

本项目将从细胞水平、临床组织样本、动物实验和药物研发,这四个不同层面对 MCMs 作为肿瘤靶标以及其靶向小分子药物的可行性进行探讨,并初步阐明抑制 MCMs 杀伤肿瘤细胞的分子机制,且根据该靶标筛选出 PROTAC 的小分子药物。

二、产品性能优势

微小染色质维持蛋白 MCMs 在多种肿瘤细胞中异常高表达，已成为肿瘤恶性度的极佳指标，然而对 MCMs 是否可作为肿瘤生物治疗的靶标尚未有人提出。本项目在前期研究的基础上，首次提出抑制微小染色质维持蛋白可阻断 MAPK 激酶信号传导通路，从而切断维持肿瘤继续增殖的信号通路而使肿瘤不能继续增殖。同时抑制微小染色质维持蛋白可使 RB 正常的肿瘤细胞处于 G0 期或 G1 期而不再增殖，使 RB 失活的肿瘤细胞发生 DNA 双链断裂死亡，进而发挥杀伤肿瘤细胞的作用。该技术的关键在于根据靶标分子 MCMs 运用 PROTAC 技术设计小分子药物治疗肿瘤。为完成该项目，我们将采用多种方法筛选出 MCMs 的先导化合物，再化学合成 PROTAC 靶向 MCMs 的小分子药物，在细胞水平验证其对肿瘤细胞中 MCMs 降解情况，最终通过构建荷瘤小鼠模型，在体内水平验证该靶向药物的疗效。本项目的假设和技术关键一旦得到证实和完成，必将对微小染色质维持蛋白 MCMs 作为肿瘤生物治疗靶标的机理进行全新的诠释，也将为肿瘤的生物治疗提供一种全新的小分子药物，并为该药物的推广上市奠定坚实的理论基础。

三、市场前景及应用

肿瘤的药物疗法一直是肿瘤治疗的重要方面之一，并已拥有良好的市场以及临床应用前景。目前从销售额分析排名前十的小分子药物，2018 年的销售额多达 500 多亿美元，市场体量十分巨大，特别是前十药中治疗多发性骨髓瘤的药物来那度胺 (Revlimid)、淋巴瘤药物依鲁替尼 (Imbruvica)、乳腺癌药物帕博西尼 (Ibrance)、前列腺癌药物恩杂鲁胺 (Xtandi) 以及醋酸阿比特龙 (Zytiga)，这五个都是治疗肿瘤的小分子药物。虽然这些药物已经在市场上取得了一定的成功，但是还有许多新的分子靶标没有小分子药物，同时这些药物的疗效不尽人意，长时间使用还可能出现耐药使得患者承受较大的经济负担。PROTAC 设计 MCMs 靶标药物抑制其蛋白水平，并通过阻断肿瘤依赖性 MAPK 信号通路以及使肿瘤细胞发生 DNA 双链断裂死亡，进而发挥杀伤肿瘤细胞的作用，是本课题的重要创新点。分子靶标 MCMs 在肿瘤的发生发展中作用机理的阐明，有利于针对该靶标设计分子靶向药，再运用 PROTAC 设计靶向药物抑制肿瘤 MCMs 可达到治疗肿瘤的效果，因而具有确切的临床治疗价值和广阔的应用前景。除此之外，由于 PROTAC 独特的

用量小和毒性低等性质,使得该新药具有确切的应用安全性,如果能够发挥抗肿瘤效应,必将引起肿瘤临床治疗的改善,带来巨大的经济和社会效益。

四、技术成熟度

☒ 概念验证 ☐ 原理样机 ☐ 工程样机 ☐ 中试 ☐ 产业化

已在实验室对靶标分子微小染色质维持蛋白 MCMs 的抗肿瘤作用进行了初步验证,结论成立,还需进一步筛选合成确定先导化合物,体内外实验验证其关键功能等,向临床试验进一步推进。

在前期的研究中我们发现:抑制 MCMs 的表达可有效阻断肿瘤依赖性 MAPK 激酶信号通路;MCMs 是调节 RNA 聚合酶 II 及转录因子 FACT 的关键蛋白,是细胞从 G0 期进入 G1 期的分子开关;在细胞周期 G1/S 移行期存在 MCMs/RB 限速点机制,是细胞从 G1 期向 S 期移行的分子开关;抑制 MCM7 表达可使 RB 失活的细胞发生 DNA 双链断裂死亡。

这些结果提示我们:MCMs 不但是细胞从静息期进入 G1 期的分子开关,也是 G1 期向 S 期移行的分子开关。由于正常人体细胞 98%以上处于静息状态,因此抑制 MCMs 的表达对正常细胞的功能影响不大;而对增殖快速的肿瘤细胞,这种方法或使其处于静息状态,或使 RB 异常的肿瘤细胞发生 DNA 双链断裂而凋亡。故应用 PROTAC 设计 MCMs 靶标药物已迫在眉睫。

五、合作方式

☐ 联合研发 ☐ 技术入股 ☐ 转让 ☐ 授权(许可) ☒ 面议

9. CMC 分析仪器项目群

【团队负责人】 贺浪冲

【所在学院】 医学部

一、项目简介

天然药用植物是发现候选药物的重要来源。然而，从中寻找目标组分的难度和工作量十分巨大！面对类似天然药用植物这样的复杂体系，目前只注重“分离”功能的商品色谱仪，已难以满足有效的分析需求。本项目以高表达受体细胞膜色谱（CMC）技术为核心，研究 CMC 模型的标准化，实现对目标物的特异性“识别”。设计研发的“CMC-受体/配体作用分析仪”和“2D/CMC-中药注射液类过敏物分析仪”，为认识靶向药物作用规律、发现新的药物先导物提供了有效分析手段，实现了对复杂样本中目标物的有效分析，可以提高药品质量控制水平和临床使用安全性。该项目累计申请国家发明专利 11 项，授权 6 项；获计算机软件著作权 3 项；制定《中国药典》中药注射剂标准 5 项，申报审核 3 项；部分研究成果获“2017 年度陕西省科学技术奖”一等奖 1 项。

➤ CMC-受体/配体作用分析仪

一、产品简介

以液体为流动相，将水或不同浓度磷酸盐缓冲液（pH=7.4）等流动相泵入装有细胞膜固定相的色谱柱，利用不同配体在柱内与受体结合特性的差异，洗脱后进入检测器，通过智能分析系统对数据采集分析，从而实现对配体/受体作用特性研究的设备。目前仪器在第一代配体/受体作用分析仪样机的基础上重新设计并组装了第二代配体受体作用分析仪样机。

二、市场前景及应用

全面处理：实现快速的分析方法建立，文献链接，数据结果测定，图像处理，药理学验证，行业数据匹配；

精准测定：丰富高表达细胞系体系，通过新的 KD 值测定方法，精准测定药物与特定靶点的结合；

智能分析：通过在数据库中在线查找相关药物的分析方法与对应的 K_D 值，快速建立分析方法、测定配体/受体 K_D 值，并通过智能信息分析系统在线完成图像处理、数据分析，并与经典分析方法之间进行相关性，实现在线、同步测定分析；

数据库在线更新：通过智能分析系统，在线筛选、实时更新 K_D 值测定文献，及时丰富数据库资料，连接仪器与最新测定、分析方法。

三、技术指标（性能参数）

	对比技术指标			
	CMC-配体/受体作用分析仪	放射配基结合分析技术	Molecular Devices MF-FRET 成像系统	BioNavis MP-SPR Navi™ 220A
基本原理	1933 年，Clack 配体/受体作用原理：L + R $\leftrightarrow$ LR			
设计理念	特异性相互作用	放射性配基标记	荧光能量共振转移	表面等离子体共振
仪器研发	实验室研发：1996 年 仪器样机：2014 年	仪器上市：1984 年	仪器上市：2014 年	仪器上市：2011 年
K_D 值	$10^{-3} \sim 10^{-15}$ M	$10^{-8} \sim 10^{-15}$ M	$10^{-5} \sim 10^{-10}$ M	$10^{-3} \sim 10^{-12}$ M
仿生条件	流动相：生理盐水， pH 7.0~7.4 柱温：37 $\pm$ 0.5 $^{\circ}$ C 流速：0.1~0.6 mL/min 柱压： $\leq$ 4 MPa	—	—	—
配体/受体相互作用特性	特异性、亲和力、 可饱和性、可逆性	特异性、亲和力、 可饱和性	特异性、亲和力	特异性、亲和力
智能分析	K_D 数据库：有	K_D 数据库：无	K_D 数据库：无	K_D 数据库：无
	数据处理 作用强度分析； 作用靶点确证； 可逆性分析； 作用力类型分析	数据处理 MP-SPR Navi™ Control 和 Data Viewer 软件用于 动力学分析	数据处理 MetaF 系列软件 系统，进行矫正 的 FRET 检测和 分析	数据处理 ESCR 和 SCCR 算法，校正康普 顿散乱谱分布

注：表中“-”表示该仪器无此项指标。

四、技术成熟度

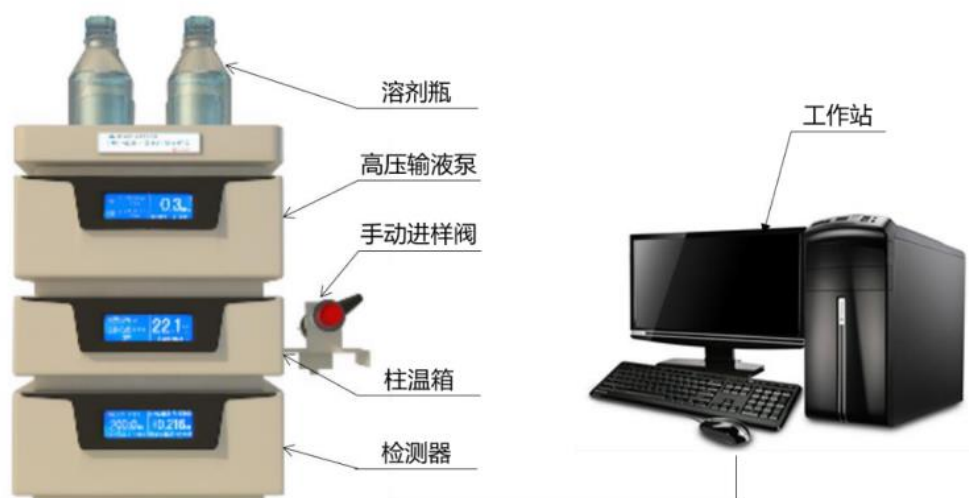
1. 硬件：在原有加工制造的样机基础上，拆解 CMC-I 型 HPLC 模块，进行改造设计，使用功能已基本完善：

- (1) 完成二元梯度模块各功能部件接入位置;
 - (2) 设计并组装主板、二元梯度泵、高压混合器、步进电机控制器、程序控制器、变压及滤波电路组件等; 按设计位置接入各功能组件, 连接电路,
 - (3) 完成程序控制器硬件功能写入; 测试硬件基础功能实现情况。
2. 软件: 著作权 1 项: 配体-受体相互作用分析系统 2015SR206223。
 3. 待完善事项
 - (1) 专业数据处理软件的优化;
 - (2) 大数据库的不断更新与完善;
 - (3) 智能软件升级、优化与维护。

五、合作方式

☐ 联合研发 ☐ 技术入股 ☐ 转让 ☐ 授权(许可) ☒ 面议

附图



➤ 2D/CMC-中药注射液类过敏物分析仪

一、产品简介

利用一维 CMC 系统的特异性识别特性, 对中药注射液中类过敏物进行特异性识别, 经过阀切换系统将一维所识别的类过敏相关组分进行富集, 进入第二维 HPLC 系统, 利用组分在液-固之间分配比的差异, 对保留组分进行进一步分离, 进入检测系统进行检

测和信号输出，同时利用仪器智能分析系统对类过敏物进行鉴定，从而实现对中药注射液中类过敏物的在线“识别-分离-鉴定”分析的设备。

二、市场前景及应用

1. 应用广泛：通过构建不同的高表达细胞体系，建立丰富多样的细胞膜色谱系统，可应用于复杂体系中“有效成分”（如：抗肿瘤活性物质）和“有害成分”（如：致敏组分）的筛选；

2. 服务范围广：实现了复杂样品中目标组分的快速在线“识别/鉴定”，可广泛服务于科研院所的研究、食品药品监管部门的监督评审、药品生产企业的自检等各个方面；

3. 智能指导分析：数据库与专家信息系统为操作者由第一维细胞膜色谱系统的选择、第二维高效液相色谱系统的分析条件建立，到结果的在线图像处理、数据处理和对比分析，提供一站式的全程服务，极大的降低了操作者的专业知识背景要求。

4. 数据库智能更新：数据库与专家信息系统及时收集整理最新的文献资料，最大限度的丰富系统资料，更好的为样品的“识别/鉴定”提供服务。

应用“2D/CMC-中药注射液类过敏物分析仪”制定了中药注射液中 5-羟甲基糠醛、黄芩苷、盐酸青藤碱、丹酚酸 C 及鱼腥草素钠 5 种类过敏组分的检查方法，并提交至《中国药典》增补标准，加强了对中药注射剂质量的控制，提高其使用安全性。其中，“中药注射剂中 5-羟甲基糠醛检查法”已纳入 2015 版《中国药典》增补版。

三、技术指标（性能参数）

技术成熟度

1. 硬件

（1）在 CMC-I 型二维色谱仪的基础上，添加高压色谱输液泵及步进电机控制器等功能部件；

(2) 重新规划设计分析单元的电路以及各个功能部件的排列位置，将单泵洗脱系统升级为二元梯度洗脱系统，大幅提升分析单元的应用范围；

	对比技术指标	
	2D/CMC-中药注射液类过敏物分析仪	国内外先进二维液相色谱仪
基本原理	一维配体/受体特异性相互作用； 二维液-固分配比差异	液-固分配比差异
设计理念	一维特异性识别，二维选择性分离	一维分离，二维选择性再分离
仪器研发	实验室研发：1996 年 仪器样机：2014 年	系统建立：2014 年 仪器上市：2016 年
仿生条件	流动相：生理盐水，pH 7.0~7.4 缓冲液 柱温：37 ± 0.5 °C 流速：0.1~0.6 mL/min 柱压：≤ 4 MPa	-
特异性	阳性对照药 $t_R > t_0$ ；阴性对照药 $t_R = t_0$	-
智能分析	数据库：有	数据库：无
	数据比对：有	数据比对：无
应用范围	复杂体系中有害及活性物质识别和分析	复杂体系物质基础分离分析

注：表中“-”表示该仪器无此项指标。

(3) 设计了新型阀切换控制单元硬件，实现目标物的精确自动识别、富集、切换；成功用于中药注射液中致敏成分的快速识别和鉴定。

2. 软件

(1) 初步构建色谱分析和数据处理系统，基本实现对二维色谱系统各部件包括富集分离阀控系统的管理和控制；

(2) 通过对已发表文献资料的获取和整合，提取被分析物的色谱条件等信息，构建色谱专家系统，为操作人员提供指导性的分析步骤，简化分析过程；

(3) 以本实验室获取的数据资料为基础，提取中药注射液指纹图谱以及致敏组分的色谱分析条件、保留时间等一系列信息元素，初步构建中药注射液过敏物数据库。

3. 待完善事项

- (1) 专业数据处理软件的优化；
- (2) 数据库与专家信息系统的更新与完善；
- (3) 智能软件升级、优化与维护

四、合作方式

☐ 联合研发 ☐ 技术入股 ☐ 转让 ☐ 授权（许可） ☒ 面议

10. 面向脑损伤与渐冻人的脑控康复机器人与语言交互系统

【团队负责人】 徐光华

【所在学院】 机械工程学院

西安交大徐光华教授团队一直致力于脑-机接口及其康复机器人的研究工作。近年来，主持了国家自然科学基金重大研究计划集成项目、国基金面上项目、国家 863 主题项目等多项重点项目，提出了稳态视觉运动诱发电位创新脑机接口、噪声增强的脑电诱发技术，得到国际同行的高度评价。所开发了智能脑控轮椅、脑控下肢主被动协同康复人系统和基于视觉运动诱发的高速中英文拼写系统，获国家基金委脑机接口大赛一等奖，并得到央视科教频道等报道。目前，面向中风的脑控下肢康复机器人已在第四军医大学西京医院进行临床试验，面向渐冻人的意念控制语言交互系统已在进行渐冻人的系统使用，奠定了良好的产业化基础。

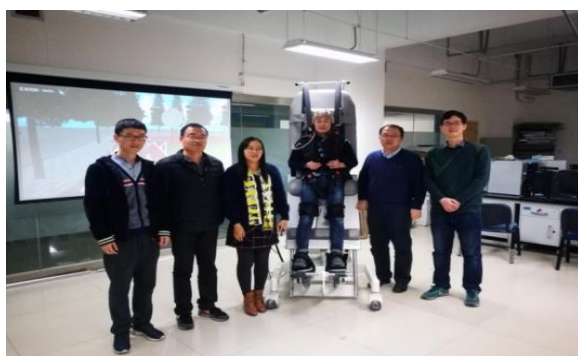


图 1 徐光华脑控康复机器人研究团队



图 2 面向中风康复的脑控轮椅(央视科教频道 2013)



图 3 面向中风的脑控下肢康复机器人(央视新闻联播 2017)



图 4 面向渐冻人的脑控语言交互系统
(国家基金委脑机接口大赛一等奖 2015)

11. 时间分辨荧光测控分析仪

【团队负责人】 王晶

【所在学院】 生命科学与技术学院

一、项目简介

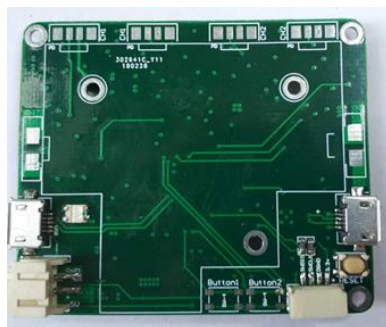
时间分辨荧光免疫分析法 (TRFIA) 具有灵敏度高、特异性强、不受背景荧光干扰等特点, 在 POCT 领域有极高的发展潜力。目前, 市场上的 TRFIA 分析仪以中大型为主, 手持式极少。本项目围绕小型化、低成本等理念, 将 TRFIA 技术应用 POCT 领域。

该小型化 TRFIA 测控模块, 尺寸小、成本低、检测速度快、重复性好、适用于多种稀土螯合物。在无滤光片条件下, 基本达到了小型化 TRFIA 测控模块的性能的极限。

二、产品性能优势

- (1) 使用双自由度调光法, 更优良;
- (2) 单次采样即可满足精度要求, 采样时间更短;
- (3) 单/双通道可节省两块滤光片, 成本低一半;
- (4) 采用基于多点采样数据拟合法的荧光物质浓度测定法。

检测方法	多点采样拟合法
适用探针	稀土螯合物; 激发波长: 365nm~405nm; 发射波长: 可见光范围; 可检最短荧光寿命约 400us
调光法	LED 电流峰值+LED 电流脉宽
检测时间	最大采样时间范围为 0~2ms; 单次采样时间小于 3ms
荧光检测限	以 Eu(TTA)3phen 为检测对象, 检测限<0.185mg/L; 信号值小于 1.5%
精密度	荧光光强变异系数 CV<3.4%; 荧光寿命变异系数 CV<5.8%



PCB正面实物图



PCB反面实物图



三、技术成熟度

☐ 概念验证 ☒ 原理样机 ☐ 工程样机 ☐ 中试 ☐ 产业化

国家重大科学仪器设备专项（2012YQ3026102）：核酸扩增产物实时荧光快速检测关键技术及部件开发；

完成 TRFIA 分析仪的核心模块——TRFIA 测控模块的研究。

四、合作方式

☐ 联合研发 ☐ 技术入股 ☐ 转让 ☐ 授权（许可） ☒ 面议

12. 可穿戴生物医疗系统

【团队负责人】 董力

【所在学院】 微电子学院

一、项目简介

随着物联网、人工智能、大数据的广泛应用及柔性电子技术的进步，可穿戴生物医疗得到了快速的发展。同时，人们对于健康的需求也日益增加。如何实现对个人生理健康的实时监测，变得尤为重要。团队通过研发，已取得一定基础：

1. 柔性可穿戴心电 ECG 信号实时检测系统

- (1) 设计了基于有机聚合物材料的柔性心电电极；
- (2) 基于 CMOS 工艺的低噪声、低功耗模拟前端电路芯片；
- (3) 基于小波阈值算法及支持向量机（SVM）的信号处理及特征训练模块；
- (4) 基于 STM32 处理芯片的传感器系统设计；
- (5) 基于柔性印刷电路板（PCB）的系统实现。

2. 可穿戴多生理信号实时检测系统

- (1) 搭建并验证了人体体温、血氧、心率、呼吸、血压等多生理信号模块电路；
- (2) 血压测量有基于袖套充气阻断动脉血流的示波法和基于光电二极管的光电容脉搏波描记法（PPG）两种实现方式。

二、产品性能优势

- (1) 通过低功耗、高精度的电路设计，满足不同信号的测量需求。
- (2) 运用机器学习等算法，获取各个生理信号特征，预测人体健康及疾病状况。
- (3) 通过无线传输技术，与外部设备通讯，实现远程监控。
- (4) 基于柔性电子技术，使整个系统集成于衣物、腕带当中，实现长期舒适的穿戴需求。

三、技术成熟度

☐ 概念验证 ☒ 原理样机（小试） ☐ 工程样机 ☐ 中试 ☐ 产业化

四、合作方式

☐ 联合研发 ☐ 技术入股 ☐ 转让 ☐ 授权（许可） ☒ 面议

13. 多功能窄谱光子治疗仪

【团队负责人】 李东

【所在学院】 能源与动力工程学院

一、项目简介

本项目将研制一种多功能窄谱光子治疗仪，具体治疗范围包括：血管性皮肤病、色素性皮肤病、文身和脱毛、嫩肤除皱、溶脂纤体等。本产品立足于具有自主知识产权的技术开发，为专业美容医院及网点，提供全面性治疗平台，实现资源优化配置。产品特点包括：① 投资小：相比于多台激光器，本设备多功能属性性价比超高，投资仅为激光器十分之一；② 审批周期短：传统的激光治疗仪为三类医疗设备，本光子治疗仪为二类设备，审批手续简便，生产周期短；③ 操作灵活：多功能切换灵活、方便，一体化治疗平台可移动、易清洗；④ 便于二次开发及新功能拓展：基于宽普光子光源，窄谱滤光，实现多功能治疗功能，便于二次功能开发及新能工拓展。

二、产品性能优势

1. 多谱段窄谱滤波选通技术：一次性实现多治疗谱段，多功能灵活切换；
2. 滤光重整增透技术：解决宽普光子穿透深度浅瓶颈，达到单色光级别组织穿透；
3. 非线性光吸收倍加技术：通过实现非线性光学吸收降低组织热损伤概率，提高治疗安全性；
4. 表面冷却强化技术：通过新型热电冷却技术突破目前接触式面部冷却效率低瓶颈，提升治疗安全性及舒适性。

三、市场前景及应用

我国激光美容行业蓬勃发展，已成为世界主要的激光美容仪器生产大国和消费市场。以色列飞顿激光、美国赛诺秀、科医人激光为代表的激光治疗仪占到了市场占有率的85.6%。激光由于其单色性，仅能满足特定美容科目的技术要求。针对美容市场的多元化需求，美容院需投资多台激光美容仪，如脱毛所需的 Candela 翠绿宝石激光治疗仪、LumenisOne 多功能光子嫩肤仪、血管性皮肤病的 Candela 染料 Vbeam 激光治疗仪，祛斑所用的欧洲之星 Fotona 激光治疗仪，这些激光设备单台价格都达到100万人民币以上，

极大的增加了民营美容机构的一次投资金额与风险。本项目研制的多功能窄谱光子治疗仪可同时实现多种疾病的治疗，且具有投资成本低（仅为单台激光器的十分之一）、医疗审核难度低（二类医疗设备）、安全性高等优势。具有技术独创性、填补国内外空白，相比于现有设备具有显著的技术与成本优势，具有广阔的应用及投资前景。

四、技术成熟度

☐概念验证 ☐原理样机 ☐工程样机 ☒中试 ☒产业化

五、合作方式

☐联合研发 ☐技术入股 ☐转让 ☐授权（许可） ☒面议

附图



14. 基于磁性分子印迹聚合物的帕金森病早期诊断技术

【团队负责人】 高瑞霞

【所在学院】 化学学院

一、项目简介

帕金森病（PD）是一种影响患者活动能力的中枢神经系统慢性疾病，为第二大常见的神经退行性疾病，该疾病严重影响患者生活质量。由于帕金森病的临床症状直到疾病进展到中晚期才会出现，无法早期准确诊断一直是阻碍有效治疗帕金森疾病的主要障碍之一，因此建立帕金森疾病早期诊断技术具有重要意义。人体生物标志物的变化直接反映了相关疾病的发生发展，但由于人体内部环境的复杂性和生物标志物的痕量表达，单一指标检测常难以准确反映病理特征，因此，本项目提出一种基于抗干扰磁性分子印迹聚合物的双生物标志物同时检测的新技术。基于双模板、超支化和磁性技术的协同策略，制备出磁性分子印迹聚合物（D-mag-MIPs）。该产品已成功应用于人体尿液中帕金森病生物指标物 4-二羟基苯乙酸和多巴胺的同时检测。相较于单一标志物检测，D-mag-MIPs 可实现一次性检测双生物指标，降低了假阳性结果概率，提高了帕金森疾病早期检测的准确度。

二、产品性能优势

本技术以羧基功能化磁性纳米粒子为磁芯，4-二羟基苯乙酸和多巴胺为双模板分子，超支化聚乙烯亚胺（PEI）为功能单体制备了双指标同步检测产品 D-mag-MIPs，其可同时从复杂的生物样本中捕获双重生物标志物，提高检测和诊断的准确性。同时，PEI 作为功能单体，其支链丰富的官能团可增强印迹孔穴对双模板的亲合力和吸附性能；并且 PEI 的亲水性特性使印迹聚合物克服了疏水性分子印迹聚合物普遍存在的基质相容性差的缺点，有利于 D-mag-MIPs 在生物样本的应用。此外，该项目中磁芯的引入大大简化了产品制备和分离检测过程，为临床批量检测奠定了坚实的基础。应用结果表明，与高效液相色谱分析相结合后所建立的分析方法，在测试中对双生物指示物 4-二羟基苯乙酸和多巴胺同时表现出良好的抗干扰性、令人满意的精密度和宽的线性范围。

三、市场前景及应用

流行病学调查研究显示，未来我国帕金森病患人数将从 2005 年的 199 万人上升到 2030 年的 500 万人，几乎占到全球帕金森病患人数的一半。随着帕金森疾病的发展，一方面会损害患者本身的日常活动；另一方面，也会带来巨大的社会和医疗负担。通过早期准确诊断可提前进行药物干预，有效降低帕金森疾病的发病率。该产品原材料廉价易得，制备条件简单温和，具有广阔的产业化生产和市场应用前景。

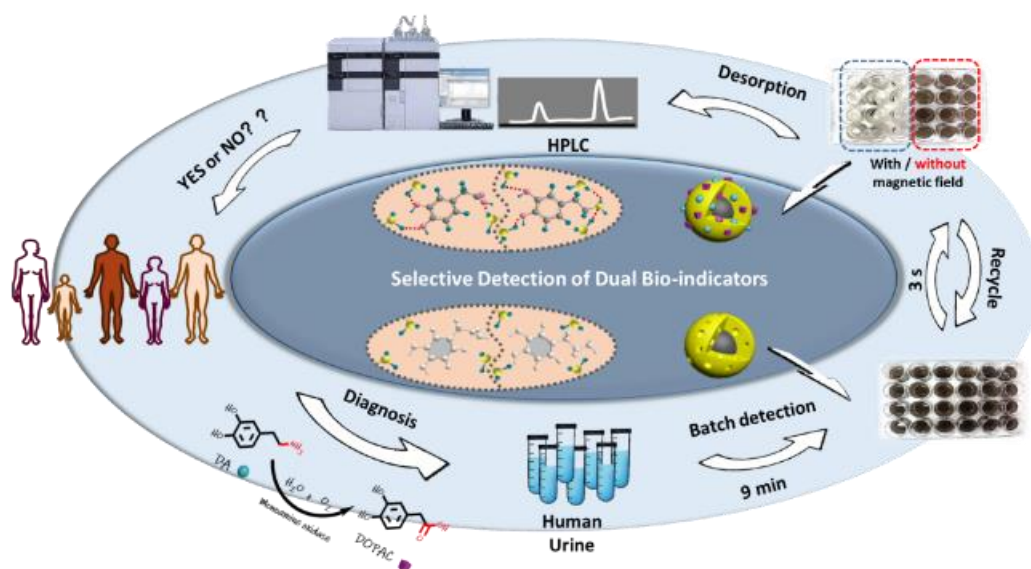
四、技术成熟度

☐ 概念验证 ☒ 原理样机 ☐ 工程样机 ☐ 中试 ☐ 产业化

五、合作方式

☐ 联合研发 ☐ 技术入股 ☐ 转让 ☐ 授权（许可） ☒ 面议

附图



15. 基于磁性纳米药物的前列腺癌局部去势治疗技术

【团队负责人】 高瑞霞

【所在学院】 化学学院

一、项目简介

前列腺癌是男性泌尿系统常见的恶性肿瘤之一，我国前列腺癌的发病率呈现明显持续增长趋势，前列腺癌已成为严重影响我国男性健康的泌尿系恶性肿瘤。由于前列腺是雄激素依赖性器官，前列腺癌的发生和发展与雄激素睾酮（Testosterone, TSTO）密切相关。去势治疗是一种局部晚期前列腺癌的新辅助治疗方法，通过降低或阻断雄激素对肿瘤的作用，抑制疾病发展进程。已有研究表明，全身性雄激素水平降低是阿尔茨海默病发展的危险因素之一，并具有诱发外周动脉和心血管相关疾病的潜在风险。因此，开发新型局部去势方法、实现选择性去除前列腺癌局部组织的 TSTO 对于增强治疗效果并降低全身副作用具有重要意义。

二、产品性能优势

分子印迹聚合物因其具有高选择性，也被称为“人工抗体”。本研究以功能化修饰的磁性纳米粒子为核，采用两步固定模板法和表面印迹策略，利用疏水相互作用、 $\pi-\pi$ 堆积和氢键等作用力构建对 TSTO 具有高亲和力、高选择性识别和摄取能力的磁性纳米药物（T/AO-MMIPs），用于前列腺癌组织的局部去势治疗。其中，功能化修饰的磁性纳米核可通过氢键和疏水基作用力初步固定 TSTO 分子。功能单体多巴胺通过 $\pi-\pi$ 堆积、氢键等相互作用进一步固定模板分子 TSTO，形成刚性结构良好的印迹层。T/AO-MMIPs 具有与 TSTO 在形状、大小和官能团等方面均高度互补的印迹孔穴，这对于选择性去除复杂生物组织中的 TSTO 分子具有重要作用。当 T/AO-MMIPs 通过高通透性和滞留效应被前列腺癌组织摄取后，可从复杂基质环境中选择性吸附结合 TSTO 分子，阻断 TSTO 与雄激素受体的结合并抑制雄激素受体核易位，进而达到抑制前列腺癌肿瘤增殖的目的。此磁性纳米药物通过被动靶向和特异性去除局部组织中 TSTO 实现局部去势治疗，降低了传统去势治疗可能出现的全身性副作用风险，为前列腺癌局部去势治疗提供了新技术。

三、市场前景及应用

前列腺癌是男性泌尿系统常见的恶性肿瘤之一，我国前列腺癌的发病率呈现明显持续增长趋势。此外，几乎所有全身范围雄激素剥夺治疗有效的患者在经过 18-24 个月的治疗后都会演变为去势抵抗性前列腺癌。去势抵抗性前列腺癌患者预后差，平均生存期不足两年，目前迫切需求有效的治疗药物。本项目开发的用于前列腺癌局部内分泌治疗的磁性纳米药物具有原材料廉价易得、制备条件简单温和、便于产业化生产等特点，产品市场需求大，应用前景广阔。

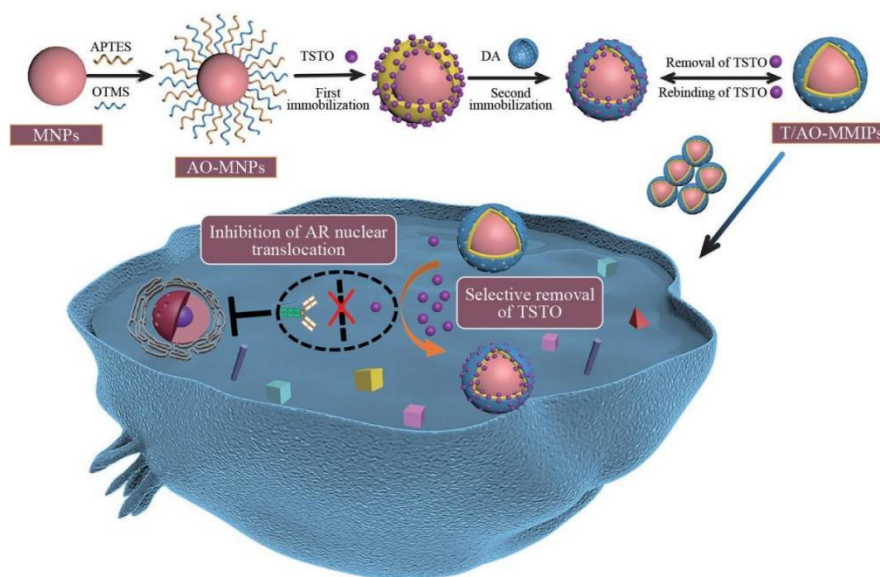
四、技术成熟度

☐ 概念验证 ☒ 原理样机 ☐ 工程样机 ☐ 中试 ☐ 产业化

五、合作方式

☐ 联合研发 ☐ 技术入股 ☐ 转让 ☐ 授权（许可） ☒ 面议

附图



16. 富硒酵母及其富硒食品饮料

【团队负责人】 杨水云

【所在学院】 生命科学与技术学院

一、项目简介

硒是维持人和动物生命活动和正常生理功能所必需的微量元素之一，具有抗癌，保护心肌等复杂的生理功能。缺硒时，机体免疫功能降低，易发生各种缺硒疾病。已知有40余种疾病与缺硒有关，常见的如克山病、大骨节病、高血压、缺血性心脏病、肝硬化、胰腺炎、纤维瘤、癌症、肌瘤、糖尿病、白内障等。由于抗肿瘤效果显著，被誉为“抗癌之王”。

我国72%面积是缺硒地区，人体普遍缺硒。目前医疗用的硒补充剂是亚硒酸盐，但亚硒酸盐不能通过饮食补硒，过量摄入会中毒。硒在人体和酵母细胞内的存在方式是有机硒，不会导致中毒。本项目提供硒酵母的生产和相关硒酵母食品的制造技术。富硒酵母是有机硒最好的补充剂之一，可以直接作为保健品，也可以作为饲料或食品添加剂。由于自然界生物富硒能力有限，现有富硒酵母生产成本较高。本技术筛选到一株高耐硒酵母，同时构建了一株人工酵母，均具有更高更强的有机硒转化能力，酵母总硒含量均优于国标。

二、产品性能优势

1. 天然酵母富硒量：700 $\mu\text{g/g}$
2. 人工酵母富硒量：1000-1200 $\mu\text{g/g}$

三、市场前景及应用

国家食品安全检测新标准（2013年6月1日实施）中，将原来作为重金属控制的硒元素检测取消了，专家解读此举是因为我国大部分地区是缺硒地区或者低硒地区，人们身体内是缺硒的。因此安全富硒食品的大面积上市只是时间问题。随着人们保健意识的加强，富硒食品将会成为家喻户晓的新概念。目前尚未见有类似产品上市。

创新：1) 将无机硒元素通过我们的专利酵母转化为对人体安全的有机硒形式，可以实现安全的食品补硒；2) 通过特殊的培养方法，大大提高了酵母细胞内的有机硒含量。
3) 可以添加于固体食品和饮料，开发大量富硒产品。

四、技术成熟度

☐ 概念验证 ☐ 原理样机 ☐ 工程样机 ☒ 中试 ☐ 产业化

目前酵母粉制作已达到工艺阶段，饮料添加实验正在小试。

五、合作方式

☐ 联合研发 ☐ 技术入股 ☒ 转让 ☐ 授权（许可） ☒ 面议

合作条件：企业必须具有或自行建设发酵厂房。

17. 解淀粉芽孢杆菌开发应用

【团队负责人】 韩蓓

【所在学院】 医学部

一、项目简介

解淀粉芽孢杆菌 *Bacillus amyloliquefaciens* C-1, 本实验是自行分离的专利菌株。该菌株高产 α -淀粉酶、蛋白酶、胞外多糖、脂肽、抑菌蛋白等活性物质, 是一株高活力的益生菌, 适用于工业化生产, 开发应用潜在价值大。其全基因组序列测序拼接注释完成。

C-1 的发酵及代谢产物功能研究

1. 预防和治疗新生犊牛腹泻

初生犊牛腹泻率高达 40%, 且断乳后一个月内易罹患肺部感染及严重的腹泻。72h 全发酵培养物对出生 24h 的犊牛连续预防性干预 2 周, 可降低 80% 的腹泻发生率。断乳前易发生腹泻的犊牛灌胃 1 次该菌发酵物, 12-24h 即可无血痢、有效缓解腹泻症状。

2. 调节免疫力、恢复菌群发育、促进僵牛生长

犊牛腹泻常规治疗的抗生素使用, 易发生细菌耐药性, 造成抗生素的体内蓄积, 产生潜在的食品安全隐患, 同时出现了一定比例的“僵牛(生长迟缓牛)”。在陕西某大型牧业公司的繁育基地选择自然产生的僵牛进行干预实验, 该菌发酵物连续干预 30 天可以有效的促进僵牛的生长(3 月龄以内僵牛体重增加率高达 37%; 3 月龄以上的僵牛饲料转化率约为 2.5, 图 1); 激活 1-2 月龄僵牛血清免疫因子; 有效提高机体蛋白质合成率、抗氧化能力, 并恢复肝功能; 且可有效调节肠道菌群的丰度和种类趋于正常。



图 1 某牛场进行的干预实验(左图为干预前的僵牛, 右图为正常牛)

表 1 C-1 发酵液干预生长迟缓动物的单只个体最大增重

月龄	干预前体重 (kg)	干预后体重 (kg)	体重增加率 (%)
2 月 5 天	44	67	52.3
3 月 7 天	94	135	43.6
3 月 17 天	78	107	37.2
5 月 8 天	59	86	45.8

僵牛选择标准：体重低于同年龄健康牛的 15%以上。

健康对照牛体重：1 月龄 $50 \pm 5\text{kg}$

2 月龄 $75 \pm 8\text{kg}$

3 月龄 $100 \pm 10\text{kg}$

4 月龄 $126 \pm 15\text{kg}$

5 月龄 $153 \pm 17\text{kg}$

6 月龄 $180 \pm 20\text{kg}$

3. 对蚊幼的毒杀作用

对淡色库蚊蚊幼（2-3 龄）的生物测定结果显示（图 2），全发酵液 48h 的 LC50 为 1.4ml/100ml，粗提脂肽 48h 的 LC50 为 1.3mg/100ml、LC90 为 2.4mg/100ml。

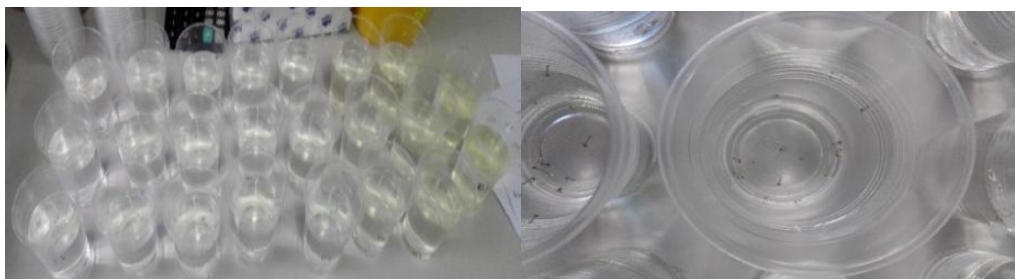


图 2 C-1 发酵液及粗提脂肽对淡色库蚊蚊幼（2-3 龄）的生物测定

4. 富含蛋白/脂肪的废水的净化处理

将 C-1 以常规转接量接种至屠宰车间的废水后通气培养，其生长迅速，48h 后废水臭味消失、澄清（图 3），将悬液涂片显微镜观察，视野中均匀分布 C-1 的营养体细胞。



图 3 C-1 在屠宰车间的废水中的培养。左右两个矿泉水瓶为不同环节的废水，1、2 号三角瓶分别是接种 C-1 培养 48h 后的废水。

二、市场前景及应用

1. 胞外多糖的抑制肿瘤作用

分离提纯胞外多糖，该多糖具有显著的体外、体内抗氧化活性及抑制肿瘤细胞增殖的活性，细菌多糖在治疗和/或抑制肿瘤或在肿瘤辅助诊断、预后中应用，解淀粉芽孢杆菌的基因重组或组合物及其抑制真菌、细菌、抗氧化作用等生物活性及其应用上，鲜有报道，该研究为探寻抗肿瘤药物提供新思路及新研究领域。

2. 胞外脂肽的抑菌作用

分离提纯胞外脂肽，其具有显著的抑菌（严格厌氧的抗生素相关腹泻致病菌艰难梭菌、金黄色葡萄球菌致病株、铅黄粪肠球菌致病株等）功能。相关抑菌机制正在动物模型及细胞水平进行研究中。该抗菌脂肽作为生物型抑菌剂，可用作兽药注射剂、免疫佐剂等生物制品、以及果蔬、食品、饲料等的天然添加剂、化妆品添加剂、保健食品原料等，具有良好的应用前景，并且适用于工业化生产，开发应用潜在价值大。

三、技术成熟度

☐概念验证 ☒原理样机（小试） ☐工程样机 ☐中试 ☐产业化

相关专利：

- 一种解淀粉芽孢杆菌胞外抗菌脂肽的提取方法及应用，专利号：ZL201410260574.2。
- 一株解淀粉芽孢杆菌菌株的胞外多糖代谢产物提取及应用，专利号：ZL201210268667.0。

- 一种产胞外多糖的菠萝泛菌及其多糖的提取和应用. 专利号: ZL201210235751.2。
- 一种球形芽孢杆菌胞外晶体蛋白制备方法及其应用. 专利号: ZL 201210312288.7。

四、合作方式

☒ 联合研发 ☐ 技术入股 ☒ 转让 ☐ 授权（许可） ☒ 面议

另外，本实验室还有多株自主知识产权的益生菌菌株：丁酸梭菌、干酪乳杆菌、粪肠球菌、屎肠球菌、耐久肠球菌等，有待开发。

18. 香菇生产废料综合利用及香菇多肽、多糖特色功能产品开发

【团队负责人】 孔宇

【所在学院】 生命科学与技术学院

一、项目简介

（一）项目背景

本项目源自实地调研河南省三门峡市卢氏县香菇加工企业实际技术需求，亦为植提行业的面临共性需求。

卢氏县属于河南省贫困地区，已列为香菇产业集群建设重点县，其香菇质量佳，年产量约 11 万吨，但生产过程中的香菇废料（主要为香菇柄）利用率极低，每年约产生 5000 吨，造成环境污染。如何处理、有效利用生产废料，并且开发功能香菇衍生产品，将有利于增收扶贫，也契合面向全民健康的社会需求。

目前国内香菇柄深加工企业相对较少，且存在产品单一、活性损失大等缺点，亟需关注和探索。项目即针对上述企业和地区的具体需求，以香菇柄的综合利用为抓手，结合学院特色，探索面向大健康的香菇相关功能产品的研发。

（二）项目情况

香菇又名香蕈、香菌。除食用外，亦可入药是食药两用菌。经项目组研究发现，其活性成分主要有香菇多肽、香菇多糖等。其中香菇多肽易于吸收、安全性高，有促进免疫功能恢复、促进核苷吸收及运转、调节肠道菌群等功能；亦有醒酒、护肝、促进矿物质在机体内的沉积等作用。香菇多糖则具有抗疲劳、抗肿瘤作用，还可改善机体代谢，增强机体对多种细菌、寄生虫、病毒性感染的免疫能力。

国内对香菇蛋白肽、香菇多糖的开发仍处于起步阶段，作为食品、药品以及新型天然化妆品功能性添加剂，香菇多肽、香菇多糖在食品、药品以及化妆品领域具有广阔的开发潜力。

（三）项目团队

本项目技术提供方为西安交通大学生命科学与技术学院孔宇教授、龙建纲教授团队。主要从事动植物中活性物质的分离、提取、纯化相关的理论、应用研究和基于线粒体的疾病发病机制和相关产品研发研究。项目技术负责人在理论方面，首次阐明了毛细管电

泳乙腈盐堆积技术的富集机理，并成功用于谷胱甘肽等活性多肽的在线富集；在应用方面，曾利用疏水色谱技术参与完成了科技部重点项目（基因工程表达人胰岛素原分离纯化）并成功转化。近年主持国家自然科学基金 1 项，教育部产学研项目 1 项，参与 973、国家自然科学基金 10 余项，在 Journal of chromatography A, Journal of separation science 等国际、国内期刊发表论文 20 余篇，获批专利 3 项。项目团队有成功研发转化产品（河南省三门峡）的经验，在功能食品研发方面有国际领先水平。

二、产品性能优势

本项目①以香菇生产废料-香菇柄为原料，基于实验室研究基础，利用超声-逆流提取，定向酶切，超滤膜分离、物化分离和色谱分离等技术，探索高效、同时批量生产香菇多肽、香菇多糖的技术工艺；②基于特色的线粒体生物医学研究平台，阐明活性成分的作用机制，提升产品的竞争力和附加值；③探索利用提取残渣制备膳食纤维的工艺；最终实现香菇柄的综合、高效利用。

1) 香菇柄中功能性成分的同时提取。目前针对香菇柄利用的报道较少，且存在单次分离只能提取一类物质，提取过程中活性损失大的缺点。本项目基于研究基础，实现香菇多糖、香菇多肽的同时利用，并且转化得到可利用的膳食纤维，降低产品成本。

2) 面对“大健康”需求的特色功能食品研发。团队所在平台在功能食品的作用机制研究方面有国际特色，在功能食品研发方面有丰富的经验，可支撑产品的高赋值和品牌的特色和竞争力。

三、市场前景及应用

该项目立足植提企业共性需求，拟开发综合利用香菇柄方法，研发香菇多肽、香菇多糖等相关的特色产品，可增值、带贫、同时解决环境等问题。产品原料丰富、成本低，市场空间较大，与医药健康领域契合。

四、技术成熟度

☐概念验证 ☒原理样机 ☐工程样机 ☐中试 ☐产业化

已实现实验室水平和小试水平香菇多肽、香菇多糖的同时提取纯化。完成了产品脱色技术研发；建立了香菇多糖、香菇多肽等生产中在线检测及实验室含量检测方法。产品健康相关功能研发、中试及植物纤维等综合利用需进一步推进。

五、合作方式

☐ 联合研发 ☐ 技术入股 ☐ 转让 ☐ 授权（许可） ☒ 面议

19. 基于超声深度学习的消融区域识别监测成像方法与系统

【团队负责人】 张思远

【所在学院】 生命科学与技术学院

一、项目简介

肿瘤热消融是一种通过某种方法将肿瘤组织加热至超过其耐热温度从而产生凝固性坏死以杀死癌细胞的原位治疗技术，随着现代医学影像技术的发展，微创或无创的热消融技术在临床治疗中得到了广泛地应用。目前，热消融治疗技术在临床应用的主要方法包括高强度聚焦超声、射频消融、激光消融和微波消融；高强度聚焦超声具有无创、高效、聚焦性能好等诸多优点，在临床上得到了愈来愈广泛的应用，主要应用于乳腺癌和前列腺癌等疾病的治疗；在激光治疗过程中，激光刀避免直接与组织接触，能够很大程度减少并发症，在宫颈糜烂、宫颈腺囊肿、宫颈外翻、宫颈息肉等妇科疾病等妇科疾病治疗中发挥着重要的价值；微波消融与射频消融类似，它不依赖于组织的导电特性，能够在短时间内在肿瘤中形成高温，从而产生热凝固杀死肿瘤细胞，随着治疗技术、医学影像技术及微波电极制造技术的发展，微波消融治疗技术被越来越多的应用于肝脏、肾脏、肺、甲状腺等脏器肿瘤的治疗过程中。

在确保热消融治疗有效性的同时，还需要防止并发症的发生，因此在消融肿瘤组织的同时需要尽量避免伤害周围的正常组织或器官；热消融治疗安全有效地应用于临床治疗依赖于治疗过程中的监控成像技术，现代医学影像技术在微波消融治疗的术前科学规划、治疗过程中实时监控及治疗后疗效评估中发挥至关重要的作用；目前，微波、射频消融临床治疗的监控成像通常采用常规的超声成像方式，超声图像主要反映组织的回波信号强度，热消融区域于高温产生大量的气泡，致使该区域超声回波增强，消融区域表现为强回声，而强回声会随着气泡的消散而消失；同时，在热消融过程中，并不是所有的热消融区域都会产生气泡，正常情况下，气泡所处区域比实际热损伤区域要小一些，因此，临床医师无法通过超声准确得到微波消融区域。此外，热消融结束后，热损伤区域的气泡消散，在超声图像上消融区域和正常组织区域之间的低对比度，使得在传统的超声图像上很难将热损伤检测出来。因此以传统的超声图像进行热消融的监控成像较难取得理想的效果。

二、产品性能优势

为了解决上述问题，项目团队设计了一种基于超声深度学习的热消融区域识别监测成像方法与系统，该方法以热消融过程中拍摄到的热损伤照片作为卷积神经网络的分类标签，考虑到深度学习自动提取特征与人工提取特征各自的优势，在以超声射频数据作为输入样本的同时，同时输入组织超声衰减系数以及组织 Nakagami 参量等人工提取的高级特征，三者共同用于卷积神经网络的训练，进而提高卷积神经网络对热消融区域识别的准确性，优势在于：

1、由于超声图像所包含的特征信息十分有限，而原始超声射频数据中则蕴含着反射、散射、衰减等声学参量信息，项目团队为了保证卷积神经网络能提取到足够的分类特征，以原始超声射频数据作为训练样本，提高热消融识别的准确性。

2、传统超声图像难以得到准确的热消融区域，为了得到更加准确的分类标签，通过对热消融照片和超声射频数据进行位置匹配，以照片中的热消融位置作为分类标签的黄金标准，提高热消融的准确性。

3、衰减系数、Nakagami 参量是表现组织特性的重要参数，通过人工特征提取的方式得到衰减系数以及 Nakagami 参量等超声参量，将这些人工提取到的特征和卷积神经网络自动提取到的特征共同用于热消融区域的识别，提高分类的准确性。

项目技术负责人张思远，西安交通大学生命科学与技术学院教授，博士生导师。历任生物医学信息工程教育部重点实验室副主任、陕西省生物医学工程重点实验室副主任、中国电子学会生物医学电子学分会副秘书长、陕西省生物医学工程学会副秘书长等。先后获得第七届“中国电子学会优秀科技工作者”，Elsevier 国际出版社 Ultrasonics Sonochemistry 期刊（中科院 I 区）颁发的“Outstanding Reviewer”。近年作为负责人先后承担国家重点研发计划项目课题、国家自然科学基金、教育部、陕西及浙江省、国防与横向项目等 30 余项，作为学术骨干承担国家 973 项目、国家重大仪器专项和国家自然科学基金重点项目等。相关工作在本领域国际刊物 IEEE Transactions on Medical Imaging, Ultrasonics Sonochemistry, IEEE Transactions on Biomedical Engineering, IEEE Journal of Biomedical and Health Informatics, JASA, UMB, JUM, Ultrasonics 等发表 SCI 等学术论文 50 余篇，授权国家发明专利 9 项、美国发明专利 1 项，参编出版国际上医学超声领域第一部生物医学空化研究英文专著 (Springer

出版社)、中文学术专著 1 部(获国家科学技术学术著作出版基金资助)、教材 1 部。参与完成科技成果鉴定与登记 1 项,该成果入选“2017 中国十大医学进展”。多次在本领域国际国内会议上做学术报告,获青年论文竞赛优秀论文奖。指导研究生先后获得 2019 年 IEEE IUS “Finalist of Best Student Paper Award” 并获 “Travel Support Award”, 2019 年 IEEE-UFFC-S Special-Topic School 科研竞赛 “Winner” 并获 “Travel Support Award”, 与法国国家医学研究所 (INSERM) 联合培养研究生。

三、市场前景及应用

目前,脉冲电场消融领域主要包括肿瘤消融市场及心脏电生理市场。本项目作为脉冲电场消融的配套技术市场有望同步增长。根据弗若斯特沙利文的资料,中国的癌症新发病例数由 2016 年的 410 万例增至 2020 年的 460 万例,且估计到 2030 年将达到 580 万例。国家癌症中心发布的数据显示,肺癌位居我国恶性肿瘤发病首位,其后是胃癌、结直肠癌、肝癌、乳腺癌、食管癌、甲状腺癌、子宫颈癌、脑癌、胰腺癌。此 10 类恶性肿瘤发病约占全部恶性肿瘤发病的 76.7%。

随着癌症患者人群的增长,肿瘤消融行业市场也同步扩容。公开资料显示,我国肿瘤消融行业市场规模已由 2014 年的 24.6 亿元增长至 2018 年的 36.3 亿元,年复合增长率 10.3%,预计 2023 年将达到 61.5 亿元。

另一方面,现阶段的肿瘤消融方式如射频消融、微波消融等,对于消融部位会有损伤,且难以消融肝癌、甲状腺癌、胰腺癌等靠近重要脏器或血管、神经的肿瘤。因此,脉冲电场技术有望凭借其微小损伤及可消融“肿瘤传统消融禁区”等优势,成为未来肿瘤消融的主流方式。

在心脏电生理市场,卫健委心律失常介入质控中心的数据显示:中国心律失常患者使用消融治疗的手术量从 2014 年的 10.1 万例增长到 2018 年的 15.2 万例,复合年增长率为 10.7%。预计到 2023 年,手术量将达到 33.6 万例,复合年增长率为 17.3%。

随着手术量的增长,我国心脏电生理行业市场规模也已从 2014 年的 11.3 亿元增长至 2018 年的 33.3 亿元,复合年增长率达到 30.9%,并预计到 2023 年,市场规模将达到 123.2 亿元。同时,应用脉冲电场技术的 PFA 也有望依托其消融时间短、治疗效果好、后遗症小等优势成为心脏消融的主流产品。

总的来看，基于脉冲电场的消融技术均有较大可能成为各细分领域的主流应用产品，而其中国市场规模合计将达 200 亿元。

四、技术成熟度

☒概念验证 ☐原理样机 ☐工程样机 ☐中试 ☐产业化

五、合作方式

☐联合研发 ☐技术入股 ☐转让 ☐授权（许可） ☒面议

20. 可降解磷酸钙骨水泥

【团队负责人】 郭大刚

【所在学院】 材料科学与工程学院

一、项目简介

骨水泥是一种用于骨科手术的医用材料。骨水泥主要有两大体系：生物相容性较差的 PMMA 骨水泥和生物相容性良好的磷酸钙骨水泥。PMMA 属于生物惰性材料，不能与宿主骨组织形成有机的化学界面结合，另外凝固聚合过程中产生热量、单体的细胞毒性作用、可操作时间有限等不足也限制了其临床应用。磷酸钙骨水泥由一种或几种磷酸钙盐粉末的混合物与调和用的液相发生水化反应，在生理条件下能自固化，如：在温度（37℃）、湿度（100%）条件下发生水化反应得到与人体骨组织相近的固化产物—羟基磷灰石，具有一定的可降解性和良好的生物相容性。但由于现阶段磷酸钙骨水泥存在降解率低、力学性能差等缺点，限制了其临床应用。本项目针对现有磷酸钙骨水泥降解率低、力学性能差等缺点，通过离子掺杂处理、引入增强相，并对骨水泥进行合理化的结构设计，从而提高磷酸钙骨水泥降解率，并增强其力学性能，以使其能够更好在临床得以应用。

二、关键技术

核心技术主要包括：

（1）通过离子掺杂/离子辐照，可提高骨水泥降解率至 73%，有效降低人体排异反应；

（2）通过陶瓷颗粒原位增强技术，可使骨水泥抗压能力达到 103MPa，接近人体骨组织性能；

（3）通过在骨水泥中合理引入可降解缝合线，有效提高骨水泥的韧性；

（4）团队通过采用增材制造技术，通过多孔骨支架设计，在提高力学性能的同时，也有利于引导自身骨组织生长；

（5）在骨水泥中进行三维网格设计，有效提高骨水泥的抗水性。

三、市场前景及应用

临床上，创伤性椎体爆裂骨折具有特殊的损伤机制，且通常发生在年轻人群，年轻人具有更强的骨重建能力，磷酸钙骨水泥可用于有效治疗这类骨折。同时，磷酸钙骨水泥也是良性骨肿瘤切除手术的有效骨替代物。骨水泥可在临床牙科、骨科发挥很大的作用，有望成为理想的骨骼系统药物载体以及骨替代材料。

2021 年全球骨水泥市场规模达到 94.64 亿元（人民币），中国骨水泥市场规模达到 24.29 亿元。报告预计到 2027 年全球骨水泥市场规模将达到 136.72 亿元，在预测期 2021-2027 年期间骨水泥市场年复合增长率预估为 6.19%。

四、技术成熟度

☐概念验证 ☐原理样机 ☒工程样机 ☐中试 ☐产业化

五、合作方式

☐联合研发 ☐技术入股 ☐转让 ☐授权（许可） ☒面议

四、安全应急与节能环保

1. 压缩机全生命周期管理系统

【团队负责人】 彭学院、贾晓晗

【所在学院】 能源与动力工程学院

一、项目简介

本项目提供压缩机全生命周期管理系统，建立模块化、集成化数据环境，面向于往复压缩机、隔膜压缩机，服务于石油化工、加氢站、储气库、船舶动力等行业主要包括：

设计规划阶段——压缩机整体方案设计，压缩机结构形式设计，核心部件材料遴选分析，启/停流程设计，安全控制策略设计等；

运行工作阶段——压缩机运行数据实时采集、远程动态展示，核心部件状态监测与故障诊断，监测诊断一体式/分体式硬件与软件系统开发；

检修维护阶段——零部件维修预警、寿命预测，可视化维修方案、维修模型、维修视频，压缩机及其辅助系统、零备件信息数字化管理平台。

二、产品性能优势

关键技术一：压缩机性能计算技术与选型设计技术

基于 Windows 平台，遵循结构化、模块化原则，采用 QT 框架、C++语言编制交互设计软件，可实现往复压缩机物性计算、热力计算、动力计算、设计校核复算、平衡计算、产品系列化自动匹配、多工况计算七项功能于一体，可实现往复压缩机机组设计计算、选型、零部件管理一体化功能。现阶段已授权发明专利 1 项，软件著作权 1 项。

关键技术二：压缩机状态监测与故障诊断技术及设备

针对压缩机核心零部件构建相应状态监测方案与故障诊断方法，包括：①集成气缸内热力过程特征和阀片声发射信号的诊断方法，基于气阀声发射信号获得气阀故障的特征参数和反映故障程度的量化指标，诊断不同类型气阀故障；②基于活塞杆应变重构 p - V 图方法的往复压缩机气阀无损故障诊断方法，基于活塞杆应变重构压力-容积图（ p - V 图）的无损监测方法，为传统侵入式方法破坏气缸完整性带来安全隐患的问题提供解决方案；③十字头销磨损、活塞杆松动的故障诊断方法，对不同程度十字头销磨损、活塞杆松动故障进行模拟试验，对比时频域分析研究十字头销磨损、活塞杆松动的故障机理、

声发射信号和振动信号特征，提取故障特征识别故障程度；④基于压缩机内油-气压力“伴随”关系，国内外首次提出了集成声发射与油-气压无损监测的隔膜压缩机状态监测新方法，进一步根据油-气压力“伴随”关系的失调追溯故障根源；⑤基于增量式编码器的往复压缩机轴系扭振测试方法，基于增量式编码器构建了往复式压缩机扭振测试系统，为传统方法在现场实际应用时难于实施提出解决方案；⑥压缩机气流脉动和振动模态分析技术，隔振结构设计、管路结构设计，提供机组振动测试、诊断以及改进方案。

本项关键技术现阶段已授权国内发明专利 4 项，申请国际专利 2 项、国内发明专利 10 项；应用于中海油海洋平台天然气压缩机；开发压缩机故障诊断仪，已在某加氢站压缩机调试中成功检测出气阀泄漏、膜片运动失效、活塞环磨损、溢油阀阀芯磨损等严重故障。

关键技术三：压缩机数据共享与健康管理平台

构建压缩机及其辅助系统、零备件信息数字化管理平台；构建压缩机热力-动力-应力-寿命分析模块，集成监测数据评价机组运行状态；基于故障诊断技术，建立机组现场监测数据与健康/故障状态信息实时共享平台，打破机组现场与远程管理者之间的技术壁垒；实现压缩机核心部件维修预警、寿命预测，交互 GUI 界面集成可视化压缩机维修维保手册、指导视频、三维模型；压缩机全生命周期管理，显著提高运维效率和管理水平。

本项关键技术应用于新疆呼图壁储气库和北京某加氢站，建立往复压缩机全生命周期管理平台和隔膜压缩机健康管理系统。

三、市场前景及应用

往复压缩机由于效率高，制造技术成熟，排气压力高且对于气体组分波动具有较好的适应性，成为应用最为广泛的压缩机。往复式压缩机的应用领域主要集中在石油炼化、煤化工、化肥等基础国民经济领域，以及清洁能源、节能环保等新兴经济市场。随着我国国民经济领域的持续稳定发展，以及天然气、汽柴油油品升级、火驱采油、多晶硅化工、工业尾气分离等清洁能源、节能环保等新兴市场的迅速崛起，工艺用往复式压缩机的市场需求量将保持稳步增长的态势。

隔膜压缩机因密封性好、压缩氢气不被污染、能实现数百兆帕压力等突出优点，被普遍用于加氢站氢气的高压压缩。加氢站是支撑燃料电池汽车产业发展必不可少的基石，

也是氢能产业商业化发展的突破口。氢燃料电池汽车能否快速投入市场且被大众所接纳,建设和发展便捷、安全、低成本加氢站起到重要作用。截至 2018 年底,全球在运营加氢站共 369 座,我国建成在运营的加氢站共计 23 座,在建 40 余座,根据中国制造 2025 对燃料电池汽车产业发展的规划,2025 年的目标是实现加氢站等配套基础设施的完善。预计 2025 年后国内燃料电池汽车产业将进入快速发展阶段,到 2030 年国内燃料电池汽车年销量规模可达百万以上,配套加氢站数量将在 4500 座以上,未来 10 年我国加氢站的建设将进入快速发展期。

四、技术成熟度

☐概念验证 ☐原理样机 ☒工程样机 ☐中试 ☒产业化

五、合作方式

面议

2. 高温高压微通道换热器技术

【团队负责人】 王秋旺

【所在学院】 能源与动力工程学院

一、项目简介

本项目提供用于液化天然气、氢气冷却器、超临界二氧化碳系统、压水堆、高温气冷堆等高温和高压领域所需要的高温高压微通道换热器的热力设计、强度设计、流动传热数值模拟、应力变形数值模拟、结构优化以及装置加工等服务，本项目所研制的高温高压微通道换热器的换热通道直径为 0.5-2.5mm，最高承受温度 900℃，最高承受压力 90MPa，是一种非常高效紧凑且能承受高温高压的换热器，尤其适用于航空、航天、航海等受限空间应用领域。

二、产品性能优势

本项目采用微通道传热技术、光化学蚀刻工艺和扩散焊工艺，兼顾了高效传热与耐高温耐高压性能，可以解决目前市场常见换热器的一些问题：

（1）大幅度减小换热器的体积和重量。本项目采用换热通道直径仅为 0.5-2.5mm，其体积和重量只有传统耐高温和耐高压管壳式换热器的体积和重量的 1/5-1/10。

（2）大幅度减小换热器的承压和承温能力。传统高效紧凑的板翅式换热器的最高工作温度一般不大于 650℃，最高工作压力一般不大于 8MPa，而本项目的换热器最高承受温度 900℃，最高承受压力 90MPa。

三、市场前景及应用

高温高压微通道换热器在液化天然气、氢气冷却器、超临界二氧化碳系统、压水堆、高温气冷堆等高温和高压领域具有很好的应用前景，在液化天然气等领域完全依赖于进口，超临界二氧化碳系统、压水堆、高温气冷堆等特种领域受到国外产品的技术封锁。本项目仅在 2019-2020 年已获得来自于企业 1000 余万的订单需求，本项目产品价格估算仅为英国 Heatric 公司产品的 60%-70%，可实现进口替代，填补国内市场空白，尤其是可以满足国防装备领域的需求。

四、技术成熟度

☐ 概念验证 ☒ 原理样机 ☐ 工程样机 ☐ 中试 ☐ 产业化

五、合作方式

☐ 联合研发 ☐ 技术入股 ☐ 转让 ☐ 授权（许可） ☒ 面议

附图

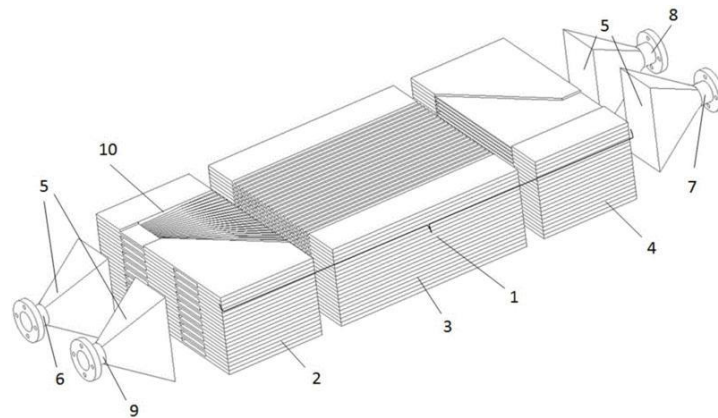


图 1 双侧蚀刻高温高压印刷电路板换热器

3. 光-电-气互补生物质/城市生活垃圾循环流化床气化制化工原料技术

【团队负责人】 周强

【所在学院】 化学工程与技术学院

一、项目简介

本团队将同时利用模拟和实验的研究手段，从反应器设计到实验实现全程进行设计。本团队利用固定床反应器通过改变生物质、生活垃圾及混合生物质-生活垃圾的热解温度、升温速率和停留时间得到最佳热解成焦条件；通过改变气化温度及水蒸气流量得到最佳气化条件。并尝试通过改变上述工艺条件得到热值最高、对应费托合成目标化学产品的 H:C 比或最高氢气产量的产品气。通过固定床反应器参数计算出所需太阳能、电能或合成气燃烧所需热量，用于设计热态循环流化床反应器。建立冷态循环流化床，通过调控气体流量、颗粒粒径及流化床直径等参数，得到适宜的气速和颗粒停留时间，同时利用 MFiX、Fluent 等流体模拟软件模拟计算循环流化床中颗粒的传热传质等特性。利用冷态循环流化床参数、流体模拟计算软件计算参数及固定床反应器参数搭建热态循环流化床反应器进行实验。

二、产品性能优势

该项目实现了利用生物质、生活垃圾进行气化得到能源及化工原料的效果，整个系统可以用于工业大规模生产。主要关键技术如下：

1. 该系统将光-电-气互补耦合至循环流化床上，通过太阳能这种可再生能源弥补能耗过大的问题，且可以利用燃烧产品气和电加热解决太阳能不稳定的问题。

2. 生物质热解产生的生物质半焦由于其具有多孔结构，有利于吸附焦油，且本身含有碱金属及碱土金属，可作为焦油催化裂解的催化剂，因此可利用生物质热解形成的生物制半焦增加产品气产量，减少焦油含量，此外生物质热解过程在循环流化床下段发生，利用了上段流化床床料的余热，增加了整体的能量利用率。

3. 本课题组在气固两相模拟这一领域已经进行了深入的研究，因此可以利用介尺度气固两相数值模拟为优化反应器结构提供参考。

三、市场前景及应用

1、新一代生物质-生活垃圾气化发电技术

中国是一个农业大国，生物质资源十分丰富，各种农作物每年产生秸秆 6 亿多吨，其中可以作为能源使用的约 4 亿吨，全国林木总生物量约 190 亿吨，可获得量为 9 亿吨，可作为能源利用的总量约为 3 亿吨。同时，发展生物质发电，实施煤炭替代，可显著减少二氧化碳和二氧化硫排放，产生巨大的环境效益。利用该技术，通过调节工艺条件得到热值较高的产品气，进入蒸汽轮机燃烧发电，燃烧后二氧化碳排放属于自然界的碳循环，不形成污染。

2、新一代生物质-生活垃圾气化制化工原料技术

以甲醇为例，甲醇是基本有机原料之一，用于制造氯甲烷、甲胺和硫酸二甲酯等多种有机产品。也是农药（杀虫剂、杀螨剂）、医药（磺胺类、合霉素等）的原料，合成对苯二甲酸二甲酯、甲基丙烯酸甲酯和丙烯酸甲酯的原料之一。利用该技术，通过调节工艺条件得到符合合成甲醇的 $H:C=2.1$ 左右的产品气，直接通过下游工厂合成甲醇，无需中间进行人工配氢，大大节省合成成本。

3、新一代生物质-生活垃圾气化制氢技术

氢在地球上主要以化合态的形式出现，是宇宙中分布最广泛的物质，它构成了宇宙质量的 75%，是二次能源。氢能在 21 世纪有可能在世界能源舞台上成为一种举足轻重的能源，氢的制取、储存、运输、应用技术也将成为 21 世纪备受关注的焦点。氢具有燃烧热值高的特点，是汽油的 3 倍，酒精的 3.9 倍，焦炭的 4.5 倍。氢燃烧的产物是水，是世界上最干净的能源。资源丰富，可持续发展。利用该技术，通过调节工艺条件得到氢气含量较高的产品气，之后通过分离工艺得到纯氢气。

四、技术成熟度

☐ 概念验证 ☒ 原理样机 ☐ 工程样机 ☐ 中试 ☐ 产业化

五、合作方式

☐ 联合研发 ☐ 技术入股 ☐ 转让 ☐ 授权（许可） ☒ 面议

4. 新型高效的二氧化碳捕集工艺及装备

【团队负责人】 余云松

【所在学院】 化学工程与技术学院

一、项目简介

2020年9月，习近平主席在第75届联合国大会上向世界宣布了中国将力争在2030年前实现碳达峰、2060年前实现碳中和的目标。因此，实现高能耗行业碳中和是降低中国碳排放的关键。开展集中排放源的CO₂高效捕集技术研究，能强力助推“双碳目标”早日实现。

CO₂捕集方法众多，以醇胺溶液为吸收剂的化学吸收法具有吸收容量大、稳定性好、吸收速率高、溶剂成本低等特点，被认为是目前发展最为成熟、最接近工业应用的方法之一。但是，该方法能耗高（3-5 GJ/t CO₂），致使CO₂捕集成本高（约300元/t CO₂），从而成为制约该技术大规模工业应用的瓶颈。

针对以上问题，本团队创新性的提出了热-光-电多能捕集CO₂，开发了3代高效吸收剂（混合吸收剂、非水溶剂等），以及热电共驱反应器、喷雾塔等高效捕集装备，形成了非水溶剂捕集CO₂、热电协同捕集CO₂、太阳能直接捕集CO₂等新工艺，实现了专利转化2件，成功应用于能源化工行业，取得了显著经济和社会效益。获得的研究成果为集中点源高效、低成本CO₂捕集技术的工业应用提供了重要的科学依据和技术支撑。

二、产品性能优势

传统化学吸收法CO₂捕集技术由于其能耗高（3-5GJ/t），导致投资运行成本较高（约300元/吨CO₂），目前不具备大规模工业推广应用条件。

本技术有望针对传统化学吸收法高能耗的不足，实现高效低成本的碳捕集技术推广应用（能耗2.1GJ/t以内），捕集成本可控制在150元/吨CO₂以下，捕集率90%以上。

三、市场前景及应用

在碳中和大背景下，针对电厂、化工厂、水泥厂等大规模CO₂集中排放源的CO₂捕集研究志在必行，现有CO₂捕集技术虽然技术成熟可行，但是其能耗较高，经济性较差，难以实现大规模工业推广应用。

本技术有望实现高效、低成本的 CO_2 捕集，还有望与 CO_2 利用技术相结合，从而实现经济效益。该技术可用于电厂、化工厂、水泥厂等大规模 CO_2 集中排放源，市场容量具大。

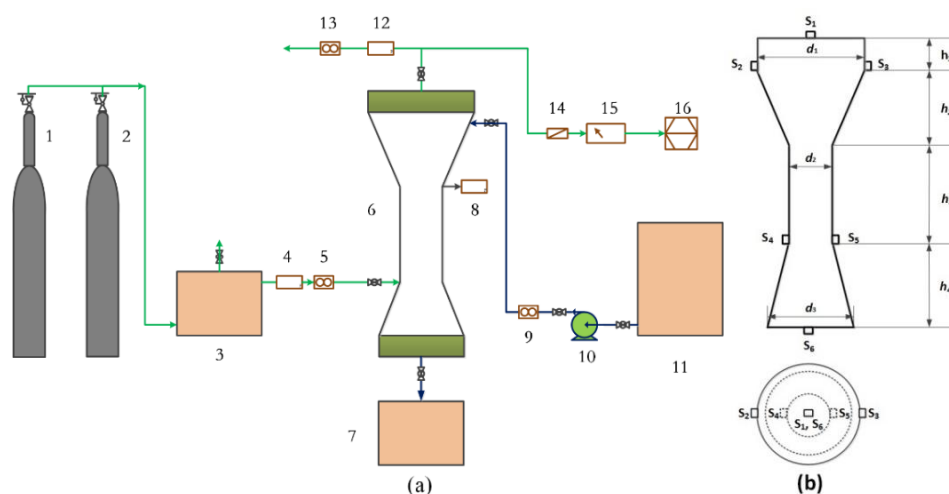
四、技术成熟度

☐ 概念验证 ☒ 原理样机 ☐ 工程样机 ☐ 中试 ☐ 产业化

五、合作方式

☐ 联合研发 ☐ 技术入股 ☐ 转让 ☐ 授权（许可） ☒ 面议

附图



(a) 系统流程图

(b) 变截面喷雾塔结构

图 1 变截面喷雾塔喷雾捕集 CO_2 系统

5. 环境友好型生物基绝热阻燃复合泡沫关键制造技术与产品

【团队负责人】 刘茂昌

【所在学院】 能源与动力工程学院

一、项目简介

本项目提供一种基于生物质纳米纤维材料的新型生物基复合泡沫的关键制造技术，并开发出具有隔热、保温、阻燃特征的生物基纳米纤维/聚合物复合泡沫。从木材、农作物秸秆等生物质资源中提取高结晶度、高长径比生物基纤维素纳米纤维，与壳聚糖等生物聚合物基体物质协同整合，构筑孔道定向排列的复合泡沫。复合泡沫具有弹性、抗冲击、隔热、保温、阻燃等特征，对包裹于其内部的物品起到多角度的“保护”作用。

二、产品性能优势

该项目使用冰模板结合冷冻干燥技术，可解决现有生物基复合泡沫孔道不能有序排列等问题，项目开发过程中涉及的关键技术包括：

1. 生物质材料的高效纳米纤维丝化解离技术

木材等生物质材料中包涵纤维素纳米纤维丝与半纤维素、木质素等基体物质，这些生物聚合物在木材细胞壁中形成了极其复杂的多层级相互作用，给纤维素纳米纤维丝的高效解离带来较大的挑战。关键技术在于在保证纳米纤维丝的天然结构性能不受影响的情况下，如何将纳米纤维丝高效的从木质细胞壁中分离出来。拟通过化学预处理结合高强度机械解纤策略开展相关研究工作。

2. 冰模板诱导纳米纤维-基体物质有序定向组装

将高长径比的生物质纳米纤维素与壳聚糖等基体物质复合，各组分在混合系统中会充分混合并相关扩散。如果要借助冰模板诱导实现各组分间的定向组装，需要在冷冻干燥的过程中产生定向排列的冰晶。其中关键技术在于如何在冷冻时控制冰晶的生长速度以及生长方向。拟通过从不同侧面放置冷源的策略调控冰晶的生长。在实现冰晶定向增长的基础上，借助冷冻干燥方法制备复合泡沫。

3. 复合泡沫多组分间的协同作用与多功能集成整合

为了提升复合泡沫的综合性能,需要将多种前驱体复合并借助冷冻干燥方法构筑复合泡沫。如何充分发挥各个组分的结构与性能优势以及组分间的协同作用,实现力学性能、热学性能、阻燃性能等多种功能在生物基复合泡沫上的有效集成整合,是本项目研究的关键所在。需要在充分了解各个构筑单元特征的基础上,充分利用前期搅拌混合、定向冷冻及冷冻干燥过程中衍生的组分间的相互作用,以提升所得复合泡沫的综合性能与功能。

4. 保证生物降解性与生物相容性

开发生物基材料的一个主要原因就在于生物质资源可再生、储量丰富且具有生物相容性与生物降解性。为此,在开发满足相关力学性能、热性能等需求的生物基复合泡沫的基础上,要保证复合泡沫仍然具有良好的生物相容性,并且可以生物降解。研究的关键在于引入环境友好的构筑单元以及加工技术,确保研究本身以及所开发复合泡沫在整个生命周期内的环境友好性。

三、市场前景及应用

随着物流的日渐普及,快递用包装材料行业迅速兴起。世界每年包装销售额为 5000-6000 亿美元左右,包装公司多达 10 万多家,从业人员超过 500 万人。然而,限塑令的执行,使得市场对环保型高性能包装材料有着非常大的需求。同时,在一些特殊情况下,如食品、药品、化学品的运输,以及在高温及寒冷地区的物品供应,又对包装材料的力学性能、保温性能、阻燃性能等提出了更高的要求。目前,我国应用于物流的包装型泡沫材料仍以塑料为主,可再生、环保型泡沫材料有着极其大的市场需求,市场空间、前景及潜在利润值巨大。本项目研发的生物基复合泡沫在性能上有望满足甚至超过行业标准要求的各项指标,具有非常大的市场开发前景。本项目产品价格估算为市场上商用产品的 200%-300%,但是在生物相容性、生物降解性、保温性能等方面优于商用产品,可在许多特殊需求领域得到应用。通过项目开发,可以进一步提升产品的批量化生产技术并降低成本,增加产品进入市场并获得竞争力的可行性。

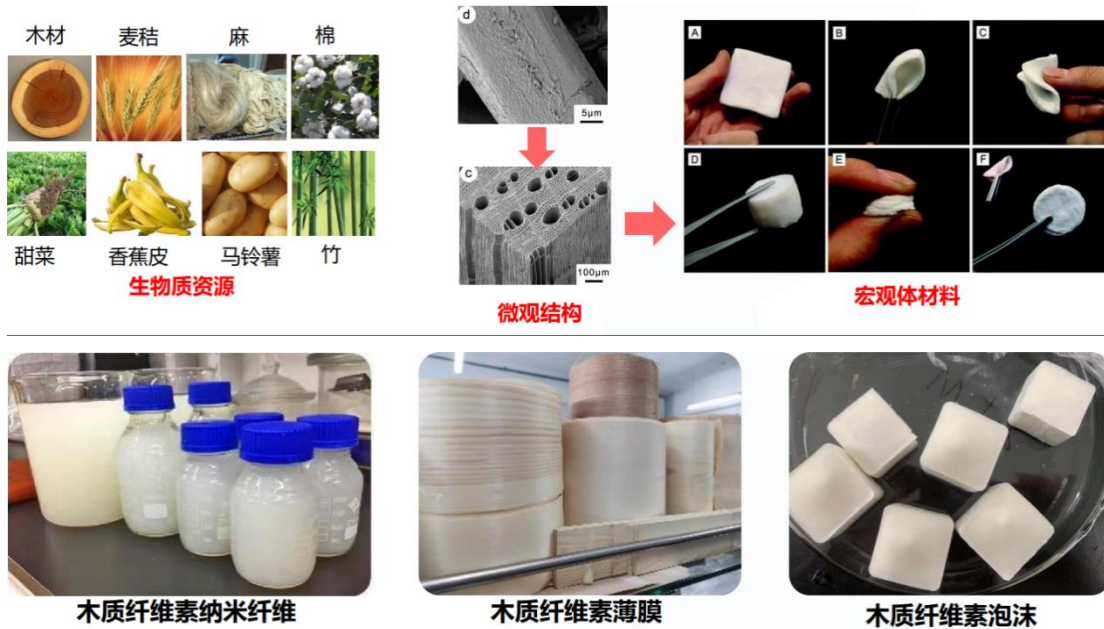
四、技术成熟度

☐概念验证 ☐原理样机 ☐工程样机 ☒中试 ☒产业化

五、合作方式

☐联合研发 ☐技术入股 ☐转让 ☐授权（许可） ☒面议

附图



6. 特种冷凝式燃气锅炉及冷凝式换热器设计技术

【团队负责人】 赵钦新

【所在学院】 能源与动力工程学院

一、项目简介

特种冷凝式燃气锅炉是主要指铝硅镁、不锈钢和铜合金制成的商用燃气采暖炉。其技术核心是配置低氮燃烧器根据室内和环境温度实现供热量动态调整，并将其排烟温度降低到水露点温度以下约 45℃，回收烟气潜热，热效率可达 97%~109%，其体积仅为钢制锅炉 1/6；若与热泵实现气电耦合供热，热效率可恒达 110%；实现燃气系统深度动态节能减排。本技术有相关技术专利，具有独立知识产权。

二、技术成熟度

☐ 实验室阶段 ☒ 工程化阶段 ☐ 产业化阶段

所有碳钢制造的冷凝式燃气锅炉都属假冷凝，因为其材料无法承受冷凝水腐蚀，其热效率最高可达 97%。目前铸铝硅镁、挤压铝硅镁、挤压不锈钢生产工艺都是成熟的制造工艺，可实现批量生产。

三、合作方式

☐ 联合研发 ☐ 技术入股 ☐ 转让 ☐ 授权（许可） ☒ 面议

目前，天然气是增速最快的能源，本技术设计完成后 2~4 个月时间内可出成品，是未来替代钢制燃气锅炉的主要技术。

需要企业具有燃气热水器、壁挂炉、燃气锅炉生产经验。

7. 液化天然气 (LNG) 冷量利用技术

【团队负责人】 厉彦忠、蒲亮

【所在学院】 能源与动力工程学院

一、项目简介

天然气作为三大能源之一,近年来越来越多地得到国内外的青睐。而天然气液化之后,其体积骤缩约 $1/625$,对储存和运输都有巨大的优势。而用户在使用天然气时,LNG 又需要气化后使用。液化天然气 (LNG) 的常压贮存温度为 111K (-162°C),其气化并复温到常温 300K (27°C 左右)的过程将释放大量的冷能,约为 883 kJ/kg 。这部分冷能的回收利用对提高 LNG 使用效率、节省能源消耗具有重大意义。

目前,液化天然气的冷能利用可应用于多种场合和领域,如在温差发电、空气分离、冷冻冷藏和制取干冰等领域。除了低温利用之外,按照冷能梯级利用的原则,LNG 从气化点到常温,其冷量按照梯级回收利用分别可以应用于低温速冻库 (-60°C)、低温冷冻库 (-35°C)、高温冷冻库 (-18°C) 以及果蔬预冷库和中央空调系统 ($0^{\circ}\text{C} \sim 10^{\circ}\text{C}$) 温区。

西安交通大学制冷低温研究所 LNG 冷能利用研究团队在该领域的研究处于国内领先地位,具有良好的研究基础和成果。目前,团队主要在以下方面拥有重要的理论支撑和关键的应用技术。

(1) 用于液化天然气汽车 (LNG) 冷藏冷冻车 (冷链) 或车厢空调技术;

使用天然气作为燃料的汽车分为 CNG (压缩天然气) 汽车和 LNG (液化天然气) 汽车,后者因其单位体积容量大,能够为汽车提供更长距离的动力、安全可靠而逐渐被汽车市场所接受。

(2) LNG 冷能用于空气分离装置流程。

可以为空气分离过程提供低温冷源,为系统输入大量高品质低温冷能,从而降低空分流程的能耗,达到节能增效的目的。

二、已取得的研究成果

本课题所研究的 LNG 冷能回收利用技术，已申请发明专利多项，在冷冻冷藏车进行了模拟实验，冷量完全可以达到要求，同时对冷藏车蓄冷技术、箱内温度场等方面进行了一系列的研究，实现了 LNG 冷能的高效回收利用。

三、发展计划

本课题组将在 LNG 冷能回收方面进一步开展试验研究、理论基础研究以及更为重要的应用研究。以期早日使该技术成功应用于汽车空调、冷冻冷藏车以及大型空分流程中。

- (1) 完善 LNG 冷藏车冷量回收系统;
- (2) 研究冷藏车蓄冷技术;
- (3) 改进车厢空调利用 LNG 冷量技术;
- (4) 争取在空分行业应用和推广 LNG 冷能回收技术。

8. 氢离子浓差热电池

【团队负责人】 陈元振

【所在学院】 材料科学与工程学院

一、项目简介

我国工业领域余热利用空间很大，工业废水、废气蕴含着大量余热，如何利用这些浪费的热能，近年来受到广泛关注。目前的余热回收主要为高温余热，中低温余热难以提取或利用效率低。

目前在中低温余热应用方面，主要采用换热技术来生产热水和蒸汽，用作其他生产工艺应用或生活用热使用，缺点是只能作为热能使用，无法灵活配置。

此外，也有使用余热回收发电，包括有机朗肯循环（ORC）和热电材料转换。有机朗肯循环在 50-200℃ 的热效率为 5-10%，基础设施的价格比较昂贵。热电材料的转化效率较低（<8%），使用温度高，通常高于 300℃，且需要用昂贵的半导体材料；而在 200℃ 以下，其热电转化效率较低（0.1-1%），在此温度下基本没有应用价值。

本项目提供一种利用余热发电的氢离子热电池及其电极制备技术，可以将中低温废弃余热（50 到 200℃）直接转化为电能。主要的技术原理是：氢离子热电池在热的驱动下产生电流，氢气经阳极流场板进入阳极催化层被氧化为氢离子，释放出的电子通过外电路到达复合有阴极催化剂的阴极电极；氢离子通过质子交换膜迁移到阴极催化层并与外电路流入的电子结合，又被还原为氢气，电子在外电路移动的过程中收获了电流。这一过程中不需要外部供电，不需要高温或高压，通过废气的中低温余热产生电流；氢气不产生化学反应，可以持续再利用。

二、产品性能优势

在我国碳达峰和碳中和时间轴制定背景下，如何提高低品质热的利用率对节能减排意义重大。在此背景下，本项目发明了一种热电转换氢离子浓差热电池。它采用燃料电池结构，以氢气为媒质，利用两极间的氢浓度差和废热高温环境，在不消耗氢气的情况下实现热电转化，170℃ 时转化效率达到 13.72%，远高于热电材料和有机朗肯器件的转换效率。该成果将为低品质热能的回收利用开辟一条崭新的道路，具有巨大的市场价值。

本项目关键技术优势为整套热电池系统开发,通过设计合理的余热气体流场与氢循环路径,在临界面上布置经过改性工艺的 PBI 质子交换膜,基于质子交换膜两边的氢浓度差,通过高效催化剂分别在阴、阳极发生还原和氧化反应实现电子得失,从而产生可输出使用的电流。热电池系统需要针对具体回收的余热废气成分、温度等数据,有针对性进行系统性设计,电池的结构设计、高效催化剂研制、以及质子交换膜的改性处理工艺等都对电池性能影响较大。

氢离子浓差热电池属于清洁能源,与其它余热回收设备相比,结构形式简单,体积更小,能直接产生可用电力,可为企业或工厂能源配置提供更多选择,在余热回收领域具有更强的竞争力。

三、市场前景及应用

数据显示,我国有 50% 左右的工业能耗没有被利用,余热资源平均回收利用率只有 30% 左右,即 2018 年回收利用资源总量最低为 2.36 亿吨标准煤,最高为 9.29 亿吨标准煤,平均为 5.54 亿吨标准煤。

目前国外发达国家余热资源平均回收利用率基本达到 40%-60%。随着国家政策对余热回收利用的鼓励和支持,以及余热回收利用技术和效率的不断提高,如果未来我国余热回收利用率达到 60%,则可回收利用的余热资源高达 4.71-18.57 亿吨标准煤,平均达到 11.09 亿吨标准煤,节能潜力十分巨大。

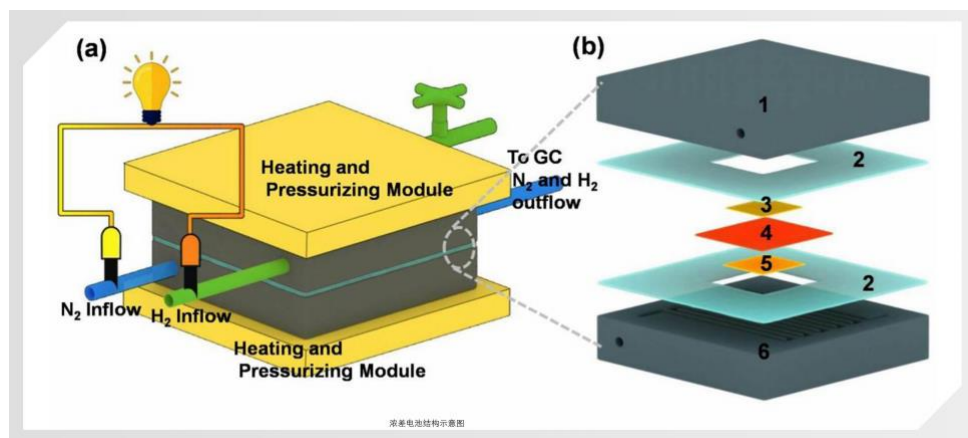
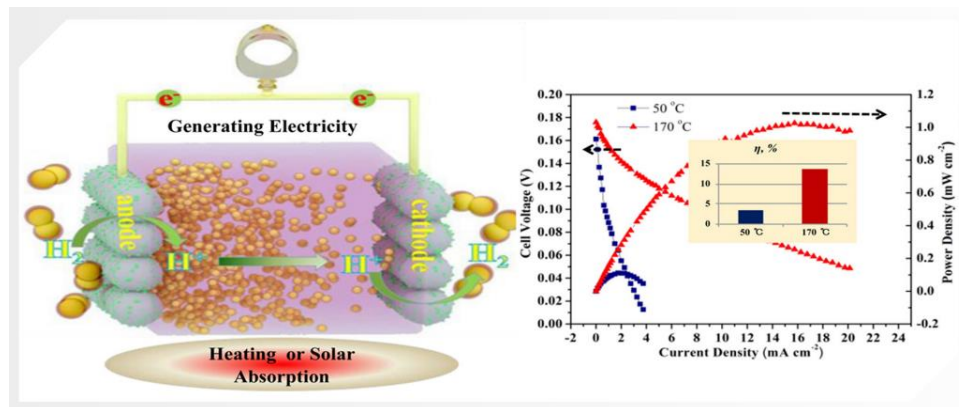
四、技术成熟度

☐ 概念验证 ☒ 原理样机 ☐ 工程样机 ☐ 中试 ☐ 产业化

五、合作方式

☐ 联合研发 ☐ 技术入股 ☐ 转让 ☐ 授权(许可) ☒ 面议

附图



9. 发酵废液/废渣微生物电化学产氢的工艺与装备

【团队负责人】 郭坤

【所在学院】 化学工程与技术学院

一、项目简介

2015 年我国实施了史上最严的环境保护法，对企业污染排放做出严格规定，对违法排污企业惩罚力度大大加强。食品和药品发酵企业的废水/废渣的资源化利用是降低企业运行成本的有效途径。发酵废水/废渣由于其有机质含量高、可生化处理性好和成分相对稳定的特点，非常适用于微生物电化学产氢气。

微生物电化学产氢所用到的装置称作微生物电解池。该装置被质子交换膜分隔成一个阳极室和阴极室。在阳极室，生长在电极表面的微生物能够降解有机物生成二氧化碳、质子和电子。质子和电子分别通过质子交换膜和外电路到达阴极，两者在一定的电压（ $>0.2\text{ V}$ ）作用下在阴极生成氢气。整个装置可以实现污水中有机物的去除，同时回收氢气。

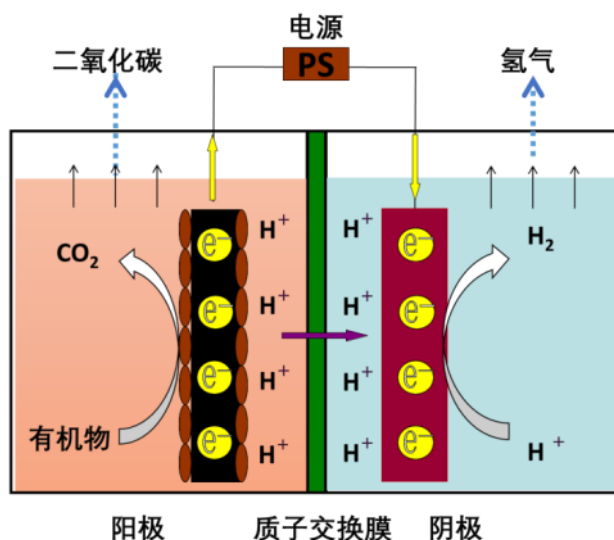


图 1 微生物电解池原理示意图

二、技术优势

项目分为两期执行，一期主要从事发酵废水/废渣的微生物电化学产氢的研究，目的是处理有机物并回收氢气。二期主要从事一期出水的深度处理，建立完整的物理化学处理工艺，以实现经微生物电化学处理后的废水的达标排放。

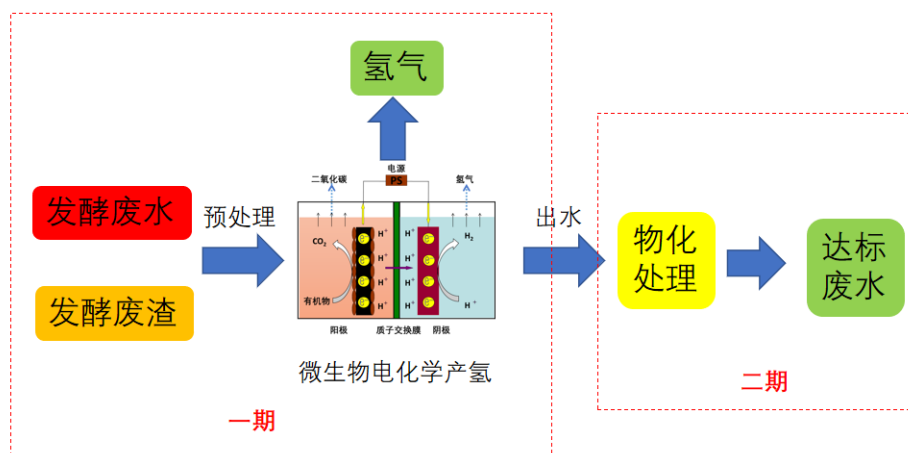


图2 本项目的工艺路线图

微生物电化学产氢的优势：

(1) 底物广泛：相对于发酵产氢，微生物电解池的底物不仅局限于可发酵的糖类物质，还包括蛋白质、脂类，甚至是发酵废水和各种有机废水。

(2) 转化率高：可以将底物完全转化成二氧化碳和氢气，例如 1mol 的葡萄糖理论可生成 12 mol 的氢气，而发酵制氢最大值为 4 mol。

(3) 所需外电压小：MEC 制氢所需的理论最小电压只有 0.12 V，这远远小于电解水制氢气所需要的理论最小电压 1.23 V。

(4) 反应速率可控：相对于传统厌氧污水技术如厌氧消解产甲烷和发酵产氢，微生物电解池可以通过外电路来调控反应器的运行。

(5) 产氢纯度高：厌氧发酵产氢产生的是氢气和二氧化碳的混合气体，而微生物电解池由于质子交换膜的存在，阴极产生的是高纯度 (>95%) 的氢气。

三、技术成熟度

☒ 概念验证 ☐ 原理样机 ☒ 工程样机 ☐ 中试 ☐ 产业化

四、合作方式

☒ 联合研发 ☐ 技术入股 ☐ 转让 ☐ 授权（许可） ☐ 面议

10. 重金属废水高效处理回收及发电技术

【团队负责人】 王云海

【所在学院】 能源与动力工程学院

一、项目简介

贵重金属废水来源广泛，同时贵重金属往往具有较强的毒害作用，会造成严重的环境污染问题。传统的处理含重金属废水技术主要使用化学中和沉淀法或者化学还原法等，使重金属沉淀出来并回收或者当作工业废渣丢弃。目前这种废水处理耗能大，投资高，收益低。针对这些问题，本方案提出用一个创新型的电化学池处理此类废水，使贵重金属还原成金属单质或低价态低毒性物质，同时系统还能高效发电以弥补工艺过程的电耗。

二、技术优势

本发明方案能使重金属废水在同一个电化学池内处理，不会产生额外的泥渣，设备简单，操作方便，固定投资小，金属回收方便环保，同时系统还能产生电能，设备简单投资小，操作方便安全。

相比于传统的重金属废水处理技术具有明显的技术和成本优势，较容易产生较高的经济效益。近期有报道采用微生物燃料电池技术处理此类废水并发电，但此类技术中，阳极微生物的活性受周边环境温度和溶解氧浓度等影响较大，通常需要 20-30 摄氏度，同时微生物阳极决定了该技术输出电能的功率偏低，本发明的输出功率密度较微生物燃料电池技术提高近百倍，同时体系受温度影响较小。

三、市场前景及应用

该技术可用于诸如矿山开采、有色冶炼、印刷电路板、电镀等行业的贵重金属的废水回收处理，处理不会额外产生泥渣，而且还能产生电能用以弥补整个体系的能耗。技术具有良好的社会效益，符合国家节能减排的政策趋势，针对金属冶炼、加工等行业具有广阔的市场前景。同时该技术运行过程不需要消耗电能，运行费用低，同时能从废水中回收具有较高价值的贵重金属，具有良好的投资回报前景。

四、技术成熟度

☐ 概念验证 ☒ 小试 ☒ 中试 ☐ 产业化

本技术具有完全自主知识产权，并已经申请了多件国内外专利及授权(申请号：PCT/CN2012/078809; 201110213677.X; 201210178847.X)。

五、合作方式

☒ 联合研发 ☐ 技术入股 ☐ 转让 ☐ 授权(许可) ☐ 面议

本技术计划和相关企业合作，开发模型设备，在贵重金属冶炼加工行业开展应用示范，进而开发出成熟能工业化应用的技术和设备。

11. 智能化供水实时精准投药系统

【团队负责人】 任海军

【所在学院】 数学与统计学院

一、项目简介

在自来水制水工艺中, 混凝剂的投放量直接影响到出水水质和制水成本, 传统的投药方法存在“基于人工经验, 药剂投放量不准确”、“受水温水质等因素影响, 投药量要实时调整”、“水厂分布范围广, 边缘设备异构缺乏统一管理”等诸多问题, 使得制水成本过高, 水质稳定性差。

为了解决自来水制水过程中药剂投放面临的问题, 依托“边云协同”技术, 借助出水浊度的精准实时预测模型, 利用自动化投药设备, 实现了实时精准添制水投药, 降低添药成本, 保证水质稳定。

二、市场前景及应用

- **应用场景:** 在已经具备自动投药基础的自来水厂和污水处理厂都能通过本技术实现混凝剂的精准添加, 降低企业生产成本。
- **经济效益:** 通过已实施案例测算, 对于日制水 20 万吨的水厂, 通过该技术能够节约 30% 的混凝剂添加, 为企业一年节省生产成本 450 万元。
- **社会效益:** 通过对水质监控数据的实时分析, 能够确保水质的稳定, 降低供水安全风险; 方案所利用的边云协同技术除了能提升企业的智能化水平外, 还能确保添药控制的安全性。

三、技术成熟度

☒概念验证 ☐原理样机 ☐工程样机 ☐中试 ☐产业化

四、合作方式

☐联合研发 ☐技术入股 ☐转让 ☐授权(许可) ☒面议

附图

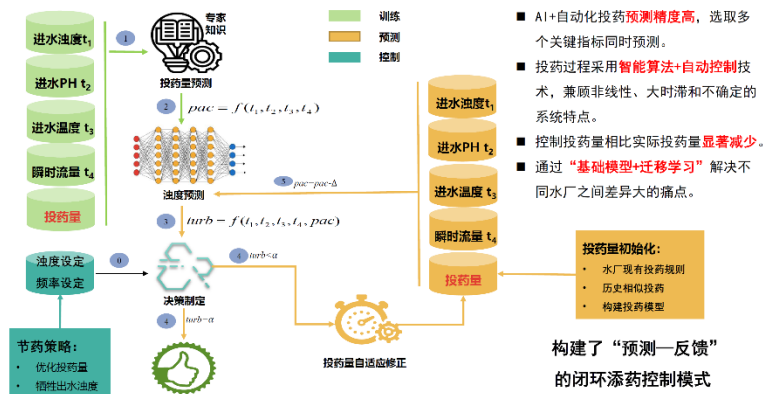


图 1 技术方案架构图

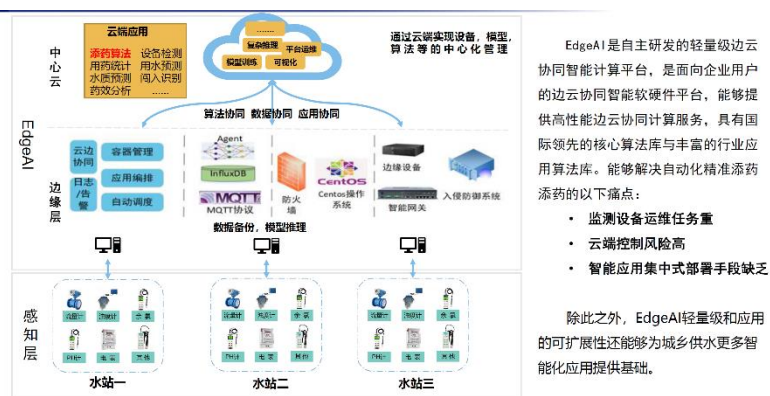


图 2 技术方案工艺流程图

12. 便携式环境原水净水装置

【团队负责人】 顾兆林、张博翔

【所在学院】 人居环境与建筑工程学院

一、项目简介

本项目理念来自于全球水资源匮乏的现状。虽然国内外已有众多家庭式净水器产品问世，但是无法随身携带于野外使用。对于个人随身型净水装置，瑞典一位企业家麦克·韦斯特·弗兰德森（Mikkel Vestergaard Frandsen）发明了生命吸管（Lifestraw）。这款吸管式的滤水产品，声称可去除水中 99 % 的细菌病毒。它不仅荣获“INDEX: Award”丹麦设计大奖，也被 CNN、BCC 等诸多国外媒体评为“本世纪最佳发明之一”。《纽约时报》更以“挽救无数人性命的发明”来褒奖此发明的卓越贡献。虽然 Lifestraw 这样的净水装置对目前水资源匮乏的现状而言，是一项不可多得的发明，但其仍存在致命的缺点（1）不能过滤水中汞等一些重金属；（2）设计一体化。然而，即便该产品有此二大缺点，产品一经问世，仍引起广泛关注。

针对目前的市场空缺，本团队拟采用嫁接式设计，攻克液体残留造成的损害问题并让其适用于不同环境原水，同时开发 MOF（有机金属框架）或改质粘土矿物并对其造粒等新材料来攻克重金属污染问题所造成的过滤、吸附、移除等技术难点。另一方面，环境原水中存在着不利于人体健康的细菌和病毒，自主研发灭菌和抗病毒等复合材料或滤膜，也是产品开发的重要工作。经过反复试验，最终在最佳灭菌、抗病毒情况下，择优材料。总之，本项目主要藉由本团队开发的新材料，攻克汞等一些重金属无法过滤的难点，自主开发复合材料。通过嫁接式设计，改良产品因受污染而整根抛弃的缺点，制造以国内专利和技术应用出产的生命吸管。

二、产品性能优势

本产品的技术路线如图所示，首先根据要去除的目标污染物针对性的选择吸附剂，再通过嫁接、改性等手段提高吸附原材料的稳定性和吸附量，最后将其按照一定的配比装入管状吸附装置，完成装配后获得便携式环境原水净水装置。

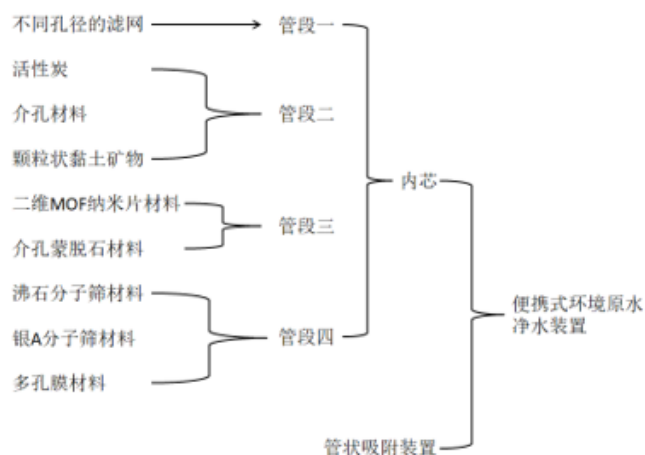


图 1 便携式环境原水净水装置的技术路线

净水原理：反冲洗保护管段、有机和无机污染物过滤管段、重金属离子过滤管段、细菌病毒过滤管段。

核心技术：3 段拼接式管状结构外型、多级孔网络结构海绵、滤芯复合材料、复合多孔 MOF 固态材料

本产品优势：（1）通过合理的分段设计，各管段装配不同的净化材料，能够同时对颗粒物、有机微污染物、重金属和细菌起到过滤去除的作用；（2）可拆卸式设计，根据使用情况更换替芯，避免造成资源浪费，可以有效延长净水装置整体的使用寿命，节约成本。

三、市场前景及应用

本产品有以下三个创新点：

a 合理级配：该产品具有 4 个过滤管段，管段吸附材料科学级配，通过层层过滤，能够将环境原水中的细菌，病毒，重金属离子以及大颗粒杂质在很大程度上去除，达到饮用水的标准，将该净水装置插入溪水、河水、水库水、湖水等未经处理的环境水体中，用嘴巴自吸式顺畅的吸取，便可达到净水的作用，能够满足军队士兵在野外没有干净水源的条件下的饮水需求，很好的解决了士兵在野外由于水分不足而导致脱水的严重问题，具有很强的实用性。

b 可拆分式结构：该项目产品的有机和无机污染物过滤管段 2 为可替换式设计，即采用可拆卸连接的方式与其他管段进行连接，即由有机和无机污染物过滤管段 2 可去

除水体中大部分的有机和无机污染物，并且只需单独更换本段即可，不需整根抛弃，避免造成浪费，有利于延长净水装置整体的使用寿命。

c 外观设计：在外观设计上，我们的产品在借鉴普通吸管设计方案的基础上，大胆创新，改进了易堵塞，压差大等实际问题，在提升产品实用性的前提下兼具流畅的外观设计，成为本产品的特点之一。

国外市场分析：瑞典企业家麦克·韦斯特·弗兰德森（Mikkel Vestergaard Frandsen）发明生命吸管（Lifestraw），这款吸管式的滤水产品带有七种过滤器，一只可净化 1000 升饮用水。荣获“INDEX: Award”丹麦设计大奖，也被 CNN、BCC 等诸多国外媒体评为“本世纪最佳发明之一”，《纽约时报》更以“挽救无数人性命的发明”来说明此发明的卓越贡献。麦克在纽约接受上奇广告（Saatchi & Saatchi）的世界贡献奖项时，称生命吸管可去除水中 99.9999% 的细菌、99.999% 的病毒及 99.9% 的寄生虫，“在全球的发展中国家中，每日约有 6000 人因为饮用污染水腹泻而死亡，解决此问题刻不容缓”。而美国卡纳基梅隆大学毕业的博士 Theresa Dankovich 发明的纳米银过滤纸获得了金智奖，一张纳米银过滤纸可过滤约 100 升饮用水。麦克的生命吸管（Lifestraw）存在着难以过滤汞等有毒重金属，难以过滤肝炎病毒的技术难点，此外该款生命吸管为一体化设计，若管段中的某一段受到污染，则需将整根净水管进行抛弃。无形中产生了巨大的浪费问题。

国内市场分析：据调查显示个人便携式净水装饰的销售情况逐年上升，随着国家水污染防治工作的逐步推进，居民对于水质安全问题逐渐重视且安全饮水意识也开始深入，此外，我国居民的消费能力越来越强，再加上国家出台促进绿色消费的政策都共同推进了净水器行业的快速发展。目前军队普遍仍使用军用水壶，实际面临战争时，人（士兵）可以数十天少量或不进食下也不会致命，倘若后勤水源补给不足，又野外虽然普遍有湖、溪、河水但无干净水源下，士兵生饮便会发生腹泻严重时致命。该产品将致力于解决士兵野外作战后勤水源补给不足，无干净水源的问题。将现代化科技深入融入国防领域，为我国的国防事业贡献力量。现在民用市场上的个人净水装置仅仅停留在通过物理作用滤除藻类、虫类、泥沙等悬浮颗粒物，但是对重金属离子、有机微污染物等对人体健康有较大负面影响的污染物去除效果较差。

本产品的市场定位：军用为主，民用为辅。军用方向主要服务各大野战部队，单兵作战部队以及海军部队，由此以后可推广到全国野外工作人员以及个人。民用方向主要服务户外活动爱好者。

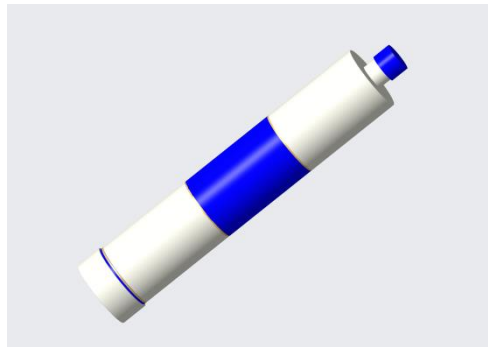
四、技术成熟度

☐概念验证 ☒原理样机 ☐工程样机 ☐中试 ☐产业化

五、合作方式

☐联合研发 ☒技术入股 ☐转让 ☐授权（许可） ☒面议

附图



产品样机图

13. 硝态氮废水高效处理技术

【团队负责人】 高瑞霞

【所在学院】 化学学院

一、项目简介

据报道，中国有 50%的城市地下水受到不同程度的污染，这主要是因为工业污水随意排放、氮肥等化肥的滥用、大气氮氧化物沉降、生活废水及粪便渗入等生产活动将大量的硝态氮化合物排入环境水中，对水环境造成了极大污染。硝态氮主要是指硝酸根离子，其被人体摄入后会对人体健康造成危害，如诱发胰腺癌、糖尿病、阿兹海默症、蓝婴症等，因此有效地检测和去除环境水中的硝酸盐至关重要。

目前去除环境水中硝酸根的方法有化学还原法、反渗透法、电渗析法、生物固氮法等，其中生物固氮法由于适用范围广和操作简便等优点被广泛应用，但其难以将污水中硝酸根浓度降低至国际卫生组织的标准（10 mg/L）以下。基于此，本技术开创性地制备了聚氨酯高分子复合凝胶-印迹吸附剂（PCN-MIPs），通过特异性的空间结构、静电相互作用、物理吸附等作用高选择性吸附去除环境水中的硝酸根。PCN-MIPs 具有高选择性吸附、快速分离、可重复使用的优点，可实现对污水中硝酸根离子的高效去除与再利用，进一步降低水体中硝酸根离子的浓度，达到世界卫生组织对水中硝酸根含量的标准。PCN-MIPs 在一体化分散式污水处理设施——净化槽、乡镇企业废水处理、市政污水处理厂项目中均展现出了广阔的应用前景。该项目符合国家重大需求，能有效解决国家环境水中硝酸根去除问题中的难点和痛点，具有划时代意义。

二、产品性能优势

以聚氨酯高分子复合凝胶（PCN）为载体，硝酸根为模板分子，廉价易得的带正电材料为功能单体制备得到聚氨酯水凝胶硝酸根分子印迹聚合物，实现了对污水中硝酸根的高效选择性吸附和分离。该材料廉价易得，易于工业化生产，对硝酸根不仅具有较高的吸附量（ $Q=13.35\text{ mg/g}$ ）、优异的选择性（ $IF=3.1$ ），还展现出良好的重复利用

性，有效解决了难以将污水中硝酸根浓度降低至国际卫生组织标准以下的难题。



图 1. PCN、PCN-NIPs 和 PCN-MIPs 的实物图

三、市场前景及应用

PCN 因具有比表面积大、孔道结构多、亲水性好、处理能力强、使用寿命长以及剩余污泥少等特点而被广泛应用于多项地市级污水处理项目。PCN 和印迹技术的结合极大提高了材料选择性吸附性能，可进一步降低水体中硝酸根离子的浓度，达到世界卫生组织对水中硝酸根含量的标准，在乡镇企业废水处理、市政污水处理厂等中展现出良好的应用前景。

四、技术成熟度

☐概念验证 ☒原理样机 ☐工程样机 ☐中试 ☐产业化

五、合作方式

☐联合研发 ☐技术入股 ☐转让 ☐授权（许可） ☒面议

附图



图 2 农村污水处理项目应用现场

14. 二噁英重金属近零排放的生活垃圾气化及飞灰熔融技术

【团队负责人】 王树众

【所在学院】 能源与动力工程学院

一、项目简介

我国每年城市生活垃圾清运量超过 2 亿吨，且每年增长约 8%-10%，到 2020 年预计可达 2.5 亿吨，中国城市生活垃圾无害化处理能力逐年提高，官方数据显示 2016 年中城市生活垃圾无害化率已超过 90%，但我国农村部分，无害化率仅为 60%。垃圾处理面临占用土地、资源浪费、环境污染等问题。当前我国城市垃圾处理仍然以填埋为主，但以焚烧技术为代表的能源化利用技术增长很快。该技术伴随着设备投资高、产生强致癌剧毒物质、重金属污染、工艺优化不足等缺陷，急需探寻其他方法。该项技术利用气化熔融技术原理，对垃圾进行减容减量处理，处理后体积减小 90%以上，大大降低填埋场的压力。气化熔融技术真正做到垃圾的无害化处理，可以做到二噁英、重金属污染物的超低排放，环保性能大大优于目前的垃圾焚烧技术，消除公众抵触情绪，易于推广。

二、技术创新性和领先性

1. 针对我国垃圾特点：高含水率、成分复杂、热值较低。
2. 有机结合垃圾前处理技术：挤压脱水、筛分、分选。
3. 充分利用气化熔融过程中产生的余热、余气、余渣，保证处理过程的经济性。
4. 通过系统工艺优化及多种环保技术相结合，保证处理过程的环境友好。
5. 二噁英排放值 $<0.05-0.005\text{ng-TEQ/Nm}^3$ ，大大低于新国标 0.1 ngTEQ/Nm^3 重金属熔渣重金属浸出率。
6. 熔渣重金属浸出率各项指标在国家标准的 1/10 以内。
7. 硫、氯、氮等污染物排放均达到国家标准。

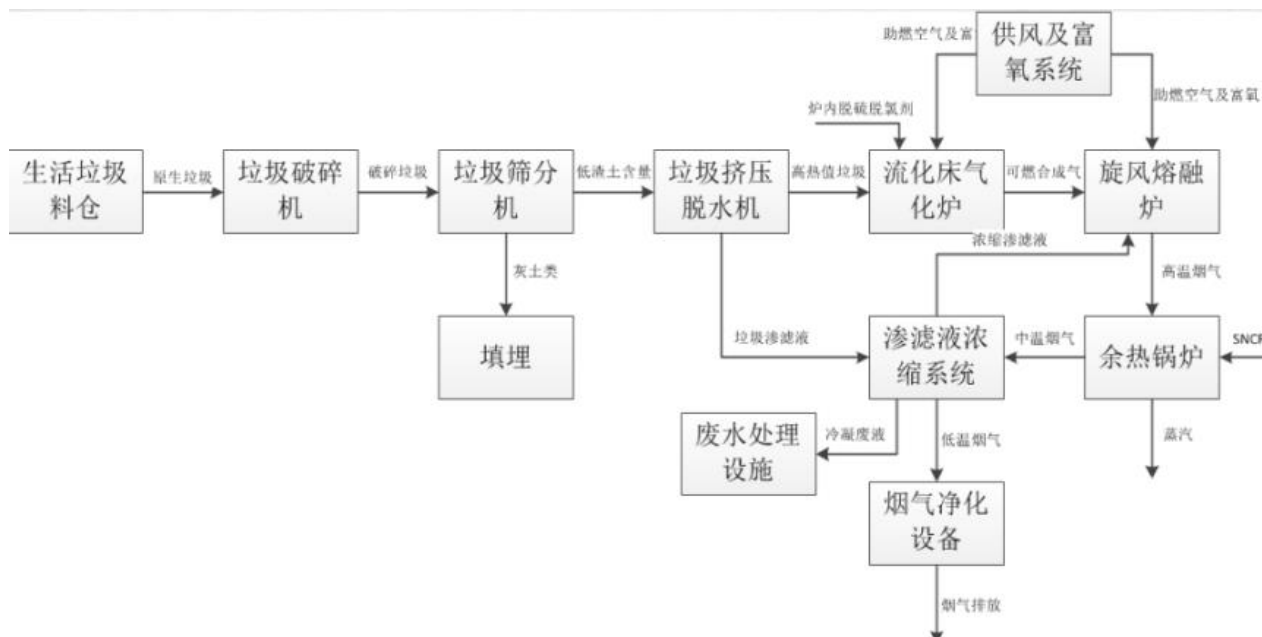


图 1 气化熔融技术

三、市场前景及应用

“十三五”期间我国环保总投资将达到 17 万亿以上，固废处理行业投资将达 4 万亿元。根据统计年鉴推算：2018 年，全国产生城市垃圾约 2.3 亿吨；逐年增长速度 4%-5%，以处理规模为 100t/d 的垃圾处理设施为例，垃圾气化熔融装置需求至少在 2000 套以上。全国 668 座大中城市，2856 个县级单位，假设平均每个城市需要 2 个垃圾处理设施，平均每个县城需 0.5 个垃圾处理设施，除去全国已有垃圾处理设施 627 个，则垃圾处理设施还需 2000 套以上。

假设垃圾处理成本约 180 元，处理补贴约 120 元，每吨垃圾的发电量约 550 千瓦时/吨，电价约为 0.65 元/千瓦时，装置年运行 330 天，则日处理量 100 吨的垃圾气化及飞灰熔融项目可获得年收益约 968 万元，约 4 年可收回投资成本，现有垃圾焚烧项目的投资回收期普遍在 8~10 年。而随着装置规模的增大，发电效率和吨单位投资成本会进一步下降，可进一步缩短投资回收期。

四、技术成熟度

☐概念验证 ☐原理样机 ☒工程样机 ☐中试 ☐产业化

本研发团队针对我国生活垃圾资源化利用领域的一系列技术瓶颈问题展开攻关，形成了多项具有自主知识产权的关键技术，目前在本领域已经获得国家发明专利授权 19 项，国际发明专利授权 2 项。

本团队基于城市生活垃圾流化床气化的实验研究成果，针对我国垃圾特点，自主研发了 12t/d，50t/d 的生活垃圾气化及飞灰熔融技术一体化工艺方案。

五、合作方式

☐ 联合研发 ☐ 技术入股 ☐ 转让 ☐ 授权（许可） ☒ 面议

15. 基于新型 MOF 材料的煤层气提浓技术

【团队负责人】 杨庆远

【所在学院】 化学工程与技术学院

一、项目简介

本项目针对煤层气开采中对高效 CH₄/N₂ 分离材料的重大技术需求, 提供一种基于新型 MOF 材料的变压吸附提浓煤层气技术, 包括用于 CH₄/N₂ 分离的新型 MOF 材料、移动撬块化煤层气提浓装置。基于高性能 MOF 吸附材料的变压吸附技术有望突破现有的技术瓶颈, 能大大提高煤层气这种矿产资源的开采效率。可以生产纯度大于 85% 的甲烷, 煤层气中甲烷的回收率大于 90%。与常规变压吸附提纯煤层气技术相比, 该技术可以缩短吸附-解吸附周期, 单位体积吸附剂的处理量提高 2-4 倍, 吸附剂装填量减少 25-30%。另外, 由于低浓度煤层气具有规模小, 分布分散, 供气不稳的特点, 基于高性能吸附剂的撬块化提浓装置特别适合于低浓度煤层气开采, 是未来的主要趋势。

二、产品性能优势

该项目的核心是高性能 MOF 吸附分离材料的设计与制备, 以新型 MOF 材料为吸附剂, 结合变压吸附技术, 实现低浓度煤层气中甲烷的高效回收与利用, 可解决目前煤层气开采行业中存在的一些问题:

1. 大幅提高甲烷的纯度和回收率。常规变压吸附技术提浓后的甲烷纯度一般在 40-60%, 回收率在 50-70%。基于高性能 MOF 吸附剂的变压吸附技术, 提浓后甲烷纯度可达 85%, 甲烷回收率大于 90%
2. 大幅提升 PSA 分离装置的处理能力。传统吸附剂 CH₄/N₂ 的分离比在 3-6 之间, 而高性能 MOF 材料的 CH₄/N₂ 的分离比可达 12。MOF 材料具有超大的比表面积, 同样的装填量下, MOF 材料吸附甲烷的量是传统吸附剂的 2-3 倍。基于 MOF 材料的 PSA 装置分离 CH₄/N₂ 的能力大幅提高, 并可以使分离装置小型化。
3. 有效提升煤层气的开采效率。根据我国矿井分布的特点, 基于新型 MOF 材料的移动撬装式变压吸附装置, 可以有效提高煤层气开发与利用的效率, 非常适合在煤矿行业应用。

三、市场前景及应用

目前，全国共有煤层气探井 4900 余口，直井开发井 15000 余口，2018 年我国煤层气产量 72.6 亿立方米，并且以每年 7% 的速度增长，我国探明可开采煤层气资源大于 40000 亿立方米，该项目具有广阔的应用前景。该项目产业化后，可面向国内几个煤层气产业聚集地（沁水盆地、鄂尔多斯盆地东缘、川南-黔北）布局推广。多个省份的煤层气全产业链条产值已超过 800 亿元。

目前基于高性能 MOF 吸附剂的变压吸附技术和提浓装置暂未出现，本项目产品有望填补国内市场空白。

四、技术成熟度

☐概念验证 ☒原理样机 ☐工程样机 ☐中试 ☐产业化

五、合作方式

☐联合研发 ☐技术入股 ☐转让 ☐授权（许可）☒面议

16. 煤基碳点用于油田示踪剂的制备技术及其产业化

【团队负责人】 相昌盛

【所在学院】 材料科学与工程学院

一、项目简介

在石油开采的过程中，油田示踪剂的使用是必不可少的，其原理是从注入井注入示踪剂，然后按一定的取样规律在周围产出井取样，对样品进行分析，从而反映注水开发过程中油井的连通情况，掌握注入水的推进方向，驱替速度，波及面积以及储层非均质性和剩余油饱和度分布等，从而指导油井开采的设计和油田开发后期的调整。目前，主流的示踪剂受限于其自身的物理化学性质，使其在实际使用操作中具有一定的缺陷，如放射性同位素类示踪剂对环境、人身安全具有较大威胁；苯甲酸类示踪剂检测周期为 1-2 天，效率较低；荧光染料类示踪剂具有高温降解、易被吸附分解的特点，导致其用量增加、检测结果不可靠等问题。

本项目提供一种通过化学工艺从煤炭中提取高附加值的碳量子点材料（碳点）并用于油田示踪剂的制备技术，包括前期煤炭的选材、碳点的合成以及油田示踪剂的制备与性能调控。以煤炭作为原料，成本低廉，该工艺的物料可以在适当处理后进行循环、深度利用，制备过程不产生有毒有害物质。此外，碳点具有稳定的荧光特性，较于其它类型示踪剂，可以实现实时检测，快速获得油气层连通性、油气储量等重要油井信息。得益于碳点稳定的物化特性，可将其使用温度扩展到 400℃ 的油井，高于同类油田示踪剂产品，具有经济、环保、安全、高效等特点。

二、产品性能优势

安全系数高。测试发现碳点本身没有明显的细胞毒性，与传统的苯甲酸、荧光染料类示踪剂相比，对土壤、地下水无污染，对环境、人员更加友好。

稳定性高。测试发现第二代碳点在 400℃ 下仍保持稳定的发光效率，较 Fluorensic™ 产品的使用温度提高了 100℃。与苯甲酸类和荧光染料相比，温度优势更加明显。因此本产品拓展了油田示踪剂的温度窗口，尤其适用于深井、超深井等高温条件下的信息采集工作。

检测周期短。苯甲酸类示踪剂检测需结合色谱、质谱等检测结果进行分析，一般周期为 1-2 天。碳点与荧光染料类产品相似，利用其发光特性可通过便携式荧光光谱仪对取出液进行现场、实时检测，1-2 小时即可获取有效信息，大大缩短检测时间，提高油井测试效率。在实际应用中可节约测井时间，降低操作成本。

产品价格低。首先本项目通过机器学习手段辅助选取优质煤源，节省了选材工艺中的人力、时间成本；其次，制备技术与第一代技术相比，更加绿色、环保，降低后处理成本并提高了产量。以 1 吨无烟煤为例，碳点产率为 15-20% 左右。

三、市场前景及应用

据不完全统计，2020 年我国石油年产量为 16327.21 万吨，其中 80% 以上采用水驱采油方式开采。单井单次注水大约需要投放 100-200 千克示踪剂。国际权威数据提供商 IHS Markit 在 2019 年的数据预测表明，到 2050 年石油、天然气在全球能源供给方面的占比分别为 22% 和 24%，仍然是最主要的两大能源支柱。因此，油田示踪剂在未来 30 年依然具有广阔的应用市场。

四、技术成熟度

☐ 概念验证 ☒ 原理样机 ☐ 工程样机 ☐ 中试 ☐ 产业化

五、合作方式

☐ 联合研发 ☐ 技术入股 ☐ 转让 ☐ 授权（许可） ☒ 面议

17. 高效节能环保的加湿降温设备

【团队负责人】 黄占东

【所在学院】 化学工程与技术学院

一、项目简介

工业生产与人类生活常需对空气加湿降温。基于蒸发的加湿降温技术因高效、环保而具重要应用前景。蒸发靠其过程从系统或周边去除热量，利用潜热提供可持续节能的散热方式，已用于空调系统、数据中心冷却等领域。在蒸发冷却系统中，水供给冷却结构，空气经或流经时接触水而蒸发，热量传至水使空气降温，冷却空气循环至所需处。与传统制冷剂冷却法比，蒸发冷却能耗少，干燥气候或环境中效率高且环保。蒸发过程还可用于加湿。现冷风机开发常用纸基湿帘，靠风扇负压加湿降温，但有材质问题。多数加湿设备靠湿帘实现功能，湿帘多由生物质、塑料、纸基纤维素材料构成，其中纸基纤维素广泛采用，研究人员改进设计提高性能，然而传统加湿结构靠增加吸水材料填充比例提高效率，增空气阻力和减缓水分扩散，有材料脱落溶解风险致水质问题，且贮水能力有限，冷风机能耗高、污染水质、噪音大。

本项目提出了一种基于 3D 打印技术的方法，用于构建用于室内加湿和降温的毛细管容器阵列结构，并制备了冷风机样机。与传统的纸基湿帘的冷风机相比，此设备具有低空气阻力、高加湿效率、噪音低等显著优点。在长时间（一周）运行中保持卓越的水质（ <1 NTU），水持续时间延长 4-5 倍，并实现性能系数翻倍。降低了循环水泵的电能损耗，同时也建立了更安全化的加湿降温环境。

二、产品技术优势

1. 关键技术

本项目基于毛细作用与重力相互平衡的作用原理，进行 3D 结构优化设计，构建了高锁水能力的加湿结构，并初步构建了设备样机。大大提升了冷风机的加湿降温效率和环保性能。

2. 技术优势

本项目所涉技术在于对传统方法的绿色环保型替代方式，以更具绿色化、低噪音、节能化的高效加湿降温方法实现对室内环境的改善，以满足工业和现实生活室内环境的宜居性与舒适度。

三、市场前景及应用

本项目应用在冷风机、加湿器的细分市场。随着对能源效率和环境友好解决方案的需求增加，冷风机行业朝着更节能、低碳排放、更环保的方向发展。冷风机市场的规模逐渐增加。该技术类比于市面上冷风机的产品效果，可用做家庭环保型加湿降温设备，用于商业，酒店，餐厅，工业厂房等大型空间的室温和湿度调节。基于当下冷风机的市场情况，全球冷风机市场规模在 500 亿元以上，中国的市场规模在 150 亿以上。

四、技术成熟度

☐ 概念验证 ☒ 原理样机 ☐ 工程样机 ☐ 中试 ☐ 产业化

五、合作方式

☐ 联合研发 ☐ 技术入股 ☐ 转让 ☐ 授权（许可） ☒ 面议

五、人工智能与大数据

1. 宏星遥感大模型

【团队负责人】 龚怡宏

【所在学院】 电子与信息学部

一、项目简介

现有的遥感影像人工标注样本效率低，而且数据数量、质量、空间分辨率参差不齐。且往往在局部区域采样，缺乏多样性和变异性，使得训练得到的模型难以扩展到全球尺度。因此，遥感的专业大模型要发展，应该让专业的大模型做专业的事，“不能有了ChatGPT，所有的需求都要泛化”。同时，大模型的泛化一定存在一个临界点，不能持续泛化。

宏星遥感图像解译人工智能大模型（简称宏星大模型）具有卫星或无人机航拍遥感图像自动解译，遥感数据变化分析、特定目标检测与跟踪等智能化功能。首先，它通过对遥感图像的像素级精准分割，准确识别并标注出道路、建筑、绿地、河流、农田、森林等区域，输出的智能化数据对各种下游工作，如地图制作、国土资源测绘、城市与行业规划设计等，具有极高的应用价值。其次，宏星大模型能够实时解译出同一个地区在不同时间节点的遥感数据图斑变化情况，可以为土地违规使用检测与执法、环境破坏检测与执法、自然灾害范围检测与损失估计等工作提供客观的证据。另外，宏星大模型还具有自动检测、识别与跟踪特定目标的功能，如飞机、军舰、坦克、大炮、林火等，可广泛应用于军事情报分析、交通流量分析、灾害检测与预警等各种检测与跟踪任务。

二、产品性能优势

不久前，该模型接受了遥感数据解译行业合作伙伴的严格测试，得出了以下测试结论：（1）在 1:10000 解译精度要求下的图像解译结果已经达到分析员手工处理的精度，完全满足商业落地应用的精度要求；（2）在 1:2000 的更高解译精度要求下，通过人工的少量干预及修正，既能达到商业落地应用的精度要求；（3）与行业知名头部企业的同类人工智能大模型相比，宏星大模型的解译精度遥遥领先，具有显著的优势。

三、市场前景及应用

根据 Euroconsult 的分析, 2020 年全球商业遥感卫星数据与增值服务的市场规模达到 40 亿美元, 2030 年将达到 75 亿美元, 复合增速为 6.5%。根据 UCS 卫星数据库, 当前我国在轨的遥感卫星数量占全球比例达到 25.4%。参照该比例估算, 2020 年我国商业遥感卫星数据与增值服务的市场规模约为 69 亿元。参考 6.5% 的全球复合增速, 预计 2025 年我国商业遥感卫星数据与增值服务市场规模约为 95 亿元。个人认为随着遥感数据自动化处理能力的提升, 数据更新频率增加, 未来商业遥感卫星数据服务市场超过百亿规模。

数据标注的场景: 自动驾驶、大模型、智能家居、智慧城市、智能机器人、智慧医疗、智慧教育、智能零售、智能遥感、智慧金融等众多数据场景。

遥感数据标注的场景: 市场需求主要来自于国防安全、国土资源、农业、林业、水利、环境保护、城市规划、灾害防治等领域。国防安全需求达到 40%; 国土资源 20%; 农业 15%; 其他领域的需求占比分别为 10%、5%、5% 和 5%。

四、技术成熟度

☐ 概念验证 ☒ 原理样机 ☐ 工程样机 ☐ 中试 ☐ 产业化

五、合作方式

☐ 联合研发 ☐ 技术入股 ☐ 转让 ☐ 授权(许可) ☒ 面议

2. 无人航空应急救援特种装备制造项目

【团队负责人】 任海军

【所在学院】 数学与统计学院

一、项目简介

该项目已成立公司，是西安大数据与人工智能研究院的下属企业，是大数据国家工程实验室技术成果转化的先锋队，通过多年来在各自行业的技术积累及创新，研发出多款特种装备及其应用场景。公司先后与多家等科研院所、消防应急部门、国企进行深度合作，研发出适合大载重无人机专用飞行控制系统，在各种无人机仿真大数据方面取得了重大进展。公司以无人机+行业解决方案为核心，成功完成了无人机大数据管理平台的研发，为低空管控、无人机行业管控方面奠定了基础，促使无人化+行业应用能够快速、健康发展。

产品包括：25kg 大载重六旋翼无人机、航空应急巡防复合翼无人机、70kg 大载重八旋翼无人机、搜救喊话四旋翼无人机、应急通信固定翼无人机、抛投喊话照明综合救援装置、消防应急弹、车载航空消防应急方舱、通航直升机适航挂载航空消防应急弹等。并且有一系列的解决方案。

二、产品核心技术

核心技术包括：飞行器结构设计技术、飞控系统研制开发技术、导弹设计与研制技术、弹道学设计技术、导弹气动学计算技术、非金属柔性可降解复合材料、车规级高精度 RTK 定位技术、灭火剂中心飞散技术。

三、市场前景及应用

航空消防应急救援市场主要有三个部分，航空应急救援服务租赁、航空消防应急装备及整体解决方案销售、航空消防灭火弹耗材配套销售。

航空应急救援服务租赁市场，主要以无人机巡查及有人直升机吊桶灭火作业为主要租赁项目。全国各省市应急厅/局每年按照春、秋两季（6 个月）为重点防控期。直升机吊桶灭火作业年度租赁费用因直升机型各异而不同，租赁成本 500-1500 万/年。无人

机巡查灭火作业年度租赁费用 200-350 万/年，两项业务全国每年的市场规模约 105 亿元。

无人化航空消防应急装备及整体解决方案市场，主要以消防无人机和航空灭火弹的组合销售为主。全国 3360 个消防队、林业、应急等政府机构，约 780 多家能源化工类企业，采购应急装备规模约 40 亿元/年。演练实战消耗各类灭火弹约 6.8 亿元/年。

航空消防灭火弹耗材销售市场，主要为有人直升机和无人机厂家配套销售航空灭火弹及测发控系统。全国现有各型号直升机 3000 多架，无人机生产企业 10000 多家，预计每年有 4000 万的灭火弹消耗市场。

四、技术成熟度

☐概念验证 ☐原理样机 ☒工程样机 ☐中试 ☐产业化

五、合作方式

☐联合研发 ☐技术入股 ☐转让 ☐授权（许可） ☒面议

3. 全固态 iToF 阵列激光雷达微系统

【团队负责人】 辛有泽

【所在学院】 电子与信息学部

一、项目简介

根据技术路线,激光雷达可分为机械式(Mechanical)、半固态(Quasi-Solid-State)和固态(Solid-State)三类。机械式激光雷达通过旋转或摇摆发射器或接收器来实现扫描,具有成熟稳定、性能优异的特点,但体积大、成本高、装配难度大。半固态激光雷达通过微振镜(MEMS)或棱镜来实现扫描,具有体积小、成本低、可靠性高的特点,但性能相对较差。固态激光雷达通过光学相控阵(OPA)或闪光(FLASH)来实现扫描,具有无机械运动部件、性能稳定的特点,但技术难度大、成本高。

全固态 iToF(间接飞行时间)阵列激光雷达微系统是一种集成了先进激光技术和电子技术的微系统。它基于 iToF 原理,通过激光器发射一束焦平面激光,照射到被测物体后返回到接收芯片,接收芯片通过计算光束往返飞行时间,从而得到接收芯片到被测物体的距离信息。全固态设计意味着该微系统采用了无机械运动的固态器件,从而提高了系统的可靠性、稳定性和寿命。

应用场景:人脸识别、辅助导航、工业视觉等。

二、产品技术优势

核心技术优势:自主研发的光电探测器件具有良好的横向电场调制效率,可以提高调制对比度从而降低了系统测距误差,同时提出了非线性自校准型 ADC 电路,实现了目前市场上前照工艺下 iToF 微系统的最小非线性误差。采用调制电路驱动优化技术,减小了系统的功耗。

三、市场前景及应用

2020 年全球激光雷达市场规模约为 162.1 亿元,预计到 2026 年将达到 735.7 亿元,在 2023-2026 年预测期(以下简称预测期)的复合年增长率为 29.55%。主要驱动因素包括自动驾驶汽车、智能机器人等领域的飞速发展,以及政府对于采矿、石油和天然气、生态环保等领域的地形测绘、测绘、监视和监测的支持。

从全球激光雷达区域市场结构来看，北美的市场份额约为 35%，欧洲紧随其后，北美和欧洲占据激光雷达行业一半以上的市场份额，高达 65%。亚太地区是增长最快的市场，主要受益于中国、日本、韩国等国家在自动驾驶汽车、智能机器人、无人机等领域的投资和创新。拉丁美洲和中东非洲地区的市场份额较小，但也有望在预测期内实现稳定增长。

中国是全球最大的汽车市场，也是智能网联汽车的重要发展战略之一。近年来，随着全球汽车智能化加速，中国各地政府相继发布智能网联汽车产业相关政策，加快推动汽车产业升级。在智能汽车、无人机等多个下游市场需求拉动下，激光雷达作为中国智能制造战略大力发展的关键基础技术之一，将会迎来广阔的市场空间。

2020 年中国激光雷达市场规模约为 18.5 亿元，在政策利好和市场需求的驱动下，中国激光雷达市场规模增速将会高于全球市场增速，市场空间潜力无限。初步预测 2023 年全年中国激光雷达市场规模有望达到 20 亿元。

全球激光雷达市场由传统测绘技术公司 Trimble、Hexagon、Topcon 和 Sick 主导，但车载将是未来激光雷达应用的主流方向。国外玩家中 Velodyne 起步最早，Luminar、Aeva、Ouster、Innoviz、Ibeo 等技术相对成熟，国内近年也涌现了禾赛、速腾聚创等创业公司。各家厂商在技术路线、产品性能、价格策略等方面各有特色和优劣，竞争格局尚不清晰。

四、技术成熟度

☐ 概念验证 ☐ 原理样机 ☒ 工程样机 ☐ 中试 ☐ 产业化

五、合作方式

☐ 联合研发 ☐ 技术入股 ☐ 转让 ☐ 授权（许可） ☒ 面议

4. 面向元宇宙的高真实感虚拟人驱动技术

【团队负责人】 郭宇

【所在学院】 人工智能学院

一、项目简介

项目将语音驱动说话人脸视频生成最新科研成果进行转化与落地，通过提供一段语音和一张人脸图片，生成嘴型与语音同步并具有自然稳定头部动作和眨眼动作的说话人脸视频。项目自研技术包含三项关键技术，包括基于语音生成高精度三维表情参数技术，基于语音生成自然稳定的三维头部动作参数技术，基于三维头部动作参数和三维表情参数驱动人脸图像生成说话视频技术。通过对这三大模块进行结合，可以获得一个直接通过语音驱动说话人脸视频生成的系统。目前该系统已基本实现。

二、产品关键技术

项目自研技术包含三项关键技术，包括基于语音生成高精度三维表情参数技术，基于语音生成自然稳定的三维头部动作参数技术，基于三维头部动作参数和三维表情参数驱动人脸图像生成说话视频技术。通过对这三大模块进行结合，可以获得一个直接通过语音驱动说话人脸视频生成的系统。目前该系统已基本实现。

三、市场前景及应用

语音驱动说话人脸视频生成技术具有十分广阔的市场应用前景。随着元宇宙概念的提出和虚拟人技术的发展，通过语音驱动人脸图片生成说话人脸视频技术受到的关注也越来越多。该技术具有广泛的应用场景，比如虚拟人主播，电影后期制作，交互式的人机交流和虚拟偶像等诸多场景。虚拟人技术的发展离不开语音驱动说话人脸视频生成技术的支持，而语音驱动说话人脸视频生成技术作为虚拟人技术中的重要一环，也会随着虚拟人市场规模的扩大而迎来巨大的商业需求。根据量子位《数字虚拟人深度产业报告》预测，在 2030 年，我国数字虚拟人整体市场规模将达到 2700 亿。其中，身份型数字虚拟人将占据主导地位，约 1750 亿，并逐步成为 Metaverse 中的重要一环；服务型数字虚拟人相对稳定发展，多模态 AI 助手仍有待进一步发展（840 亿元），多种对话式服务升级至数字虚拟人形态（115 亿元），总规模超过 950 亿。根据艾媒数据，虚拟偶像在

网民中的认可度较高，以网民总数 10.11 亿（《中国互联网络发展状况统计报告》2021 年 6 月数据）计算，2021 年深度+浅度追星人群占比超 80%，约 8 亿人；而在追星群众中 63.6% 关注支持虚拟偶像，则预计有超 5 亿人为虚拟偶像受众，随着虚拟偶像应用面铺开，渗透率有望进一步提升。根据艾媒数据，2020 年中国虚拟偶像核心市场规模为 34.6 亿元，预计 2021-2023 年中国虚拟偶像核心市场规模分别达 62.2/120.8/205.2 亿元；2020 年虚拟偶像带动市场规模 645.6 亿元，预计 2021-2023 年分别达 1074.9/1866.1/3334.7 亿元。根据爱奇艺专业内容业务群总裁兼首席内容官王晓晖曾表示，中国偶像市场总规模预计在 2022 年将达到 1400 亿元，以 2022 年虚拟偶像核心市场规模 121 亿计算，虚拟偶像占比仅为 8.6%，渗透率有较大提升空间。

四、技术成熟度

☐ 概念验证 ☒ 原理样机 ☐ 工程样机 ☐ 中试 ☐ 产业化

五、合作方式

☒ 联合研发 ☒ 技术入股 ☐ 转让 ☐ 授权（许可） ☒ 面议

5. 可定制人工智能平台及智能光电系统

【团队负责人】 钱学明

【所在学院】 电子与信息学部-信息与通信学院

一、项目简介

该项目致力于可针对传统行业定制易用性人工智能 AI 开发平台的研发,目标是开发一款可扩展的人工智能开发平台,突破增量学习模型自主进化、大规模模型的压缩和量化、云边端协同管理等核心技术,覆盖计算机视觉、自然语言处理等多种数据源与大规模数据集,支持多种主流深度学习框架,提供业界流行的多种人工智能算法模型库。既提供通用型智能识别预测服务也提供基于特定场景下的定制化模型服务,同时,也可以根据用户需求,主动上传数据集到我们的平台,使用平台提供的算法自行训练适合用户需求的模型,具有人工智能模型一键训练、一键推理、一键量化等多种一键式功能,支持多机多卡分布式模型训练。支持多种人工智能芯片的云边端模型协同部署等。平台致力于提供国内外一流的智能 AI 开发平台,极具行业竞争力的解决方案。目前平台其主要提供三大服务:AI 技术服务、AI 训练服务和 AI 芯片部署。

二、产品性能优势

1. 数据准备

数据采集与清洗:支持处理图像、音频、视频、文本等类别数据

数据标注:支持文本分类、目标检测、图像分类三种场景的数据标注,支持三种数据标注方法(智能预标注,辅助式智能标注,渐进式/主动学习式智能标注),且实现全场景全方法适配

2. 算法模型开发

零代码开发:内置业内普遍应用的 100+通用算法模型,且提供定制化行业算法接口

一站式开发:支持算法模型开发生命周期一站式管理,支持全开发链路可视化平台

跨框架开发:支持 Pytorch、Tensorflow、MXNet、PaddlePaddle、Mindspore、Oneflow、Caffe7 种框架,转换性能损失在通用数据集上不高于 2%。在特定应用场景的性能损失不高于 1%。

3. 模型量化及部署

便捷模型量化与云边端协同部署: 依托于开创性的模型量化技术与丰富的云边端协同部署经验, 平台支持便捷的模型量化与云边端协同部署功能

国产 AI 芯片适配: 适配多款芯片, 包括英伟达、瑞芯微、昇腾、光、地平线、国科微 6 种

4. 赋能下游应用

下游应用场景广泛: 在金融行业、军工、信息技术产业、轨道交通、能源/基建、政务/智慧城市、饮/零售业等行业, 共计 18 种场景下有落地应用

三、市场前景及应用

随着中国人工智能行业技术的发展, 带动中国 AI 开发平台行业市场规模快速上涨, 根据数据显示, 2016-2021 年, 中国 AI 开发平台营收规模快速扩张, 从 2016 年 16.3 亿元上涨至 2021 年的 234.8 亿元, 同比 2020 年上涨 12.99%。在政策红利、行业渗透率以及芯片性能稳步提升的背景下, 未来中国 AI 开发平台市场规模还会继续增长。

AI 开发平台帮助各行各业开发者提高算法模型的开发效率, 政务和工业领域是渗透度升幅最大的领域, 互联网娱乐行业和零售行业渗透程度最高, 医疗、金融和工业落地产品最丰富, 根据数据显示, 中国 AI 开发平台行业应用领域渗透率最高的互联网娱乐, 渗透率为 75%, 第二为金融, 渗透率为 70%, 第三位零售, 渗透率为 60%。医疗健康领域、零售电商领域等。

四、技术成熟度

☐ 概念验证 ☒ 原理样机 ☐ 工程样机 ☐ 中试 ☐ 产业化

五、合作方式

☐ 联合研发 ☐ 技术入股 ☐ 转让 ☐ 授权 (许可) ☒ 面议

6. 双目可聚焦系统及其应用

【团队负责人】 刘跃虎

【所在学院】 电子与信息学部

一、项目简介

运动目标的视觉信息受不可预测和控制因素影响，具有巨大的不确定性，如运动目标本身的视觉变化、复杂运动场景和视觉遮挡等。我们的研究目标集中在建立一种新的运动视觉计算模型，包括视觉任务学习、前期注意选择、协同运动分析、鲁棒信息融合、上下文意识学习等，发展更有效的运动目标跟踪和识别方法和计算工具，以突破智能视频监控、机器人和人机交互等的应用瓶颈。

人类视觉具有根据任务和场景，把视觉注意集中于有意义场景目标的能力，选择性和主动性是人类视觉信息处理的重要特征。机器人系统具有良好的运动能力，能够为机器人视觉系统实现外界信息获得的主动性和视觉信息处理的选择性提供有效的控制手段。通过算法编译赋予机器人视觉任务学习的场景感兴趣目标发现能力，通过多通道场景视频的视觉目标关联性计算，实现同一监控场景物体，在不同摄像机获取的视频图像序列中，其目标图像的视点和尺度不同，基于目标动作和视觉外观的多线索感知特征整合的 target re-identification 可以解决大场景图像微小目标的协同跟踪问题。以 PTZ 相机为核心主动目标选择聚焦视觉系统的物理实现。PTZ 相机具有镜头变焦、变倍和全方位转动控制能力，它与固定摄像机的协同组合可解决远距离目标的清晰图像获取。因而，这种主动目标选择聚焦双摄像机系统具有 PTZ 相机和固定摄像机的各自优势，既保证对大场景的不间断监控，又可自动跟踪感兴趣目标。这种双摄像机系统可应用于视频监控，在自然场景下跟踪进入主视场的行人或车辆，并获取其高分辨率图像数据，为目标识别和取证等提供高质量图像信息。

ATT 双摄像机三大模块：

1. 从图像样本学习视觉任务，在固定摄像机的监控场景图像主动发现兴趣目标；
2. 视场耦合模块保证监控场景的显著目标图像坐标与 PTZ 相机控制参数关联；
3. Kalman 滤波时间对齐，PID 控制调控 PTZ 相机跟踪感兴趣目标物体。

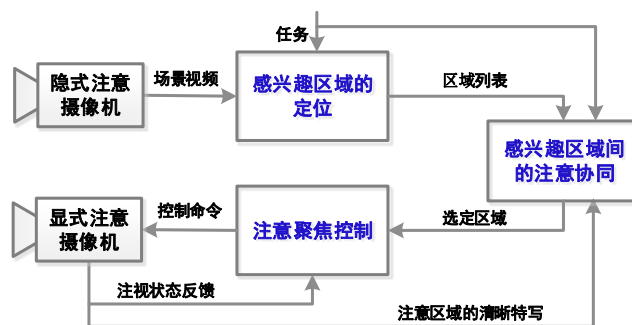


图 1 视场感知原理

二、产品性能优势

ATT 双摄像机系统解决了大范围场景的固定摄像机监控视频由于目标物体距离摄像机过远，存在目标图像像素过少而导致视觉识别算法失效的问题。ATT 双摄像机系统借鉴人类视觉感知的选择性注意机制（包括显式注意与隐式注意机制），将固定摄像机与 PTZ 摄像机结合，从感知前端或信息源头有效提高感兴趣目标分辨率。同时，实现了海量视频数据的快速非相关内容过滤和大范围场景目标的主动发现与跨摄像机协同跟踪。

ATT 双摄像机系统特点：

1. 双摄像机视场耦合不受 PTZ 内参变化影响；
2. 场景和架设位置改变，无需重新标定；
3. 通过图像样本学习实现视觉任务设定。

三、市场前景及应用

作为最具代表性的前端监控设备，监控摄像机的远距离控制、变倍、高清图像、预置位巡航、自动跟踪等功能在平安城市、交通、场馆、港口等项目/行业越来越发挥出重要的作用。随着安防等级的不断提升，再加上整个监控行业朝着数字化、网络化发展的进程，监控设备的智能化功能被更多地提上议事日程。而在此发展趋势下，自动跟踪成为了监控摄像机取得飞速发展的智能化技术之一。

ATT 双摄像机可应用于监控场景的人员取证，解决大场景监控中目标面部区域的高清晰特写获取问题，使监控视频能作为有效证据，有利于协助取证破案。同时，解决多传感器协同对动态目标的指引跟踪问题，在航空航天以及军事领域中有重要应用。

在大场景环境中 ATT 双摄像机不仅通过双目，甚至多目执行全范围，多目标的监控、跟踪、抓取和报警等任务，并且通过有效融合多传感信息来精确导向追踪物体，使之能按照不同任务需求以不同方式接近目标。



图 2 大视场环境下目标的筛选与获取



图 3 大范围场景目标的主动发现与跨摄像机协同跟踪

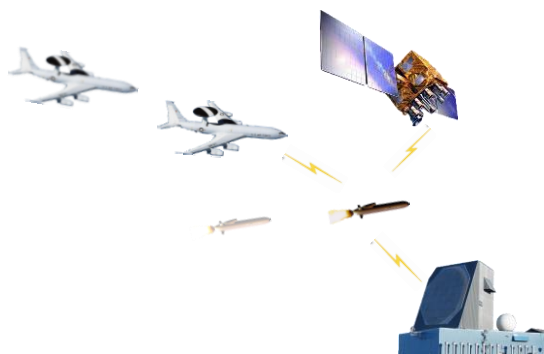


图 4 多传感协同动态目标跟踪



图 5 ATT 双摄像机工程样机

四、技术成熟度

☐ 概念验证 ☐ 原理样机 ☒ 工程样机 ☐ 中试 ☐ 产业化

五、合作方式

☐ 联合研发 ☐ 技术入股 ☐ 转让 ☐ 授权（许可） ☒ 面议

7. 基于机器视觉的电池丝印及 FPC 连接器缺陷检测系统研究

【团队负责人】 李兵

【所在学院】 机械工程学院

一、项目简介

本项目研究对象为消费类电子产品的电池丝印和 FPC 连接器。

不同型号电池丝印具有字符类型（汉字、英文、韩文及数字等）、字符格式、插画内容、条码格式等差异。目前电芯丝印/条码受夹具、设备、人员等相关因素影响导致印刷缺陷，丝印/条码缺陷类型主要分为：条码缺损/扭曲/歪斜/模糊/重影/脏污/色差、丝印缺损/歪斜/模糊/重影/脏污/色差、丝印与条码信息不匹配、条码尺寸及条码/丝印位置不符合规格要求等。现主要依靠人工检测，存在低效率、高成本、主观判断性强等问题。本检测系统利用机器视觉、图像处理方法对电芯丝印/条码的常见外观缺陷、尺寸测量及位置状态进行检测并标记输出，并开发了相应检测软件，后期可植入不同算法，适用于任何型号的电芯。电池丝印检测如下：



图 1 电池丝印检测系统软件界面及输出结果

FPC 连接器由于受来料本身或电池组装过程等造成的外观不良，如连接器偏移/歪斜、连接器焊接少锡/多锡、连接器塑胶本体破损变形、五金部分变形/缺失、连接器脏污等。这些缺陷可直接导致产品功能性不良，影响产品使用性能，而目前检测方法仍为

人工利用简单的 CCD 投影设备进行主观判断，检测速度慢，易误判，缺乏客观标准。本检测系统可对连接器常见外观缺陷进行检测并标记输出，开发出了支持不同型号切换、参数自由设置的软件系统，后期可根据新产品需求增设不同检测算法。连接器如下图所示：

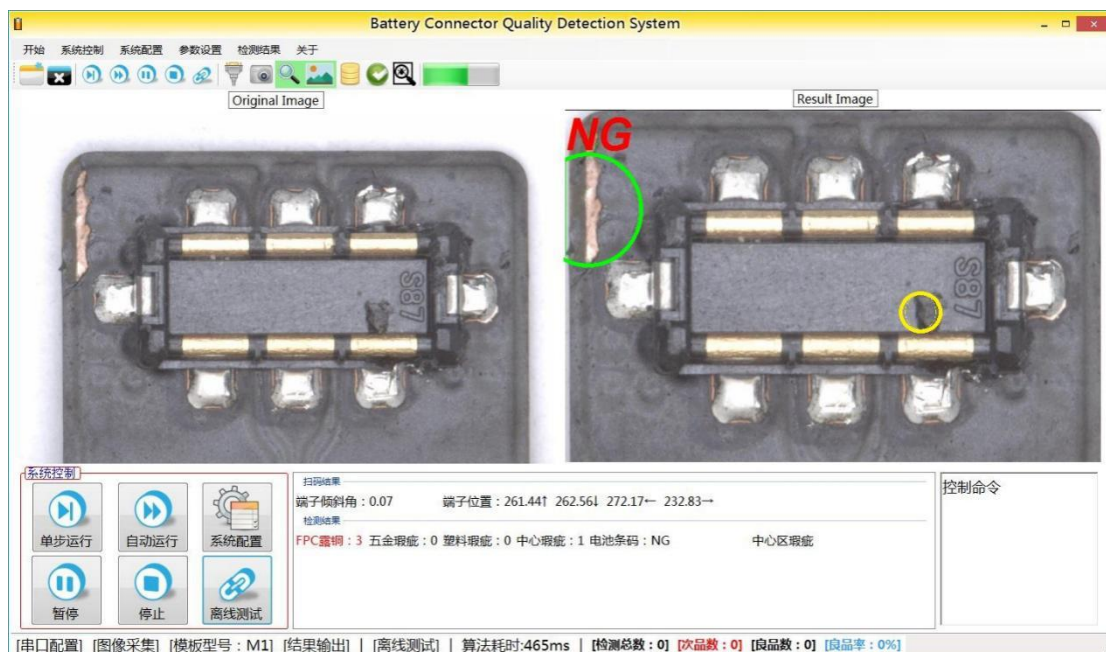


图 2 电池 FPC 连接器检测系统软件界面及输出结果

二、技术指标（性能参数）

1、系统检测效率：

（1）电池丝印检测系统：500 ± 50ms/PCS (检测范围包括：丝印插画、丝印文字、丝印色差、丝印位置、二维码扫描、二维码尺寸位置及等级判断)。

（2）电池丝连机器测系统：400 ± 50ms/PCS (检测范围包括：五金缺陷、塑料缺陷、FPC 基板破损及露铜、焊接位置检测、划伤检测等)。在线检测效率 UPH 高达 800pcs/h。

2、检测准确率：

（1）FPC 连接器严重缺陷检测准确率达到 100%，轻微缺陷检测准确率 99%；

（2）电池丝印缺陷识别准确率达到 98%，其中条码扭曲、歪斜及模糊识别准确率达到 100%。

3、检测精度：

系统检测分辨率：丝印检测 0.0393mm/pixel, 端子检测 4.95um/pixel

尺寸测量精度：+/-0.03mm; 重复测量精度：0.05mm

三、市场前景及应用

项目团队在李兵教授的带领下已掌握了相关核心技术并具备工程化能力，FPC 连接器检测部分已经验收并应用生产线检测，电池丝印检测部分性能已经达到企业要求，并在生产线进行了阶段调试。本系统主要可完成以下功能：

1. 丝印及条码缺陷检测：

- | | |
|--------------|--------------|
| (1) 丝印缺陷不良检测 | (2) 丝印条码等级判断 |
| (3) 丝印版本判断 | (4) 条码尺寸测量 |
| (5) 条码位置检测 | |

2. FPC 连接器缺陷检测

- | | |
|--------------------|----------------|
| (1) 五金缺陷检测 | (2) 塑胶缺陷检测 |
| (3) 连接器焊接少锡/多锡缺陷检测 | (4) 连接器偏移/歪斜检测 |
| (5) 连接器脏污检测 | |

四、技术成熟度

☐ 概念验证 ☐ 原理样机 ☐ 工程样机 ☐ 中试 ☒ 产业化

电池丝印及 FPC 连接器检测系统已完成开发和验收，并应用企业生产线，代替传统人工检测方式。根据上线结果分析，其具备高可靠性和稳定性。同时，可根据客户具体需求进行定制化设计，并提供产品。

五、合作方式

☐ 联合研发 ☐ 技术入股 ☐ 转让 ☐ 授权（许可） ☒ 面议

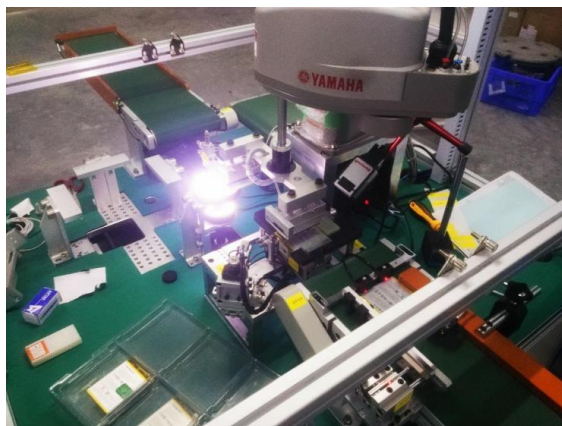


图 3 工业在线检测设备实物

8. 制造业产品缺陷视觉检测技术

【团队负责人】 魏星

【所在学院】 电信学部软件学院

一、项目简介

传统机器视觉检测技术是基于程序化和规则的方法，通常需要预先穷举所有缺陷种类，并且为每种缺陷提供充足的人工标注。传统技术存在样本采集成本高昂、环境适应性差等问题。

本项目提供一种基于人工智能的新型视觉检测技术，利用数据驱动的深度学习算法，使视觉检测技术开发流程标准化，极大地缩短了开发周期与开发成本，通过迁移学习等关键技术快速地应用到多种制造行业，在不同行业所积累的数据池又将反哺技术进步，进一步构筑行业技术壁垒。本团队深耕于工业与智能制造领域，充分了解制造业产品缺陷种类繁多、缺陷数据少等特点，创造性地提出了正样本建模等核心解决方案，极大地减少了对缺陷样本以及标注的需求。本项目提出的技术方案具有开发周期短、适用性可迁移性较强、落地成本较低等特点。

二、产品性能优势

1. 弱监督缺陷检测技术

解决传统缺陷检测技术的低效率问题。传统视觉检验方法需要大规模标注数据，存在数据利用效率低的问题。本项目针对制造业产品缺陷种类难以完整预测与穷举，缺陷样本数量少、不易获取等问题，创造性地针对正常无缺陷产品建立的生成模型，通过对比学习实现高精度的产品缺陷检测。

2. 迁移学习技术

提高缺陷检测技术的通用性和可扩展性。项目面向不同质检场景，针对多种制造行业、各类产品检测的任务需求，研发了基于实例与特征等多种迁移学习技术，增强缺陷检测技能在多种场景的迁移能力，降低对缺陷数据的依赖，显著缩短了开发周期与开发成本。

3. 多波段检测技术

扩展缺陷检测的范围和功能。传统机器视觉光源以可见光和近红外波段为主，主要用于产品外观表面缺陷检测。为了实现更多检测功能，比如温度、化学成分、内部损伤等，需要结合更多波段的探测技术，比如：远红外热成像、高光谱成像以及高频射线成像等。本项目同时研发了基于可见光的表面缺陷和基于 X 射线的内部缺陷的视觉检测技术，可以满足多种制造行业的检测需求。

三、市场前景及应用

全球机器视觉设备市场规模由 2012 年的 41 亿美元增长至 2017 年的 70 亿美元，复合增长率达 11%。其中，中国市场规模由 2012 年的 13 亿元增长至 2017 年的 65 亿元，年复合增长率达到 39%，且将持续增长，至 2023 年有望达到 197 亿元。中国机器视觉市场广阔，近年来企业数量增长迅速，但尚未出现有主导地位的龙头企业。在制造业中，消费电子，汽车，半导体是视觉检测应用最广泛的三大领域。目前消费类电子行业和半导体行业的视觉检测应用市场规模年增长率在 25% 左右，而在标准化程度更高的汽车制造领域，市场规模增速将近 30%。相比人工目检，机器视觉技术优势明显，具有精确性强、效率高，是工业制造的未来发展方向。此外，机器视觉易于实现信息集成，其下游应用市场还包括计算机集成制造等。

四、技术成熟度

☐ 概念验证 ☐ 原理样机 ☒ 工程样机 ☐ 中试 ☐ 产业化

五、合作方式

☐ 联合研发 ☐ 技术入股 ☐ 转让 ☐ 授权（许可） ☒ 面议

9. 可穿戴天线

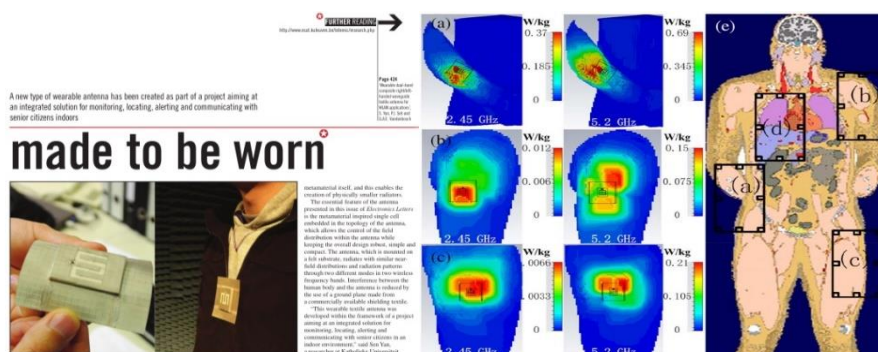
【团队负责人】 闫森

【所在学院】 信息与通信工程学院

一、项目简介

可穿戴天线在数据无线传输中发挥着重要作用，但可穿戴天线的设计与常规天线有很大的不同。首先是人体对于天线辐射有非常大的散射作用。天线在人体附近会出现增益降低，匹配变差，方向图恶化等现象。其次，柔性可穿戴天线需要在各种物理形变，温度、湿度变化的情况下保持性能的稳定。另外，人体在长期电磁辐射环境下的安全风险也要在天线设计的同时予以考虑。所有这些问题都给可穿戴天线的设计带来了巨大的挑战。而近年来，电磁超材料的研究取得了长足的进展。作为一种人工合成的材料，超材料可以拥有多种自然界中很少存在、甚至不存在的特性。这些特性给予了天线设计一个新的思路，使设计者在材料选择中有更大的自由度。基于超材料的多种新型天线已经展示出了新颖、优异的性能，如双频、多频工作，尺寸的超小型化，以及各种可重构能力。虽然这些性能对于可穿戴领域有很强的吸引力，但现阶段对于超材料的研究还是主要集中在传统天线领域，在可穿戴领域，基于超材料的天线设计并不多见。

基于以上背景，该项目研究一方面，可穿戴领域迫切得需求天线设计的创新理论，另一方面，基于超材料的天线显示出了多种优异的性能。因而，研究思路是将这两个当前最有活力的研究领域结合起来，将电磁超材料的理论引入可穿戴天线设计领域，大幅度的提高可穿戴天线的性能，丰富其功能。



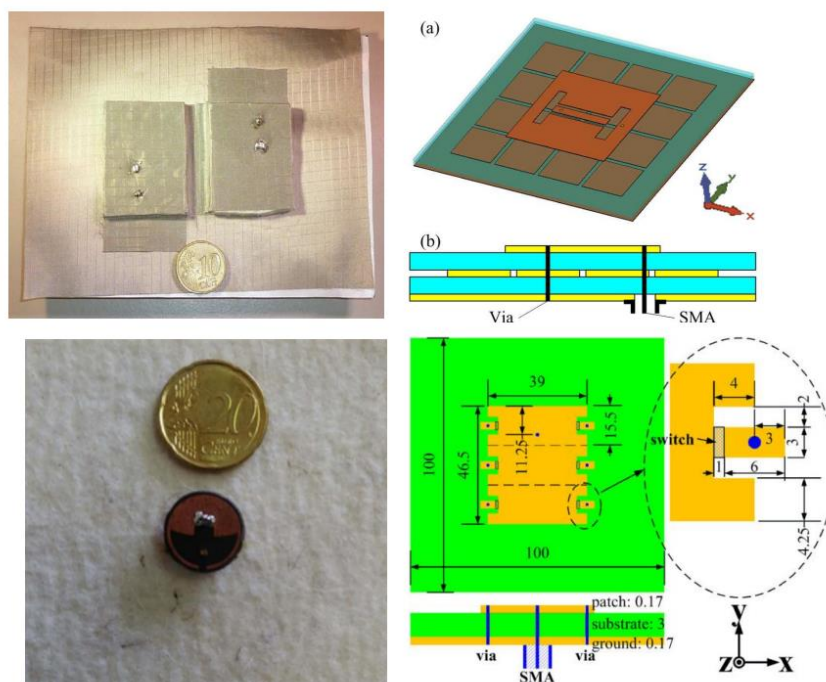


图 1. 几种可穿戴天线设计 (左上: 一种双频纺织天线被 Electronics Letters 选为彩色特征文章; 右上: 双频纺织天线的 SAR 仿真; 左中: 一种与纽扣集成的可穿戴天线; 右中: 一种基于人工磁表面的低剖面可穿戴宽带天线; 左下: 一种空间分集双频天线; 右下: 一种方向图可重构分集天线)

二、产品性能优势

通过引入左右手复合传输线的理论, 使天线在双频使用时工作在一对对称模式上, 保证了辐射方向图的一致性; 通过使用人工磁导体作为天线的反射器, 在低剖面的条件下实现较宽的带宽和极低的人体比吸收率; 使用可调节的超材料单元, 设计了极化/方向性可重构的微带天线, 同时满足了对于人体外、人体上不同信道传输的需求。

三、市场前景及应用

可穿戴设备由于其医疗监测、老幼看护、健身训练、抢险救灾、以及战场保障等领域有着十分广阔的引用前景, 因而引起了国内外学界和工业界的广泛关注。其中, 需要说明的是, 闫森老师是全球首位对基于电磁超材料的可穿戴天线进行系统研究的学者。一些初始的研究成果已经展现出这一方案的巨大潜力, 获得了学界的关注。包括以第一作者或通信作者身份发表 IEEE Transactions on Antennas and Propagation 文章 6 篇和 IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters 文章 3 篇。一种基于超材料结

构的双频纺织天线设计曾被英国知名期刊 Electronics Letters 选为彩印特征文章 (color feature article, 见图 1)。在这篇报道中, 期刊编辑这样肯定了研究工作的创新性: “……首次使用基于左右手复合传输线的超材料单元发明了全纺织波导天线, 该天线结构紧凑、性能稳定、可以用于 2.45/5.4GHz 双频无线局域网中”。这篇文章进而被多家国际科研网站, 如 Phys.org, Electronic Products, Wearable Tech 和鲁汶校园周刊引用报道。

四、技术成熟度

☐ 概念验证 ☒ 原理样机 ☐ 工程样机 ☐ 中试 ☐ 产业化

五、合作方式

☐ 联合研发 ☐ 技术入股 ☐ 转让 ☐ 授权 (许可) ☒ 面议

10. 社交网络中舆情数据的精准实时抓取与实证应用

【团队负责人】 秦涛

【所在学院】 电子与信息学部

一、项目简介

舆情监控是整合互联网信息采集技术及信息智能处理技术通过对互联网海量信息自动抓取、自动分类聚类、主题检测、专题聚焦，实现用户的网络舆情监测和新闻专题追踪等信息需求，形成简报、报告、图表等分析结果，为客户全面掌握网民思想、行为动态，做出正确舆论引导，提供分析依据。

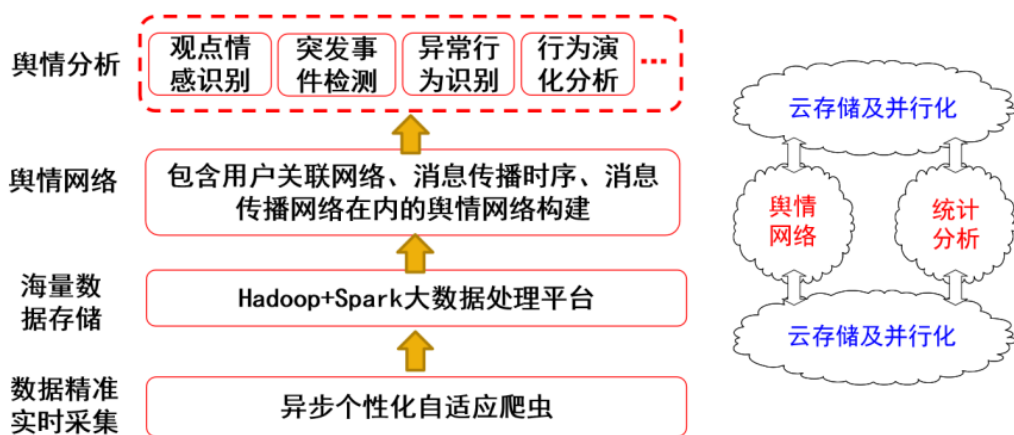


图1 整体架构

西安交通大学大数据分析技术与算法国家工程实验室舆情大数据分析研究小组在舆情监控领域进行了大量的研究工作，在数据方面构建了包括 Facebook、Twitter、微博、贴吧、门户网站、论坛在内的 100 余处主流站点的数据，构建了包括文本、图片、视频等在内的跨模态舆情大数据。

该项目团队拥有完整独立自主的知识产权，实现了技术的自主可控，并且能够提供一站式社交网络信息处理方案和技术支持，如更广的数据采集扩展、丰富的数据分析、多样的舆情报告、多端的平台应用。

目前该系统已应用于教育部考试舆情监控系统、榆林舆情监控系统、丝路学院知识中心，用户涵盖国家部委、公安、宣传、军队、高校等领域，并获得了用户的一致认可和高度评价。

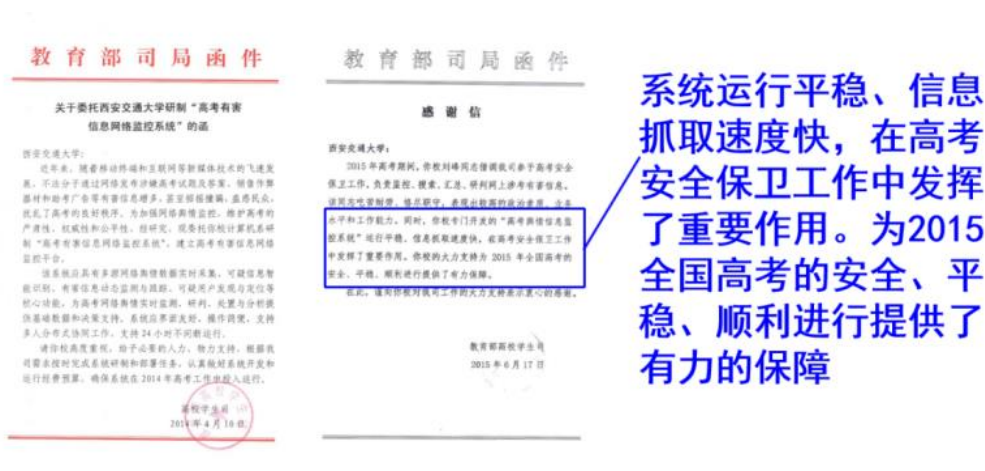


图 2 教育部对该系统的评价

二、产品性能优势

1. 该系统能够通过对不同用户的不同需求，不同舆情监控对象、范围内的信息进行定制化设计，满足用户的个性化需求。
2. 系统的开发周期短。基于成体系的系统架构，针对不同用户的系统开发周期大约在半年时间。
3. 系统具备在宽范围的网络覆盖面下进行数据信息的实时监控，能够高度灵敏的完成信息识别和抓取任务。
4. 系统按照云端结合，分布存储方式，通过并行计算，助力系统数据的多维度分析。
5. 通过基于 WEB 页面结构的网络爬虫技术，系统 API 的数据获取技术以及黑客技术手段的数据获取技术实现系统面向网络公开域和网络受阻域两个方面数据的收集。

三、市场前景及应用

在互联网高度发达，移动互联高速发展的信息时代，每天新产生、传播、扩散、衍生出海量的网络信息真假难辨，不良甚至非法的信息会对人民的利益、国家的安全产生严重危害。通过技术手段采集互联网舆情信息，对信息进行及时分析和处置，舆情监控对于处置危害信息，打击违法犯罪，避免人民群众和国家的财产遭受重大损失有直接作用，并且通过了解社会民情，挖掘民意，进而辅助国家决策，能够为科学决策和和谐社会建设更好的服务。

其中由舆情大数据分析研究小组研制的猎狗网络舆情监控系统在榆林市委宣传部、公安局、信访局、国安局、政法委等党政机关部署应用，平台运行良好，深获好评。研

[illegible]

图 3 教育部考试舆情监控系统



图 4 榆林市政府舆情监测系统

四、技术成熟度

☐概念验证 ☐原理样机 ☐工程样机 ☐中试 ☒产业化

五、合作方式

☐联合研发 ☒技术入股 ☐转让 ☐授权(许可) ☒面议

在此基础上基于计算平台,可针对不同用户需求定制舆情监控系统。

11. 税务大数据计算关键技术及其应用

【团队负责人】 董博（郑庆华团队）

【所在学院】 计算机科学与技术

一、项目简介

电子税务是实现依法治税国家意志，实现降低征税成本、提高征管效率、增强税法遵从度国家目标的技术支撑平台。税务大数据计算面临点多线长难验真、省际孤岛难共享、高维特征难建模、偷逃骗税难发现等难题。

结合国家金税工程需求，提出“纳税人利益关联网络（TPIN）”概念并攻克相关核心技术，包括电子税务数据真实性与一致性校验、税务大数据共享与指标并行计算、TPIN建模与生成、基于 TPIN 的偷逃骗税疑点发现，研制出国家税务大数据分析平台系列产品，已在国税总局和全国所有省级国、地税局部署，经济与社会效益显著。



二、技术成熟度

☐ 概念验证 ☐ 原理样机 ☐ 工程样机 ☐ 中试 ☒ 产业化

项目授权国家发明专利 35 项，在 IEEE TKDE, IEEE TFS, ICSE 等期刊或会议发表论文 62 篇。国税总局评价：“极大提高税收风险识别的自动化、智能化水平”。国家自然科学基金委成果简报：“及时识别了大量偷逃骗税行为，挽回了巨额税款，为提升国家税收征管的公平性、公正性和科学性提供了技术保障”。

先后为合作单位完成了超过百人次的技术培训，普及与推广了技术成果的技术应用，为我国税务技术人才的培养做出了贡献。

三、合作方式

☒ 联合研发 ☐ 技术入股 ☐ 转让 ☐ 授权（许可） ☐ 面议

12. 知识森林 AR 交互系统

【团队负责人】 刘均

【所在学院】 计算机学院

一、项目简介

知识森林 AR 交互系统是国家重点研发计划项目“教育大数据分析挖掘技术及其智慧教育示范应用”（2018YFB1004500）支持下完成的成果。该工具把一门课程的知识按照层次化、主题化的形式组织成“树叶-树木-森林”形式，并支持 AR 交互。其中，树木对应一个知识点；例如，图 1 是“堆栈”的分面树。树叶对应知识点上的知识碎片。将不同的知识点树木按照认知关系连接起来，形成知识森林。例如，图 2 是“数据结构”课程的知识森林（局部）。知识森林能够在不同粒度上展示课程中知识点以及每个知识点中知识碎片，符合人类整体到局部的认知特点。

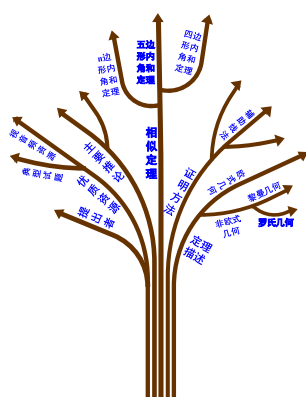


图 1 “堆栈”分面树

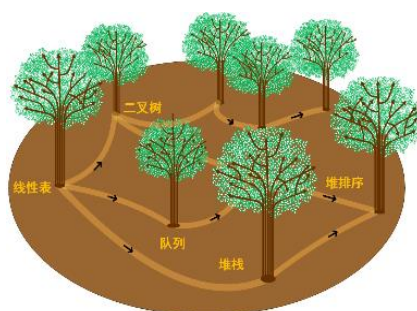


图 2 “数据结构”课程的知识森林（局部）

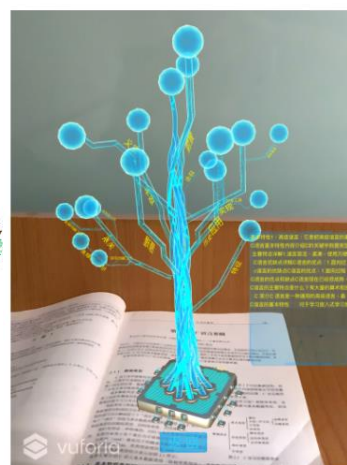


图 3 是知识树的 AR 交互场景

我们采用自然语言处理、图像识别等人工智能技术以及 AR/VR 技术突破了知识森林自动构建、可视化交互等难题，研制了知识森林 AR 交互系统。图 3 是知识树的 AR 交互场景。

二、产品性能优势

1、支持文本、图像不同的模态知识碎片；

- 2、支持知识树自动生成与知识森林自动构建;
- 3、支持沙盘与知识树两种 AR 交互场景,并能相互切换。
- 4、支持认知路径自动规划,实现导航学习避免学习迷航问题。

三、市场前景及应用

本成果在构建新型互联网智慧教育平台方面具有广阔的应用前景。此外,提出的知识森林作为一种教育知识图谱为在线教育中导学、推荐、答疑提供支撑,构建具有智能导学、精准推荐等特征的智慧教育平台。

四、技术成熟度

☐概念验证 ☐原理样机 ☒工程样机 ☐中试 ☐产业化

五、合作方式

☐联合研发 ☐技术入股 ☐转让 ☐授权(许可) ☒面议

13. 室内定位技术

【团队负责人】 廖学文

【所在学院】 微电子学院

一、项目简介

人的大多数活动是在室内，对大型室内场馆或商业及工作场景存在室内定位的巨大需求，但因为室内缺乏卫星信号，需要采用新型的终端定位技术。

课题组利用智能手机上集成的 WiFi、惯导、加速度传感器、磁力计等多传感器，进行数据融合与挖掘，构建室内无线信号地图，将其与室内布局地图相结合，能够实现移动设备（人手持智能终端）、移动机器人设备在室内的定位、寻迹、跟踪算法，构建了无线信号采集、无线地图生成、众包数据库建立与更新、定位匹配算法、轨迹学习算法等一系列系统模块，并在西安交通大学多处教室、楼宇，百货商场与写字楼进行了实地测试，定位性能在自建指纹库下可达 1.5-3 米左右的精度，无专门采集的众包条件下达到 3-5 米精度，且能够绘制连续的用户运行轨迹。此外，还将该技术反向延伸到发射机定位，实现干扰源测定与无线安全。

将类似思路扩展到室外场景，结合射线跟踪算法、深度学习、强化学习算法，可以构建室外条件下的无线信号分布地图，通过对无线信号在特征空间的匹配，可在室外条件下实现对行人、车辆等的定位、轨迹跟踪与预测，与 GPS、北斗等卫星定位手段互为补充。通过前期在室内定位技术方面的研究，课题组已经建立起相应的数据采集平台软件、管理中心数据库、定位算法核心库等完整的室内定位软件平台。

二、产品性能优势

1. 室内条件下，实地终端实时定位与跟踪测试，定位精度达到 2 米以内。
2. 室外条件下，采用华为 5G 基站的通信链路的信道信息数据进行定位测试，定位精度可达 3.5 米左右。

三、市场前景及应用

1. 商场、机场、车站等人流密集场所：需要高效的人流监控和动线分析手段，以提高运营效率、挖掘商业潜力。

2. 工厂：需要实现智能仓储管理、生产过程追踪、自动货物搬运、自动对象加工，达到降本增效目的。

3. 矿井和高层建筑：需要在紧急状态下实时定位内部人员。

4. 医疗护理机构：需要实时定位护理对象，以提供最及时的医护服务。

5. 室内服务机器人、现场工业机器人、无人驾驶车辆：室内定位还是室内服务机器人、现场工业机器人和无人驾驶的必备技术，在一般服务业、军用无人侦查、电力及油气巡线、交通运输领域前景广阔。

四、技术成熟度

☐概念验证 ☒原理样机 ☐工程样机 ☐中试 ☐产业化

该技术已获得定位软件著作权1项，发表论文5篇，申请国家发明专利12项。

五、合作方式

☐联合研发 ☐技术入股 ☐转让 ☐授权（许可） ☒面议

- (3) 中间件架构技术;
- (4) 物联网组网技术;
- (5) 应用层构架技术;
- (6) 应用层分布式框架技术;
- (7) 物联网数据服务器系统技术;
- (8) 多种网络融合技术。

针对工业设备的物联网应用:

- (1) 各行业设备的远程通讯改造技术;
- (2) 设备监控新技术方法;
- (3) 针对设备的优化控制方法;
- (4) 基于物联网技术的服务与管理新方法

创新性:

(1) 链路、业务和应用层功能模块化, 利于系统共性的提炼, 每个功能层次只做简单修改就可进行不同行业应用的移植;

(2) 软件模块“积木化”, 对不同需求可以量身定制;

(3) 专家知识库系统, 对被监控设备进行故障诊断和预测;

(4) 提供集成的数据接口, 利于深层次的数据仓库应用, 如优化控制, 机器“健康分析”等;

(5) 设备监控可高度定制, 能按需定义需要监控的设备、检测项, 以及相关的其他监控元数据。连通链路之后, 系统会根据定义的监控元数据对数据进行解析、存储和展示;

(6) 高可伸缩性架构, 可按需扩展需要接入系统的监控设备台数; 海量数据存储;

(7) 与智能手机的结合, 用户可随时随地了解监控设备状态, 获取设备的报警信息; 同时, 通过智能手机, 用户可在移动终端上完成业务请求。

三、市场前景及应用

可广泛的应用于各种工业设备领域, 如压缩机、冷冻机、鼓风机、水泵、发电机、磨粉机等智能监控、节能管理和网络化管理服务, 市场前景广阔。

四、技术成熟度

☐ 概念验证 ☐ 原理样机 ☒ 工程样机 ☐ 中试 ☐ 产业化

五、合作方式

☐ 联合研发 ☐ 技术入股 ☐ 转让 ☐ 授权（许可） ☒ 面议



六、电子材料与器件

1. 微能量源能量收集系统及其超低功耗片上温度传感

【团队负责人】 范世全

【所在学院】 电子与信息学部

一、项目简介

可针对不同环境，完成震动能、压电能、摩擦电能、光电能、热能、化学能、风能、电磁能、射频信号能等能量的收集、存储，并根据需要为片上或片外低功耗传感器提供稳定且低噪的输出能量供给。此外，针对不同的传感器结构和类型进一步提供丰富的接口电路，用来读取传感器所产生的感应信号。配合低功耗收发机模块，可实现完整的无线传感节点功能。

二、特点

1. 电源管理部分静态电流可低至 65nA;
2. 整个 ASIC 功耗（包含温度传感）不足 1 μ W;
3. 具有最大功率点追踪;
4. 匹配最小 16k Ω 的厘米级以下压电片
5. 具有能量收集、存储和调整输出功能;
6. 提供超低噪声电源供给（10nA-100 μ A）片上/片外传感器;
7. 存储的能量支持 ZigBee、Bluetooth 等低功耗协议间歇数据传输;
8. 构建平均功耗小于 5 μ W 的无线传感节点。

三、市场情况

本项目能以超低功耗实现完整无线传感节点，在 IoT、环境监测等领域有良好的应用前景和社会经济效益。可解决无线传感节点的环境获能及温度传感（传感信息不局限于温度）。

四、技术成熟度

☐ 概念验证 ☒ 原理样机 ☐ 工程样机 ☐ 中试 ☐ 产业化

此技术成熟，即将获得专利授权，寻求与企业合作。

五、合作方式

☐ 联合研发 ☐ 技术入股 ☐ 转让 ☐ 授权（许可） ☒ 面议

2. 高光谱偏振成像光谱仪

【团队负责人】 张淳民

【所在学院】 理学院

一、先进遥感仪器—成像光谱仪

具有自主知识产权；国际上首台偏振干涉成像光谱仪（机载、星载、地面），参加了国家“十一五”重大科技成就展。

成果：国家 863 项目 2 项；国家自然科学基金 2 项；获授权发明专利 3 项；发表 SCI 论文 80 余篇；出版专著 1 部。



地面样机



机载样机



星载样机

二、先进遥感仪器—偏振成像光谱仪

研发成果：首次提出基于 Savart 偏光镜的图像、光谱、偏振态多维信息一体化获取技术；研制了星载原理样机，开展了模拟星载探测实验。

成果：获国家 863 计划 1 项；国家自然科学基金 2 项；发表 SCI 论文 20 余篇；获授权发明专利 5 项。



三、偏振成像光谱仪

仪器特性：高空间/高光谱分辨率 NISP、短波/中波红外波段 NISP（高科技，具有相机、光谱仪、偏振仪全部功能、具有地理信息导航及时间、气象信息；具备精确定位功能，并与仪器有机结合、适合于农业、工业、环保、军事、民用探测要求。具备鲁棒性、成本低，小型轻量，结构紧凑，结实，易维护、维修，抗振抗冲击，抗高低温，自动控制，可编程，可联网、适合于大力推广。

应用领域：可用于农业、工业、环保、资源普查等。

1) 环境、资源探测

- a. 环境污染监测，包括温室气体，如 CO_2 ， CH_4 等，大气污染物质，如雾霾等。
- b. 工业水质、土地污染等。
- c. 自然环境变迁实时监测，如土地沙化，植被变化等。
- d. 地质、矿物资源探测，水质检验。

2) 精准农业遥感探测

- a. 作物播种面积评估、长势评估、产量评估。
- b. 病虫害监测，包括病虫害种类、分布、区域、病虫害程度。
- c. 农作物生长环境监测与评估，包括土地水分、土地湿度、土地养分等。
- d. 农产品安全性监测与评估，如农药残留，包括农药种数、残留量、分区分布、重金属污染等。
- e. 农业生产对环境的影响。如 CO_2 ， CH_4 的释放，水体、土地、空气污染。

3) 民用探测

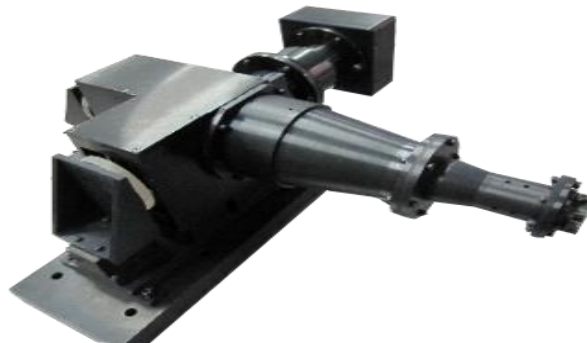
- a. 可设计成手持式仪器探测水果、蔬菜表面磷沉积和农药残留。
- b. 药品安全性监测等。

经济效益：按地面民用、科研、军事和航空航天使用，估计年产量与年利润十分可观。

四、先进遥感仪器—风成像干涉仪

研发成果：理论研究取得重要进展；提出了静态风成像干涉仪新原理、新方案；实验研究取得良好结果。

成果：主持完成国家级项目 3 项；发表 SCI 论文 60 余篇；获授权发明专利 2 项；出版专著 1 部；



风成像干涉仪仪器特性：

仪器特点：

1) 风成像干涉仪技术指标

(1) 卫星平台高度：600 km

(2) 探测大气高度范围：25 ~ 110 km

探测谱线强度峰值高度（日间 45km，夜间 94km）附近区域

(3) 工作波段：1.27 μm （准/单色光）

(4) 风速探测范围：大于 5m/s

(5) 风速探测精度：5m/s

(6) 温度测量范围：200 ~ 1000K

(7) 温度测量精度：3 ~ 5K

(8) O_3 浓度测量相对精度

在探测谱线强度峰值高度，

日间 5%（45 km），夜间 10%（94km）

(9) 廓线重要分辨率：2km（垂直）。

2) 可探测参数种类：温度、风场、 O_3 同时探测

3) 大气温室气体反演系统技术指标

a. 探测目标气体： CO_2 、 O_3 、 CH_4 等

b. 反演结果相对偏差小于 1%

先进遥感仪器—风成像干涉仪 应用领域：可用于大气探测、航天航空领域等。

经济效益：国内还未有机构研制风成像干涉仪，其在航空航天，军事、科研上的需求量极大、大气温室气体反演系统，进行算法集成后，以打包软件方式或者数据库方式出售、成本极低，可以带来可观的经济效益。

五、合作方式

☐ 联合研发 ☒ 技术入股 ☒ 转让 ☐ 授权（许可） ☐ 面议

3. 可调谐外腔式半导体激光器

【团队负责人】 李创社、张彦鹏

【所在学院】 电子科学与工程学院

一、项目简介

半导体激光器由于体积小、效率高、结构简单、便于调谐等优点，在工业、军事、科研以及家电等领域发挥越来越重大作用，已成为重要的基础器件。

项目研制和开发了半导体激光器系列产品，主要包括：

1、可调谐外腔半导体激光器

激光器二极管（LD）发出的光经准直透镜后平行入射到外腔闪耀光栅上，经光栅分光得到一级衍射光和零级光。一级衍射光反馈回外腔与有源区光场相互作用，实现压窄线宽、降低噪声目的；零级光经聚焦透镜后作为输出光，调整光栅的角度可实现波长的调谐。产品覆盖从 762 到 795 纳米（nm）各种波长，输出功率 50~100 毫瓦（mW），线宽 <500 kHz，可用于工业测量、光通信、光信息处理、激光光谱学等。

2、外腔半导体激光器稳频系统

通过调制激光器的外腔、激光管的注入电流等得到激光光谱信号，处理后得到参考谱线中心频率两侧极性相反的稳频误差控制信号，将激光频率锁定在参考谱线中心附近。

激光稳频在精密干涉测量、光频标、光通信、激光陀螺及其精密光谱研究等领域中有广泛应用。产品可实现三种激光稳频，将线宽限制在 100kHz 左右。主要有：

(1) 饱和吸收锁——锁峰：产品精度高且易于操作。利用饱和吸收峰将激光器精确锁在某一固定频率上。

(2) FP 腔锁——锁峰：产品使用非常方便。通过改变 FP 腔的腔长实现一定范围的波长扫描。

(3) PID 电路锁——锁边：产品简单易用，用于对精度要求不高的锁频应用。

3、外腔半导体激光放大器

放大器可对入射激光进行放大，同时保持注入光的偏振、线宽和波长等物理特性不变。产品输入光功率 10 mW~50 mW，放大倍数 13dB，输出功率 500mW~1000mW，增益带宽 30nm。

二、技术创新性和领先性

高精度、高稳定激光器伺服系统，提高了波长调谐范围及缩小了输出线宽。注入电流变化控制在 $0.001 \sim 0.0001$ 毫安量级；温控精度达到 $\pm 0.01^\circ\text{C} \sim \pm 0.001^\circ\text{C}$ ；PZT 精密控制实现纳米量级的腔长调谐。高性能的激光器稳频系统，实现频率锁定，将激光线宽限制在 100kHz 左右。高功率的激光放大系统，实现对 762 到 795 纳米特定输出激光的放大，放大后的激光输出功率达到 1W。

三、市场及效益分析

项目产品年产值超过 500 万，形成显著的社会、经济效益。

四、合作方式

☐ 联合研发 ☐ 技术入股 ☐ 转让 ☐ 授权（许可） ☒ 面议

4. 油井天然气/氮气实时监测装置

【团队负责人】 李昕

【所在学院】 微电子学院

一、项目简介

与国内外现有的关于天然气混合气体中各种种类的识别以及在线检测设备的技术相比较,该技术选择用多种传感器构造智能传感器阵列的技术手段。以深度学习算法网络为信息辨识计算方法,以 FPGA 来完成网络算法的硬件实现,最终获得一套智能化天然气混合气体多种气体(包括氮气)在线监测装置。



二、技术指标(性能参数)

1. 甲烷、乙烷、丙烷、二氧化碳、一氧化碳、氮气的检测量程均为 0—100%;
2. 各种气体检测精度为 0.5 级;
3. 数据存储和通信可以首先无线通信且手机读取;
4. 设备寿命 10 年。

三、市场前景及应用

可以用于采油厂、矿井、油田等资源开采环境;也可以适用于家居、城市污染检测(烟雾、可燃气体、甲醛、雾霾、空气尘埃等);以及适用于人体健康检测。

四、技术成熟度

☐概念验证 ☐原理样机 ☒工程样机 ☐中试 ☐产业化

五、合作方式

☐联合研发 ☐技术入股 ☐转让 ☐授权(许可) ☒面议

5. 面向小型化、集成化微波器件(超)低温共烧陶瓷技术

【团队负责人】 周迪

【所在学院】 电子科学与工程学院

一、项目简介

低温共烧陶瓷技术 (Low Temperature Co-fired Ceramic, LTCC) 是近年来兴起的一种令人瞩目的多学科交叉的整合组件技术, 因其优异的电子、热力学等特性已成为未来电子元件集成化、模块化的首选方式。国内被动元件厂商多年来与日商呈现很大差距, 国内 LTCC 的发展成效将是缩短这一差距的关键。团队专注小型化、集成化微波器件(超)低温共烧陶瓷技术研发, 并取得了一些成果。

二、产品性能优势

团队研发了一系列可以在 900℃ 烧结的 K12 及 K40 型微波介质陶瓷 (如表格 1 所示), 研究其与 Ag 电极的共烧兼容特性, 如图 1 所示。可以看出 Ag 电极能独立存在且无扩散, 说明 K40 型微波介质陶瓷粉体与 Ag 电极有很好的兼容性。

表 1 LTCC 微波介质陶瓷烧结温度及介电性能列表

Composition	ST (°C)	ϵ_r	Q	Qf (GHz)	f (GHz)	TCF (ppm/°C)
SrMoO ₄ -TiO ₂ -CuO	900	12.1	5720	47.200	8.26	+1
CaMoO ₄ -TiO ₂ -CuO	900	13.0	6960	57.400	8.25	-5
Li ₂ O-Nb ₂ O ₅ -TiO ₂ -B ₂ O ₃ -CuO	900	40	2480	16.000	6.489	+20
ZnSnTiNbO-B ₂ O ₃ -CuO	900	42	3800	24.000	6.246	-3

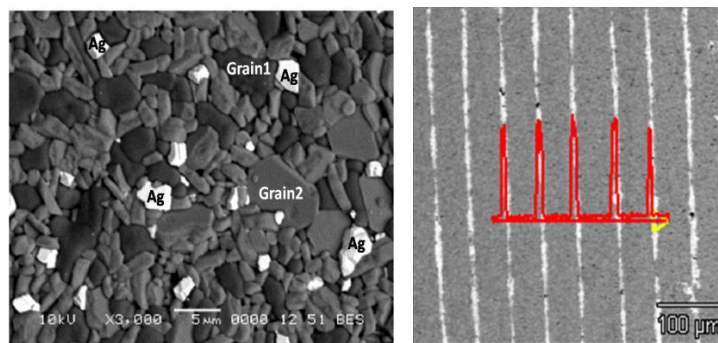


图 1 K40 与 Ag 粉共烧后背散射电子图像及厚膜多层共烧后样品断面背散射及能谱线扫描

三、技术成熟度

☐概念验证 ☐原理样机 ☐工程样机 ☐中试 ☒产业化

该系列结果已在相关企业初步实现产业转化。

四、合作方式

☐联合研发 ☐技术入股 ☐转让 ☐授权（许可） ☒面议

6. 面向高频介质谐振器、滤波器的高品质因数微波介质陶瓷

【团队负责人】 周迪

【所在学院】 电子科学与工程学院

一、项目简介

微波介质陶瓷是近四十年来迅速发展起来的新型功能电子陶瓷,广泛用于介质谐振器、滤波器、介质天线基板等。为满足微波器件向高集成化、小型化、高可靠性方向发展,微波介质需要具有高介电常数、低介电损耗及近零温度系数。目前微波陶瓷和器件的生产水平以日 Murata 公司、德 EPCOS 等公司为最高。其产品已在 300MHz~40GHz 系列化,年产值达数十亿人民币。国内微波介质陶瓷及器件的生产在技术、品种及规模上与国外相比有较大差距。团队在中高 K 值微波介质陶瓷研究方面做出了一系列原创性工作,研发了一系列具有自主知识产权的新型微波介质陶瓷。

二、产品性能优势

(1) 中 K 值微波介质陶瓷:

K24⁻28: 采用高品质因数且具有正值 TCF 的 Li_2TiO_3 、 TiO_2 等对 $\text{Li}(\text{Zn}_{0.5}\text{Ti}_{1.5})\text{O}_4$ 进行补偿,获得介电常数 26 附近的温度稳定型微波介质陶瓷,其 Qf 高达 94,000GHz;

K32⁻35: 在 BaO-ZnO-TiO_2 三元相图中选取 $\text{BaZn}_2\text{Ti}_4\text{O}_{11}$ ($\epsilon_r=30$ 、 $Qf=68,000\text{GHz}$ 、 $\text{TCF}=-30\text{ppm}/^\circ\text{C}$) 及 BaTi_4O_9 组份($\epsilon_r=35\sim 38$ 、 $Qf=20,000\sim 50,000\text{GHz}$ 、 $\text{TCF}=+10\text{ppm}/^\circ\text{C}$), 可以构建温度稳定型中 K 微波陶瓷;

(2) 高 K 值微波介质陶瓷:

K40⁻45: 采用多相复合的方法在 $(\text{Mg}_{1/3}\text{Nb}_{2/3})\text{O}_2\text{-ZrO}_2\text{-TiO}_2$ 三元体系内构建了一系列高品质因数微波介质陶瓷,其中 1240 $^\circ\text{C}$ 烧结的温度稳定型 $0.625\text{ZrTiO}_4\text{-}0.375(\text{Mg}_{1/3}\text{Nb}_{2/3})\text{TiO}_4$ 陶瓷介电常数 42.5, Qf 高达 43,520 GHz;

K75⁻83: 通过组分调整 $\text{BaO-Ln}_2\text{O}_3\text{-TiO}_2$ 基微波陶瓷,可以得到一系列介电常数分布于 75~83 范围内的微波陶瓷,此系列为广泛使用的商用经典配方,申请人实验室制备的 $\text{Ba}_{6-3x}(\text{Sm}_{0.85}\text{Nd}_{0.15})_{8+2x}\text{Ti}_{18}\text{O}_{54}$ 系列微波介质陶瓷在介电常数 78.9 附近时其 Qf 高达 9,860GHz;

K75~85: 通过不等价复合离子取代的方式, 将 $(\text{Li}_{1/2}\text{Bi}_{1/2})^{2+}$ 、 $(\text{Na}_{1/2}\text{Bi}_{1/2})^{2+}$ 等复合离子引入 BiVO_4 , 获得了一系列介电常数介于 75~85 之间的白钨矿型微波介质陶瓷, 其中 $x\text{Bi}(\text{Fe}_{1/3}\text{Mo}_{2/3})\text{O}_4-(1-x)\text{BiVO}_4$ 系列最高介电常数可达 75, 其 Qf 高达 13,000GHz, 这是迄今为止介电常数高于 70 的微波介质所能企及的最高值;

K85~88: 在 $\text{Bi}_2\text{O}_3\text{-TiO}_2\text{-V}_2\text{O}_5$ 三元体系中开发出一系列复合陶瓷, 其介电常数介于 85~88, 其中温度稳定型 $0.45\text{BiVO}_4\text{-}0.55\text{TiO}_2$ 陶瓷的介电常数 86.2, 其 Qf 高达 9,500GHz, 该性能已经超过了的前面所述商用 Ba-Sm-Nd-Ti-O 体系。

表 1 中 K、高 K 值高品质因数微波介质陶瓷性能列表

Composition	ST (°C)	ϵ_r	Q	Qf (GHz)	f (GHz)	TCF (ppm/°C)
$(\text{Mg}_{0.7}\text{Zn}_{0.3})\text{TiO}_3\text{-CaTiO}_3$	1300	23.0	7520	86,250	8.81	+0.2
$\text{Li}(\text{Zn}_{0.5}\text{Ti}_{1.5})\text{O}_4\text{-TiO}_2$	1100	24.2	11700	87,000	7.4	-1
$\text{Li}(\text{Zn}_{0.5}\text{Ti}_{1.5})\text{O}_4\text{-Li}_2\text{TiO}_3$	1160	27.5	11400	94,000	8.25	+1
$\text{BaZn}_{2(1-x)}\text{Ti}_4\text{O}_{11-2x}(x=0.6)$	1280	32.7	9700	53,000	5.5	-6
$0.7\text{CaTiO}_3\text{-}0.3\text{NdAlO}_3$	1450	45.3	8905	45,900	5.156	+2.8
$\text{Bi}(\text{Fe}, \text{Mo}, \text{V})\text{O}_4$	820	74.8	3350	13,000	3.879	+20
$\text{Ba}_{6-3x}(\text{Sm}_{0.85}\text{Nd}_{0.15})_{8+2x}\text{Ti}_{18}\text{O}_{54}$	1350	78.9	2560	9,860	3.54	-5.3
$0.45\text{BiVO}_4\text{-}0.55\text{TiO}_2$	900	86.2	2750	9,500	3.45	-8

三、术成熟度

K45 配方已经在相关企业完成技术转化, 2018 年度基于该配方制作的介质谐振器及滤波器产值突破 500 万元。

四、合作方式

☐ 联合研发 ☐ 技术入股 ☐ 转让 ☐ 授权 (许可) ☒ 面议

7. 智能安全检测监测技术

【团队负责人】 马登龙

【所在学院】 机械工程学院

一、背景介绍

目前国内化工化工安全事故形势严峻。2018 年全国事故 176 次，死亡 223 人；2019. 1-6 月，全国化工事故 817 起，死亡 409 人，超过 2018 全年总和。其中，装备的不安全状态和人的不安全行为是引发安全事故的主要原因，同时存在智能安全检测监测面临准确性、有效性、快速性难以兼顾的问题，智能安全检测监测技术亟待发展。课题组基于上述情况，面向智能安全检测监测需求开发了一系列的技术和方法。

二、技术特点及应用

(一) 基于人工智能嗅觉系统的挥发性介质检测识别

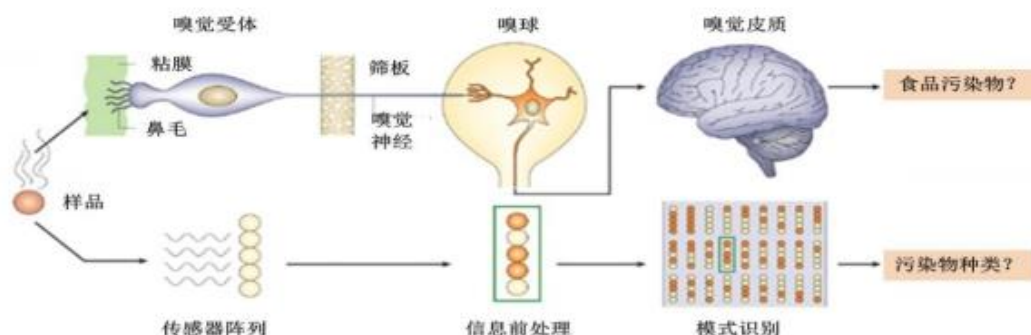


图 1 人类嗅觉与人工嗅觉系统工作原理

基本原理：模拟动物嗅觉对未知多组分进行检测识别

解决问题：单组分、多组分微量挥发性分或气体定性定量识别。

技术特点：克服传统单点传感器交叉响应、选择性差、误报高的缺点；气体组分适应选择性好、检测气体灵敏度高、操作简单成本低；利用同一模块识别不同的组分；对于多组分混合状态整体识别具有优势。

应用场景：容器管道挥发组分泄漏；环境污染物释放；危险物质释放；材料热致状态检测（电气热致故障）；物料品质检测（比如食品掺假、油品质量劣化）。

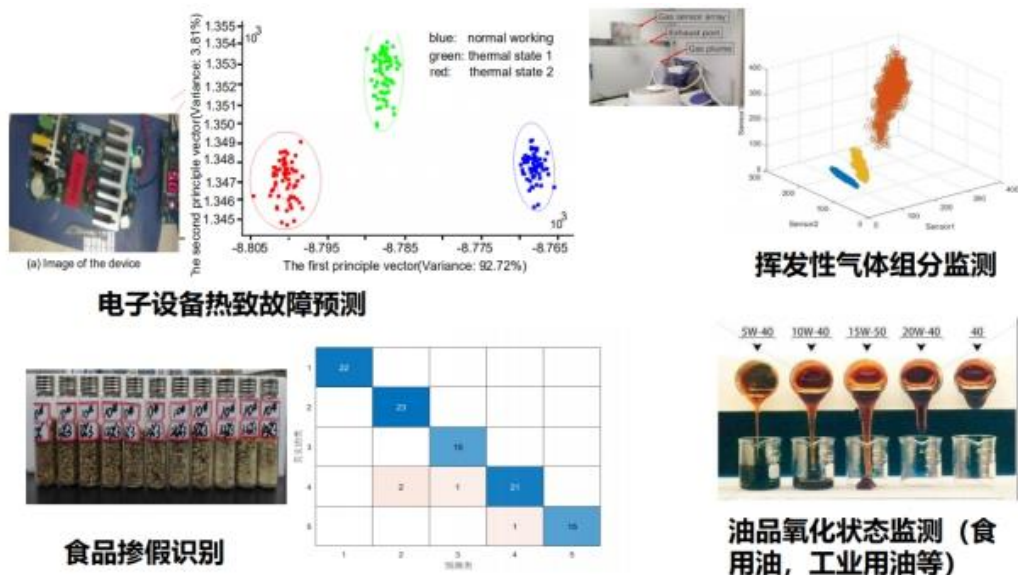


图 2 人工嗅觉系统应用场景

(二) 容器管道设备全周期多场耦合泄漏检测监测方法

解决问题: 为管道容器泄漏前腐蚀状态监测—早期泄漏痕迹监测—明显泄漏可视化监测全周期提供精细化检测监测。

技术原理: 导波超声检测技术对腐蚀缺陷检测; 人工嗅觉对早期痕迹气体进行检测; 利用增强辐射红外成像技术对气体泄漏进行可视化监测。

应用场景: 材料和构建的腐蚀、缺陷检测监测; 介质泄漏检测监测。

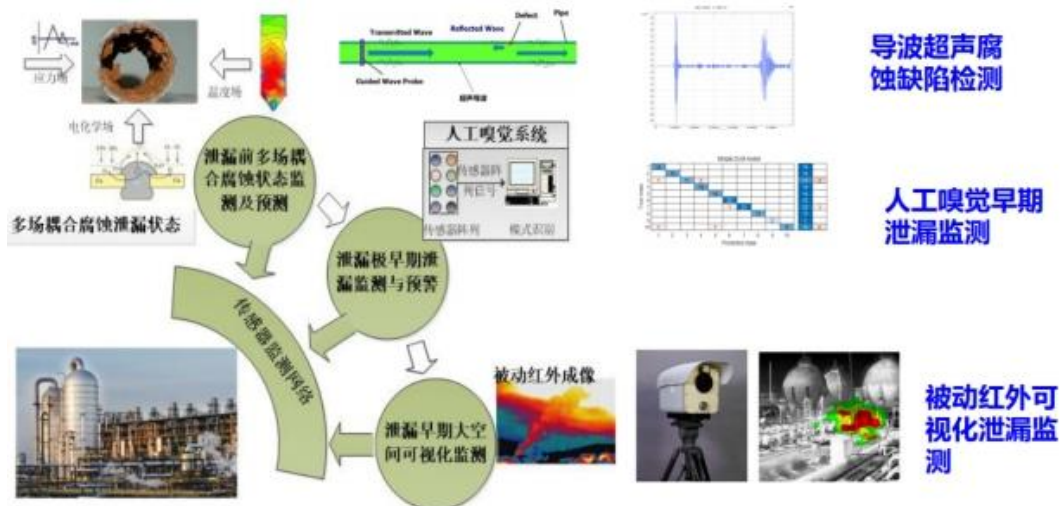


图 3 容器管道监控过程和主要技术手段

(三) 泄漏监测及反演溯源方法和装置

图 4 泄漏监测及反演溯源解决方案



解决问题：未知泄漏释放源的辨识确定。

基本原理：利用静态传感器分布或移动机器人，结合溯源算法实现泄漏溯源。

技术特点：根据监测浓度和大气信息反演泄漏源信息；定位精度高；可估计释放泄漏速率等源项信息；可同时固定分布传感器和移动机器人。

应用场景：大型危险介质生产、储存、运输、生产厂园区、边境口岸、环境领域危险物释放辨识溯源。

(四) 智能安全信息感知与安全行为识别技术装置和系统

解决问题：站场园区安全状态、人的安全行为自动监测和识别。

技术原理：利用固定式检测装置、智能头盔搭载危险气体、视觉、温度、湿度等传感器，无线远程监测相关安全信息，并传至监测系统。利用智能算法对危险状态（气体泄漏、高温等）和不安全行为（安全帽佩戴、防护装备穿戴、违规抽烟、打手机等）进行自动识别。

应用场景：化工厂区巡检、矿区作业巡检、危险作业安全监测、特殊作业（有限空间、动火、高处作业等）危险行为监测、作业规范识别；可拓展至其它可视化危险因素识别。

三、技术成熟度

☐ 概念验证 ☒ 原理样机 ☐ 工程样机 ☐ 中试 ☐ 产业化

四、合作方式

☐ 联合研发 ☐ 技术入股 ☐ 转让 ☐ 授权（许可） ☒ 面议

8. 基于热电材料的无线无源温度传感器

【团队负责人】 何海龙

【所在学院】 电气工程学院

一、项目简介

本项目提供一种应用于有稳定热源、不方便布设电缆、需长期监测、电池不易更换或者易燃易爆等特定场合温度检测的无线无源温度传感器。基于热电材料的热电型传感器是基于热电材料的热电效应，利用器件内部载流子运动实现热能和电能直接相互转换。当器件两端存在温差时，热场驱动器件内的载流子定向运动，从而产生温差电流，用于热电型传感器系统的供电。

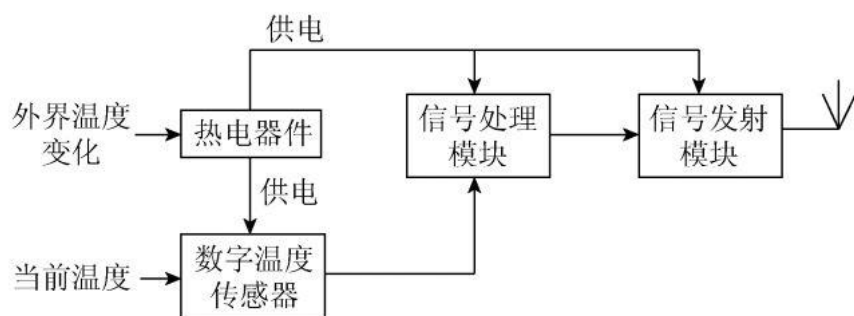


图 1 基于热电材料的无源传感器工作原理图

图 1 给出了热电型无源温度传感器的基本工作原理图，可以看出：外界温度变化触发内部热电器件，由热电器件为各个模块供电。内置的数字型温度传感器测量外界温度值，并将温度信号传给信号处理模块，再将温度数据发送。

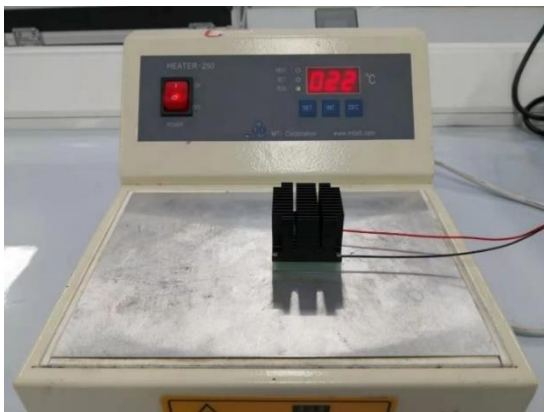


图 2 温差供能模块（传感器供电部分）

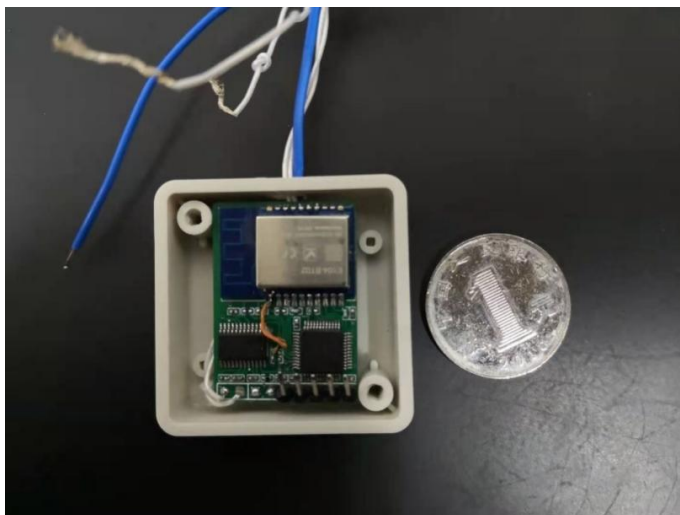


图 3 传感器电路模块（含无线发射部分）

二、技术指标（性能参数）

该项目中的关键技术为热电材料研发、热电器件制作及信号发射模块设计。主要指标参数：

指标名称	目前	目标	备注
传感器尺寸	40*40*40 mm ³	30*30*30 mm ³	目前优于 ABB
最小工作温差	20℃	10℃	目标与 ABB 相当
传感信号 发射距离	>8m(空旷条件)	>8m(空旷条件)	目前与 ABB 相当

三、市场前景及应用

按供能方式可以将微型传感器分为两种：有源和无源传感器。前者由于采用电池或电缆供电，传感距离非常远，可采用各种电路，控制处理方便灵活，目前已被广泛应用。然而，对于许多不方便布设电缆、需长期监测、电池不易更换或者易燃易爆等危险场合（如冶金、建材行业中关键设备回转设备温度测量，现场条件复杂，回转设备以一定速度旋转）的应用，必须采用无线无源温度传感器来实现测量。此外，在无线传感器物联网应用中，由于节点数量多和分布范围大，电池更换问题也难以解决。因此，能够自供能的无线

无源传感器具有广泛的应用前景,也是目前国内外研究的热点,本项目中基于热电材料的无线无源温度传感器便是其中重要的一员。

四、技术成熟度

☐概念验证 ☐原理样机 ☒工程样机 ☐中试 ☐产业化

五、合作方式

☐联合研发 ☐技术入股 ☐转让 ☐授权(许可) ☒面议

9. 一种基于压力波的管道泄漏检测技术

【团队负责人】 邓建强

【所在学院】 化学工程与技术学院

一、项目简介

流体管路输运是工业、农业、城市供排水等领域的关键流程,目前约有 50%的地下管道的管龄已超过 30 年。全国油气输运管道总里程已超过 12 万公里,到 2025 年,将达 24 万公里,绕地球 6 圈。城市供水管网平均漏失率超过 14%,因漏失导致的年损失水量超过 60 亿 m^3 ,折合人民币 180 亿。西气东输、南水北调、西油东送等资源跨区域管道输运通道建立,油气管道泄漏事故,还将威胁群众生命安全、危害周边环境。

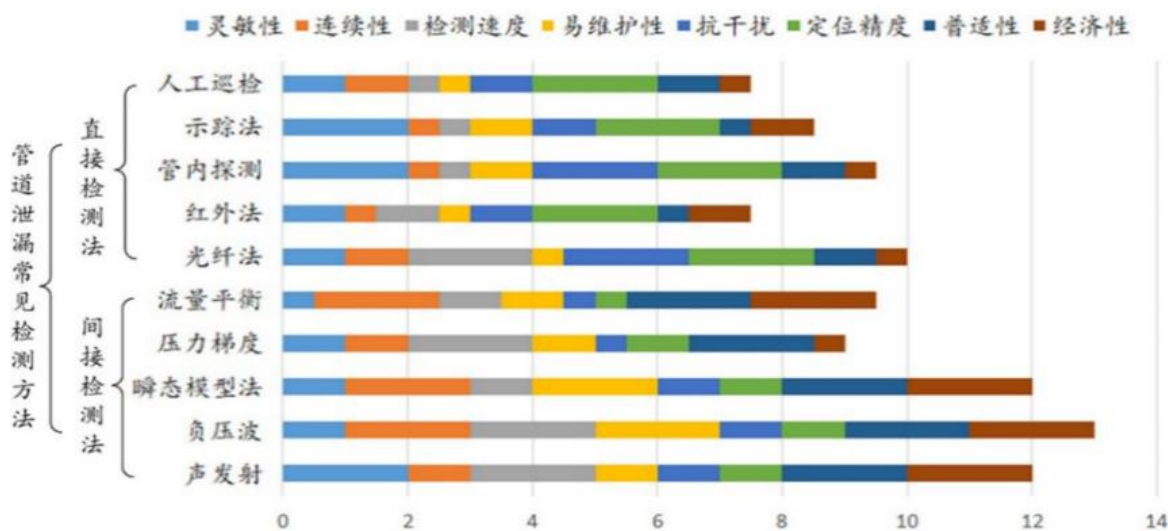
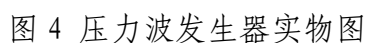
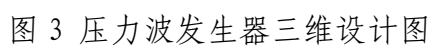
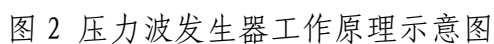


图 1 现阶段管道泄漏常见的检测方法

目前负压波法检测管道泄漏属于主流,本项目基于压力波的管道泄漏检测技术具有负压波法的优点,同时能够检测出管道的微小泄漏,预测管道发生的畸变,应用性、经济性较好。



发生泄漏时, 压力波产生器产生的压力波, 经过泄漏处发生变化, 传感器采集到的压力信号进行幅频分析并与不发生泄漏时的信号进行比较。从而推测出泄露的大致方位。

目前团队已经实现工程样机研发，经实测最大测试误差为 1.83%，可以满足工程定位要求。

二、产品性能优势

1. 本项目涉及关键技术

(1) 主动式压力波发生器：本项目自主开发的压力波发生器，可以主动产生所需要的压力波信号，并且信号强烈，随时检测管道的泄露和畸变；

(2) 小波变换技术：对于含有噪声的负压波信号的奇异点位置，采用小波变换技术精确压力波到达传感器端的时刻，减小定位误差；

(3) 经过训练的神经网络：借助反馈型神经网络，开展不同泄漏工况下的网络训练和预测，利用经过训练的神经网络对所选取的泄漏点进行定位预测，提高定位的准确度。

2. 产品优势

(1) 自主研发的压力波发生器，装置的结构简单，不易受外界条件影响；

(2) 本技术的压力波具有负压波的优点，同时信号更加强烈，能够检测出管道的微小泄漏；

(3) 预测管道发生的畸变，预报泄漏。

三、市场前景及应用

该技术主要应用于油气管路、市政工程中供暖、供水管道的检测领域。2014 年-2017 年，我国仅油气管道新增检测长度年平均增长 0.6 万公里，现有存量检测长度自 2015 年起突破 10 万公里，每年保持约 1 万公里增速。城市供水管网平均漏失率超过 14%，因漏失导致的年损失水量超过 60 亿 m^3 ，折合人民币 180 亿。随着国家在油气工程、市政工程逐年投入，以往的管道相继出现老化，市场将持续保持旺盛需求，存量市场规模也将逐步扩大。本项目技术较主流技术不仅可以做到高精度的泄露位点检测，还可以做到泄露位点预测，在技术上占有一定优势，后期推向市场可以该点作为卖点去和已有的技术竞争市场份额。

四、技术成熟度

☐概念验证 ☐原理样机 ☒工程样机 ☐中试 ☐产业化

五、合作方式

☐联合研发 ☐技术入股 ☐转让 ☐授权（许可） ☒面议

10. 先进传感材料与器件制造

【团队负责人】 戴正飞

【所在学院】 材料科学与工程学院

一、项目简介

工业 4.0 物联时代，传感器肩负重任，工业互联网将依靠智能的机器加上先进的分析工具，实现通信、计算、控制的三位一体。这其中，传感器是数据采集的入口，是物联网的神经末梢。半导体气体传感器当前已在环境污染监测、爆炸物检测、国家安防等领域得到了初步应用。这类传感器一般需要在高温工作，能耗高，长时间探测易使设备老化，可靠性差，难以便携。发展柔性低功耗传感器技术，有望在上述领域推动传感器工作模式的革新，并拓展其在可穿戴器件、人体健康监测、动力电池安全监控分析等新型领域的应用。本项目一方面利用自研的具备国际领先水平的高性能气体传感材料，推广其在国内外高校、科研院所与企业的应用；一方面，借助微电子打印与 3D 打印技术，研发出新型的柔性传感器芯片，推出高通量传感器制备技术与联网数据采集方法，将之用于锂离子动力电池安全联网监控、人类高危疾病的快速筛查监测等国内研制初级领域，率先建立相关行业标准与占据市场高地。通过本项目的实施，有望在柔性电子传感器芯片领域及其在新能源汽车、大健康等应用场景提供成熟服务方案。

二、产品性能优势

低温电解液性能优势：

气体传感器生产企业主要集中在日本，欧洲和美国。气体传感器相关企业有英国城市技术公司（Honeywell）、日本 Figaro、英国 Alphasense、Dynament 等。国内方面，主要的气体传感器企业有汉威科技（股票代码：300007）、天津费加罗（中日合资）等。但是相关新型领域：柔性穿戴、电池安全监测、人体健康检测芯片方面，国内企业较少涉及。

相比于传统国内外传感器企业，本项目着眼于柔性穿戴、电池安全、人体大健康等技术领域，背靠这些万亿级市场，研发新型的高效传感材料与器件制造技术。本项目的关键技术点在于：（1）高性能可宏量制备的纳米材料结构，相比于大多实验室少量合

成，本技术提出的纳米材料合成技术具备 Kg 级水平，结合刷涂或者印刷技术，可制备出千万级纳米传感器；（2）传感器芯片批量制备技术，申请人前期掌握了 MEMS 基传感芯片的 4-6 寸晶圆级制备技术，单个晶圆上芯片可达 1000 个以上。后续本项目将继续突破材料于器件一体化技术，即发展晶圆级传感器芯片-材料一体化复合器件制造技术，拟通过柔性电子打印机、微电子印刷技术，实现高通量传感器制造技术关口。基于上述研究，本项目将突破国外企业在柔性穿戴、电池安全监测、人体健康检测芯片的技术限制，研制出低成本、可批量、高性能的穿戴、电池安全预警等传感器，建立人类疾病呼出气体传感快速筛查、气体传感预警电池热失控的行业标准。

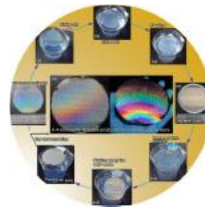
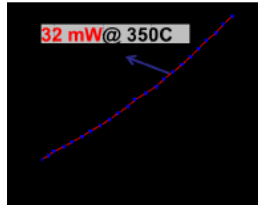
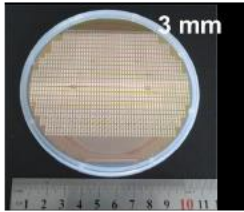
三、市场前景及应用

气体传感器广泛应用于工业、生活的各个领域，如石油、化工、钢铁、冶金、矿山、环保、市政、医疗、食品等诸多领域。近年来，随着互联网与物联网的高速发展，气体传感器在新兴的智能家居、可穿戴设备、智能移动终端等领域的应用突飞猛进，大幅扩展了应用空间，需求量也发生数量级的改变。环保需求日益迫切，加之传感器技术本身的不断发展，正推动环境监测有望成为物联网（IoT）垂直领域中率先落地的亮点应用之一。新思界行业研究发布的《2018 年全球及中国气体传感器产业深度研究报告》显示，2022 年气体传感器市场将达到 67 亿人民币的市场容量，未来 5 年间的年复合增长率为 7.3%，其中环境监测更是在所有应用领域中位列第三。气体传感器很可能是下一个集成在智能手机或可穿戴设备的最佳选择。消费应用正在推动新的气体传感器发展，以减少成本、功耗和尺寸，尤其是采用 MEMS 技术的解决方案。气体传感器在消费应用的市场规模应该会从 2015 年的 1200 万美元增加 2021 年的 9500 万美元。如果大规模在新型技术上使用，那么还将会有 6000 万美元的增长。2015 年至 2020 年，其复合增长率超 33%。这一段时间气体传感器增长率有望成为历史上最高。尤其是，随着我国万亿级纯电动车市场发展及其汽车保有量日益增多，关于纯电动汽车发生起火事故的新闻也开始频频“刷屏”，让电动汽车安全问题成为了全社会关注的焦点，也触动着消费者心底里对安全的焦虑。一时间，电动车不可靠、电池技术不成熟等问题，再次引发了广泛的讨论。目前锂电池产业逐渐形成增加一道防火墙的安全意识，采用气体传感器来监测锂电池起火，锂电池起火前通常会产生大量甲烷，丙烷，CO，氢气等多种气体，因此开发新型动力电池安全监控气体传感器及建立国家行业标准十分迫切。

四、技术成熟度

☐ 概念验证 ☒ 原理样机 ☐ 工程样机 ☐ 中试 ☐ 产业化

五、合作方式



☐ 联合研发 ☐ 技术入股 ☐ 转让 ☐ 授权（许可） ☒ 面议

11. 基于弹性湍流的微通道强化散热技术

【团队负责人】 张永海

【所在学院】 化学工程与技术学院

一、项目简介

本项目源自高功率电子器件应用行业实际技术需求，属于行业共性问题。

随着 MEMS/NEMS 技术和新一代半导体材料的发展，电子器件微型化、集成化程度不断提高，导致其热流密度持续增大，高集成度、高功率电子系统的热管理问题极具挑战，已成为制约其性能及规模化应用的主要瓶颈之一，是工程热物理、微电子与微纳加工交叉领域的热点和前沿问题。目前超高热流散热核心技术被少数发达国家掌握，热流密度 $>1 \text{ kW/cm}^2$ 的散热技术已经通过了实验验证。我国在微通道对流换热强化、流动沸腾机理与调控技术方面已开展了大量研究，但在传热性能和技术应用方面仍落后于欧美国家。总体而言，微流体冷却技术存在单相传热性能相对较差、两相流动不稳定的问题，亟需针对高集成度、高功率电子系统超高热流密度冷却技术开展研究，实现技术突破。

微通道散热器比表面积大、热输运能力强、易与高功率电子器件实现集成，已成为最具前景的超高热流散热技术。第一代远端冷板散热技术的散热能力小于 100 W/cm^2 ，第二代穿透式液冷散热技术的散热能力约为 $200 \sim 400 \text{ W/cm}^2$ ，本项目提出基于弹性湍流的嵌入式微通道高效散热技术，可以实现热沉冷却能力 $\geq 1000 \text{ W/cm}^2$ ，散热器表面温度 $\leq 70^\circ\text{C}$ ，冷却热流密度相比传统液冷冷板等经典技术提升 10 倍以上。该技术可突破高功率电子器件散热技术瓶颈，带动高频、高集成、高功率电子器件产业链升级，提升国防军工、信息技术和智能制造等相关产业核心竞争力，产生显著的经济和生态效益。

二、产品性能优势

（1）基于弹性湍流的微通道内微流体高效热技术

开发宽温区、自修复且易猝发弹性湍流的“环保型表面活性剂黏弹性流体”作为工作介质，通过微通道构型和微射流等因素猝发非牛顿黏弹性流体弹性失稳，从而形成具有高换热性能的湍流传热。

（2）流-固-热-力多要素耦合仿真技术

开发准确高效健壮的数值计算方法，形成流-固-热-力多要素耦合仿真技术，揭示温度、热应力和器件性能的耦合关系，为嵌入式微通道散热器的设计提供理论依据。

（3）复杂三维供液分流管网一体化集成技术

设计微米（微通道散热器）-毫米（基板分流器）-厘米（供液箱体）多尺度复杂三维流体供液分流网络，开发基于热压牺牲层工艺的 HTCC/LTCC 基板分流器、基于 3D 打印或多层键合工艺的供液箱体，实现嵌入式微通道散热器、基板分流器和供液箱体的复杂三维供液分流管网一体化集成。

三、市场前景及应用

以氮化镓为代表的第三代宽禁带半导体器件具有高频率、高功率、低损耗以及高抗干扰能力等特点，在军用雷达、激光器、5G 射频、光电子以及功率电源等领域具有广阔的应用前景，已成为支撑新一代军工、信息技术和智能制造的“核芯”。2020 年中国电力电子和微波射频产值约为 70 亿元，且每年以超过 30% 的速度增加，其中，电力电子产业产值达 35.35 亿元，GaN 微波射频产业产值达 33.75 亿元。

本产品的开发将填补国内超高热流密度散热领域的技术空白，将助推 GaN 基功率器件的性能跨越式提升，为我国占领高功率器件市场创造条件。

四、技术成熟度

☐概念验证 ☐原理样机 ☒工程样机 ☐中试 ☐产业化

五、合作方式

☐联合研发 ☐技术入股 ☐转让 ☐授权（许可） ☒面议

12. 白光干涉仪（光学轮廓仪）

【团队负责人】 刘涛

【所在学院】 机械工程学院

一、项目简介

Xshape-I 系列白光干涉仪是一款完全国产化的高端光学无损 3D 检测仪器，针对微纳结构、几何关键尺寸、粗糙度和表面轮廓等。目前在高端制造业应用有：半导体晶圆检测、超精密光学元件制造、微机电系统 MEMS 检测、高端机械装备制造、微电子表面涂层、薄膜制造等。

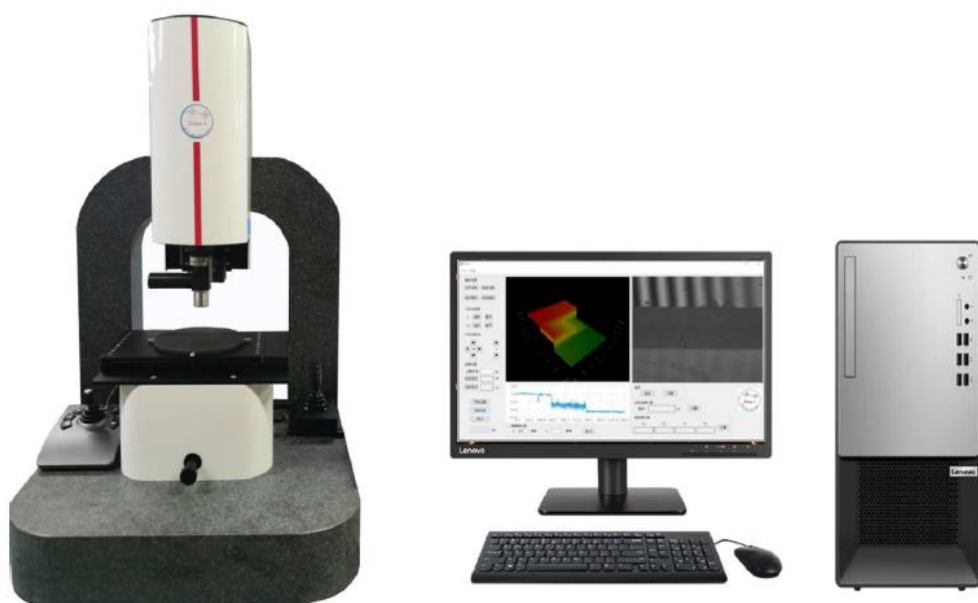


图 1 白光干涉仪

仪器测量范围能实现从超光滑表面粗糙度到 200 μm 的台阶；表面反射率从 0.5%~99.9% 的样品均可适用；满足 2~12 英寸硅片或晶圆等的无损检测。

二、仪器特点

- 全部采用国产化的系统设计
- 采用国产化的白光干涉物镜
- 光源采用 LED 白光照明光源，适用寿命长，或者采用外置特种光源
- 测量模式：采用 VSI 和 PSI 两种测量模式，适应于不同的表面测量需求
- 依据面粗糙度标准 ISO25178，线粗糙度标准 ISO4287，平整度标准 ISO12781

- 检测精度高, Z 分辨率 0.1^{-1} nm, 精度 20^{-50} nm
- 被测表面反射率从 $0.5\%^{-99.9\%}$
- 可实现单视场的三维检测, 也可实现大范围的三维拼接检测
- 最大可检测 12 英寸晶圆
- 图像分辨率达 200 万像素

三、软件介绍

Xshape-I 系列白光干涉仪配备 WLI 白光干涉分析软件, 软件依据面粗糙度标准 ISO25178, 线粗糙度标准 ISO4287, 以及几何技术规范 ISO12781。

软件集成自动化控制, 图像采集以及数据处理与测量功能, 采用 VSI 和 PSI 两种表面三维形貌算法, 可以满足于各种微纳表面三维轮廓的检测, 例如: 机械加工的粗糙面, 研磨抛光或者腐蚀的表面, 光刻表面, 晶圆表面, 光学抛光表面, 纳米压痕表面等。

软件特点:

1. 软件操作简便, 易学易用, 实用性强
2. 包括 VSI 和 PSI 两种三维形貌检测算法
3. 可以方便快捷检测多种类型表面的形貌相关参数
4. 具有自动三维图像拼接功能

软件功能:

1. 相机打开, 以及相机的参数设置
2. 物镜扫描器的设置以及控制
3. XY 工作台以及 Z 轴调焦的移动控制与设定
4. 软件具有 VSI 和 PSI 两种算法功能, 以针对不同形貌表面的检测
5. 软件采集图像完成后可自动计算出表面三维形貌
6. 自动计算出面粗糙度参数。划线选择分析截面的位置, 计算出截面位置的轮廓参数
7. 可测量单一视场的三维形貌, 也可通过图像拼接实现大范围的三维形貌检测
8. 软件有图像的调整, 滤波, 轮廓提取, 噪声拟制等数据处理功能
9. 表面三维形貌的解包裹, 以及三维形貌的调平
10. 三维轮廓截面的提取, 以及形貌的参数的检测

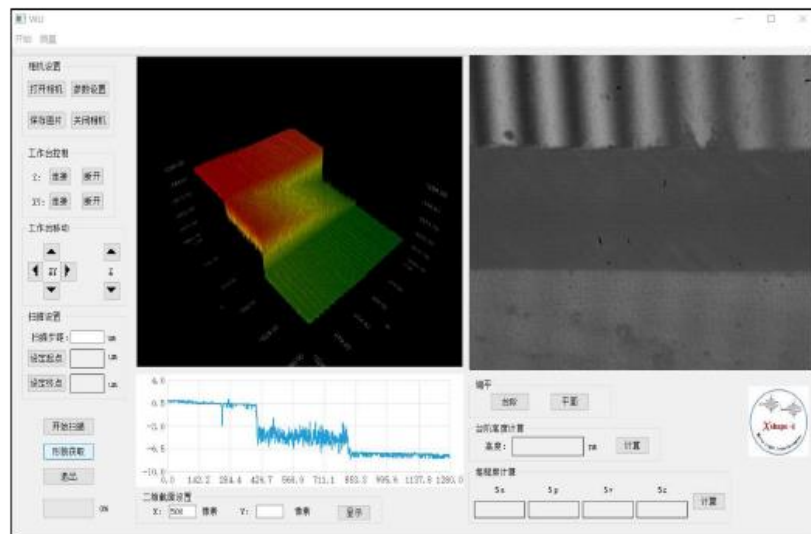


图 2 软件界面

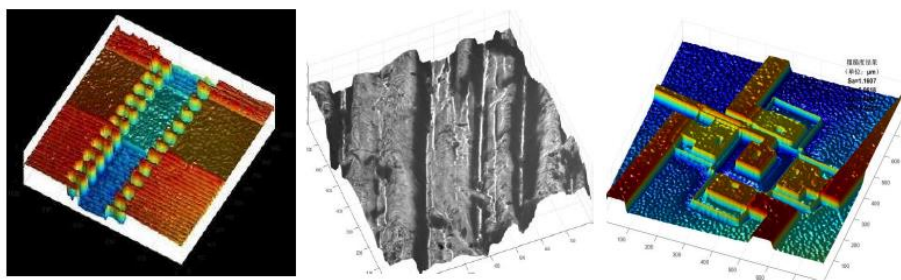


图 3 检测案例

四、技术成熟度

☐概念验证 ☐原理样机 ☒工程样机 ☐中试 ☐产业化

五、合作方式

☐联合研发 ☐技术入股 ☐转让 ☐授权（许可） ☒面议

13. 基于硅基光学微腔的芯片集成传感器

【团队负责人】 张靖

【所在学院】 电信学部自动化学院

一、项目简介

早在 19 世纪,英国著名科学家瑞利勋爵(Lord Rayleigh)首次使用“耳语廊模式”,也称为“回音壁模式”一词来描述声波在圣保罗大教堂的圆顶中的传播原理。回音壁波模式也用来描述任何在凹面周围传播的波的影响。本项目基于回音壁模式声学腔原理,提出一种回音壁模式光学微腔结构并应用于高端传感领域,由于电磁波在从光密介质向光疏介质传播时会发生全反射现象,当光线沿着几何结构边界内壁传播时会发生连续的全反射,光束被约束在环形边界上,从而产生类似的回音壁现象。若光束绕几何结构边界行走一圈的光程满足波长的整数倍时,会产生干涉加强现象即共振现象,其中用来约束光场的环形结构即被称为回音壁模式光学微腔。回音壁模式光学微腔广泛用于纳米尺度颗粒物检测以及各种微腔环境物理参数传感,如温度、磁场、气体、应力以及陀螺仪等。相比传统技术路线传感器,光学微腔传感器将开创超敏感光学微腔传感器领域,广泛应用于物联网技术、工业自动化、航空航天、军事工程、无人驾驶、机器人技术海洋探测、环境监测等各种领域。

二、产品性能优势

本项目的核心技术为光学微腔结构设计及传感器片上集成,核心器件光学微腔具有对热、激光、电、生物、磁、机械振动等多现象敏感的特性,可以实现热传感、光陀螺仪、离子传感、生物传感、磁场传感、超声传感等性能,由于光场增强特性可满足超高精度传感的要求,同时具备硅器件片上集成优势。技术指标和同类产品对比如下:

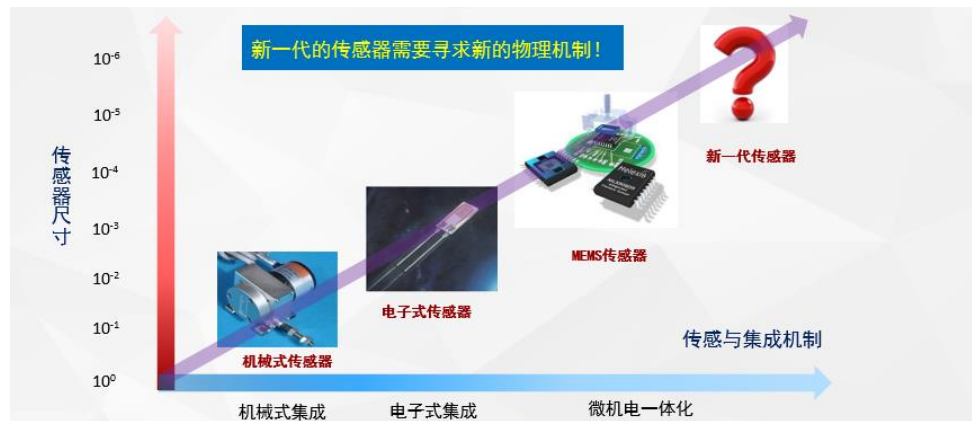
类型	粒子检测	超声检测	磁传感	陀螺仪	温度传感
测量范围	纳米至微米	1kHz 至 1MHz	-	-	-90 至 70 摄氏度

灵敏度	亚纳米级	声压灵敏度: 370 fN Hz ^{-1/2}	交流磁场传感 精度 20 pT	2 deg/h	10 ⁻⁴ 摄氏度
与同类传感器比较	与扫描隧道显微镜等精度相当	灵敏度比常用超声探头高 5 个量级	比同类型常温磁传感器精度高 3-5 个量级	未经优化的方案精度已达 MEMS 陀螺仪精度极限	比同类型光纤传感器精度高 2 个数量级

三、市场前景及应用

国内目前还没有成熟的同类技术企业，美国 Oewave 公司已有基于光学微腔的微光陀螺仪产品，该公司研发团队主要由美国宇航局的科学家组成。产品主要应用在雷达监视，信号情报与电子战，测试与测量等领域，实力雄厚。国外相关产品对中国禁售禁运。美国 DeepSight 美国新型创业公司，2020 年成立，主要应用领域为微腔超声成像进行医疗影像呈现，目前已完成天使轮 2500 万美元的融资。与电子传感器容易受到外界磁场等环境干扰不同，光学传感器具有电磁免疫的优点，因而不仅可以在正常工作环境，同样可以适用于极端的工作环境，故应用空间将更为巨大。

据 CCID 数据，2021 年全球传感器市场规模将接近 3000 亿美元，2016-2021 年我国传感器市场总体呈逐年增长态势。2021 年我国传感器市场规模将达到 2951 亿元，同比增长 17%。其中国外企业的市场份额占比达 60%，而国内企业的占比为 40%。受国内物联网、5G、人工智能等技术的推动，十三五规划以来，中央政府对传感器行业给予了大力支持，力求尽快实现传感器技术的技术创新突破和国产化落地。随着国内物联网、5G、人工智能等技术的推动，以及智能制造、航空航天、故障诊断预测、无人驾驶等市场需求的持续增长，对传感器技术的市场需求巨大，同时精度、稳定性、频率等要求越来越高，这也催生了传感器技术向着微纳米尺寸、智能化和系统集成的方向发展。



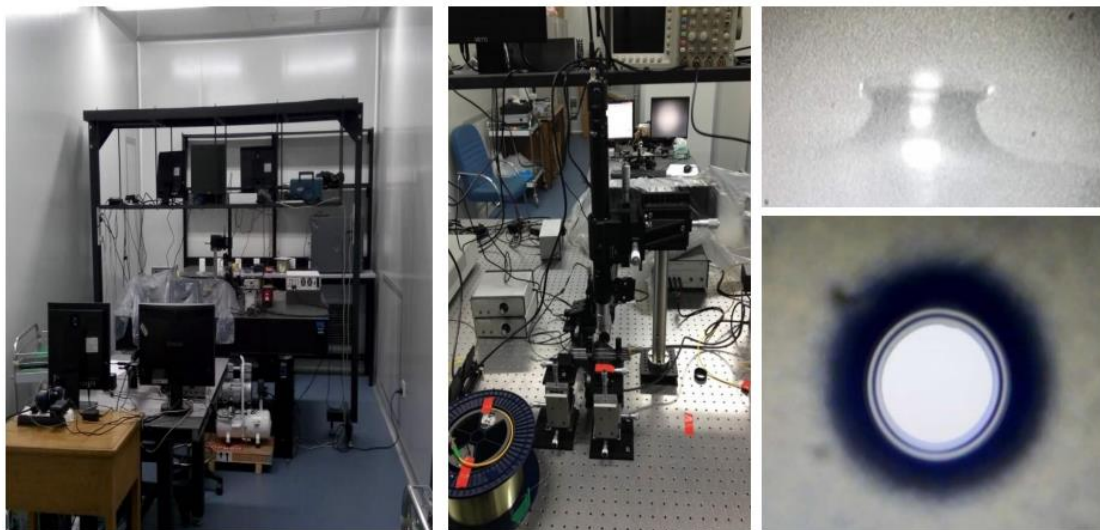
四、技术成熟度

☐概念验证 ☒原理样机 ☐工程样机 ☐中试 ☐产业化

五、合作方式

☐联合研发 ☒技术入股 ☐转让 ☐授权（许可）☒面议

附图



14. SiC 漂移阶跃恢复二极管开关

【团队负责人】 张景文

【所在学院】 电子与信息学部-电子科学与工程学院

一、项目简介

SiC 漂移阶跃恢复二极管开关 (DSRD) 是一种半导体开关二极管, 一般应用于超宽谱 (ultra wide band, 简称 uwb) 脉冲系统, 是脉冲功率器件的核心。它具有纳秒级甚至皮秒级的开关时间, 具有高效率、高稳定性、重量轻、结构简单等优点, 因此在超快脉冲信号源中起到至关重要的作用, 因此在高功率微波、超快激光及超快开关领域具有广泛的应用前景。

二、产品性能优势

关键技术包括开关绝缘处理、开关损伤抑制、开关散热优化等。可承受 10kv 以上电压、开关时间小于 200ps, 寿命大于 10 的 7 次方、工作频率 20khz、功率 40GW 以上。

三、市场前景及应用

该技术在高功率微波、超快激光及超快开关领域具有广泛的应用前景。

高功率微波器件主要应用方向在军事领域, 据团队讲军方在该领域每年的投入几十亿元, 产品定型后, 开关未来的产值大约百万-千万级。军方研究网上披露的资料有华中大电气与电子工程学院梁琳, 提出碳化硅基 RSD 器件结构及工艺方案, 研制出国际首只芯片样品, 并进一步扩展到碳化硅 DSRD。

在民用领域主要应用在超快激光器和大功率脉冲 (医用领域), 这两个领域在国内还处于起步阶段。2020 年我国超快激光器市场规模已达 27 亿元, 同比增长 10.2%。随着消费电子、新型显示、生物医疗、3D 打印、高端装备、生物医疗等新应用的发展, 精密加工、生物医疗在未来仍有较大的发展空间。

四、技术成熟度

☐ 概念验证 ☐ 原理样机 ☒ 工程样机 ☐ 中试 ☐ 产业化

五、合作方式

☐ 联合研发 ☐ 技术入股 ☐ 转让 ☐ 授权（许可） ☒ 面议

15. 超高真空离子辅助原子级界面低温键合系统

【团队负责人】 张景文

【所在学院】 电子与信息学部-电子科学与工程学院

一、项目简介

随着功率电子器件、集成电路芯片及新型光电集成芯片的发展，纳米集成与封装、异构集成成为当前的研究热点之一。本产品主要应用于功率电子器件、集成电路芯片及新型光电集成芯片的纳米集成、电子封装和异构集成，克服了传统芯片键合中的中间键合层（TIM）太厚（微米级）所导致的界面热阻过大、热应力集中和集成度降低等弊端，从而影响功率电子器件与集成电路芯片性能的发挥。

本项目采用超高真空环境，避免了环境因素对键合界面的影响；采用离子辅助表面清洁与原子层沉积技术相结合，从而实现原子级界面键合，使得界面键合层从微米级降到纳米级，从而大幅降低了异构集成器件的界面热阻和热应力集中，提高了系统集成度和性能（输出功率、更高的工作频率、可靠性）。可以实现半导体与半导体、金属与半导体、金属与非金属的键合。

本设备系统主要包括超高真空系统、样品传递系统、样片离子清洁系统和原子级键合系统，同时可以集成其他表面测试系统对键合界面进行原位表征。

二、产品性能优势

晶圆键合技术已广泛应用到微电子、光电子和微机械等领域。目前已经制备出可见光 LED、长波长激光器、Si 基 InGaAs 雪崩光电二极管、谐振腔型探测器等众多高性能的光子器件以及 MOEMS 器件、OEIC、集成光隔离器、高效太阳能电池等光电子器件。上述器件同样也可以通过低温晶片键合技术来制备。优势在功率半导体、光电集成芯片的键合，比如汽车芯片、通信模块（5G\6G）、军工芯片等明显。

三、市场前景及应用

据中国电子专用设备工业协会统计，2020 年集成电路设备总销售收入为 96.77 亿元，同比增长 59.0%。不过，国产设备在全球范围内市场占有率仍然较低，且在国内的

市占率提升缓慢。2020 年中国半导体设备（56 家）在全球市场占有率仅为 5.2%，在中国大陆市场占有率也只有 17.3%，与 2019 年基本相同。

市场研究公司的数据，预计 2026 年，全球晶圆键合机市场规模将达到约 35 亿美元。其中，亚太地区是晶圆键合机市场的主要增长驱动力，占据了市场份额的最大比例。全球范围内，晶圆永久键合机核心厂商主要包括 EV Group、SUSS MicroTec、Tokyo Electron、AML 和 Mitsubishi 等。

四、技术成熟度

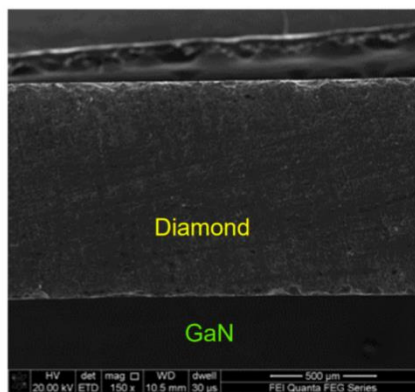
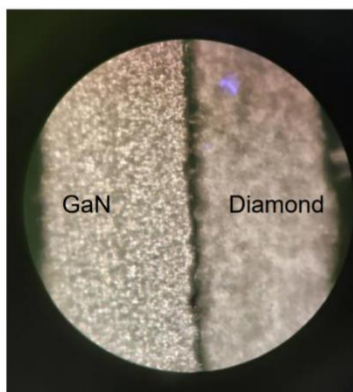
☐ 概念验证 ☐ 原理样机 ☒ 工程样机 ☐ 中试 ☐ 产业化

五、合作方式

☐ 联合研发 ☐ 技术入股 ☐ 转让 ☐ 授权（许可） ☒ 面议

附图

GaN/Diamond键合样品光学显微照片与电镜照片



七、新能源开发与储能

1. 三电平储能并网逆变器产业化

【团队负责人】 何英杰

【所在学院】 电气工程学院

一、项目简介

光伏发电系统主要由太阳能电池板（光伏组件）、控制器和光伏逆变器三大部分组成。其中，光伏逆变器能够把太阳能电池板发出的直流电逆变为交流电，供负载使用或并入电网，是光伏发电系统的核心设备之一。逆变器直接影响光伏系统发电效率和运行稳定性，在整个光伏发电系统中占有重要地位。

光伏逆变器根据是否并入电网，可分为并网逆变器和离网逆变器；根据转换输出交流电的相数，可分为单相逆变器和三相逆变器；根据能量是否存储，可分为并网逆变器和储能逆变器。

该项目综合本团队（西安交通大学学科评估电气工程和清华大学并列全国第一，获得过两次国家科技进步二等奖）多年来在大容量、高效率电力电子装备领域的技术与成果优势，根据储能并网逆变器的技术特点，全面突破低开关频率大功率并网逆变器高性能小体积低成本逆变技术的关键难题。通过与精确建模结合的优化设计方法，提升整个方案的可行性，形成自主知识产权，并进行产业化建设，全面提升我国大功率低开关频率并网逆变器装备产品的整体水平，完善我国大功率并网逆变器装备产业链，推动该领域关键技术与装备的跨越式发展。

二、产品性能优势

产品具有输出波形质量高；输出电流跟踪精度高；体积、重量小，功率密度高，体积重量相对现有产品减小 15% 以上等优势。

以下是和现有产品的技术对比：

序号	技术指标名称	技术参数 (500kW)			
		科华	Refusol	SMA	本产品要达到的指标
1	输出电流总谐波畸变率	3%	3%	5%	<1.5%
2	电流跟踪精度	1%	1.5%	1.5%	<0.5%
3	体积和重量	1400×1950 ×1000mm, 2050kg	2000×2800× 600 mm, 1700kg	2272x2562x 956 mm, 1870kg	减小15%以上
4	效率	98.7%	98.5%	98.5%	98.5%
5	功率因数	0.99	1	1	0.99

三、市场前景及应用

全球光伏产业的快速发展，作为光伏发电系统的核心设备，光伏逆变器市场规模迅速扩张。（1）全球光伏市场 2017-2022 年全球光伏逆变器出货量从 119.2GW 增加到 284GW，预计 2026 年将增至 579.3GW。2022-2026 年 CAGR 达到 19.51%。（2）户用分布式光伏逆变器出货景气，工商业厚积薄发。分布式逆变器 CAGR 达到 63.9%，工商业出货量预计从 2021 年的 46GW 增加到 2026 年的 168.3GW，CAGR 达到 29.6%。（3）地面电站装机需求爆发；欧洲能源危机带来分布式需求。

2022 年，受益于我国分布式市场装机大幅增长，中国光伏逆变器市场发展为以组串式逆变器为主，集中式和集散式逆变器占比进一步缩小。其中，组串式逆变器占比提升至 78%以上，而集中式逆变器占比为 20%左右，集散式逆变器市场份额小幅降低。受应用场景变化、技术进步等多种因素影响，未来不同类型逆变器市场占比变化的不确定性较大。

四、技术成熟度

☐ 概念验证 ☒ 原理样机 ☐ 工程样机 ☐ 中试 ☐ 产业化

五、合作方式

☒ 联合研发 ☒ 技术入股 ☐ 转让 ☐ 授权（许可） ☒ 面议

2. 水-气相容储/释能的高效压缩空气储能系统

【团队负责人】 王焕然

【所在学院】 能源与动力工程学院

一、项目简介

传统的抽水蓄能存在需要特殊的地质条件、推广应用受到限制、需要充沛水源、不适合干旱缺水地区、储能密度较低、对所在区域的生态环境有影响等缺点；传统的 CAES（压缩空气储能系统电站）存在需要消耗大量的化石类燃料，系统经济型不好、储能时压缩空气过程中存在热交换、释能时外热源加热、CAES 的能量转化效率与其他储能系统相比有些低等特点。

本系统提出无水坝抽水蓄能模型，兼收压缩空气储能技术和抽水蓄能技术的优点，摒弃二者缺点，实现热能和压力能的梯级利用。

二、产品性能优势

无水坝抽水蓄能系统的主要优势有：结构简单；储能与发电过程无冷却和加热；储能规模可大可小；初期投资少；绿色无污染；受地理环境制约小。

本系统的创新点有：

1、发明了新型高效压缩空气储能系统

兼收抽水蓄能和 CAES 优点，实现能量分类梯级利用。

2、高负荷高效率、宽工况速度式透平机械的设计理论与调控技术

提出动/静部件与变转速联合调节的理论与方法，提出速度式空气透平膨胀机的滑压调节与控制方法。

3、高效紧凑式超临界空气蓄热/换热器设计理论

优化了蓄热器结构、材料热物性及流动参数，采用传热过程强化与热量耗散有效控制的设计方法。

五、合作方式

☐联合研发 ☐技术入股 ☐转让 ☐授权（许可） ☒面议

3. 固体氧化物燃料电池分布式储能与发电新技术

【团队负责人】 李成新

【所在学院】 材料科学与工程学院

一、项目简介

韩国、日本、德国之后，中国有望将氢能提升为国家战略的高度，固体氧化物燃料电池（SOFC）是氢能发电的最高效利用方式，固体氧化物电解池（SOEC）是电解水制氢储能的高效电解方式。SOFC 不仅可以采用氢气发电，还可以采用甲醇或传统化石能源发电。基于天然气 SOFC 联合循环的发电效率超过 70%。未来 SOC 将会引领能源、化工与汽车领域的变革性发展。

基于中国“双碳”目标实现的挑战，SOFC 有望在分布式发电系统中得到广泛应用，并具有在汽车、船舶领域内替代质子膜燃料电池与锂电池作为主动力源的趋势。西安交大历经 20 余年的研究，掌握了从 SOFC 关键材料及电堆的核心制备技术，完成了实验室对单电池与 kW 级电堆的测试与评估。目前想转化的 SOFC 项目主要依托国家重点研发计划（2021YFB4001400）“管式固体氧化物燃料电池发电单元及电堆关键技术”。

二、产品性能优势

能源来源和存在形式变得更加广泛。SOFC 可以采用烷烃、生物质、醇类、氨等为原料，也可采用煤制气、煤层气、工业副产气等为原料，促使传统化石能源转化效率提升，降低二氧化碳排放；金属支撑 SOFC 的金属基体具有高的热导率和热冲击性能，提供了快速起停的可能性，将传统的陶瓷支撑型 SOFC 的启动时间从几十小时缩短到数分钟，从而有望应用于车载电源，并在船舶、无人机等领域进行推广。

三、市场前景及应用

金属支撑 SOFC 自密封结构可承受一定的非平衡压差，有望在大型发电领域应用，如煤气化与燃料电池技术的耦合（IGFC），整体发电效率有望突破 57%，从而提升发电效率，降低煤炭使用，大幅消减碳排放。

金属支撑 SOFC 启停速度快，鲁棒性远高于传统结构 SOFC，使其在车辆及船舶动力或辅助电源领域的应用成为可能。

金属支撑 SOEC 与金属支撑 SOFC 优点类似, 同样具有响应速度快、启停次数多、允许非平衡气压、鲁棒性好等特点, 不但适用于波动的可再生能源电力, 同时可与我国发达的工业装置深度耦合, 即可再生能源电力通过电网输配、SOEC 工业园现场制氢、绿氢供工业生产消费、工业余热与 SOEC 耦合。

四、技术成熟度

☐概念验证 ☐原理样机 ☒工程样机 ☐中试 ☐产业化

五、合作方式

☐联合研发 ☒技术入股 ☐转让 ☐授权(许可) ☐面议

4. 煤炭深加工制备高品质锂离子电池负极

【团队负责人】 柳永宁

【所在学院】 材料科学与工程学院

一、项目简介

兰炭也称半焦碳，以低变质煤为原料在隔绝空气的情况采用低温干馏技术生产的一种固体产品。它是一种较为硬而脆的煤种，在兰炭生产过程中，小于 3 mm 的兰炭粉末约占总质量的 10%，这部分兰炭粉(半焦)是用廉价的末煤干馏而成，成本较块煤降低近 20%。因其粒度小，不符合生产工艺要求，只能被当作低级燃料廉价处理或被弃置于河道或地头。这不仅造成大量能源浪费，限制兰炭的经济效益，而且对环境造成严重污染。

将兰炭经过改性后加工制作成高品质碳材料，如锂离子电池负极或者活性碳等，延长兰炭产业链，变废为宝。

二、性能优势

1、兰炭基负极材料电化学性能

表 1 兰炭基负极材料电化学性能

材料	市场 定位	首次脱离 容量 (mAh/g)	库伦效率 (%)	0.5C/300 次循环 (mAh/g)	1C/300 次循环 (mAh/g)
兰炭负极	高	361	82.6	337	314

2、兰炭粉末制备人工石墨的优势:

- (1) 原始材料基本无成本，通常作为废料处理；
- (2) 催化剂有效催化兰炭石墨化，人工石墨品质高，催化剂成本低；
- (3) 人工石墨容量高，循环性能好，可作为高品质动力电池使用。

国内某知名锂离子电池负极生产企业将容量大于 350mAh/g 的负极定位在高端产品，在 1C 下循环 500 次，其容量保持率为 85%。本项目产品在 0.1C 电流密度下，比容量可以达到 361mAh/g；经过 0.5C 与 0.1C 交替 300 次循环后，其容量保持率接近 100%。0.5C

电流密度下循环 300 次，容量为 337mAh/g；1C 电流密度循环 300 次，容量为 314mAh/g，保持率接近 100%。

长循环寿命测试显示，高端商业负极在 1C 充放电条件下，800 次循环后容量保持率低于 85%。而兰炭基负极材料在 0.5C 充放电条件下，900 次循环后容量保持率高于 95%。

（4）人工石墨利润高；高品质人造石墨可以达到 4-6 万/吨，甚至可达到 10 万/吨，而初步估计生产兰炭负极成本低于 2 万元/吨。利润空间巨大。

除此以外，目前我们的工作也延伸到无烟煤等碳基材料，也展示出非常优异的性能。0.05C 电流密度下容量可以达到 390 mAh/g，而且具有非常好的稳定性。因此，本项目原材料选择面广、成本低、利润大。

三、技术成熟度

☐概念验证 ☒小试 ☐中试 ☐产业化

四、合作方式

☐联合研发 ☐技术入股 ☐转让 ☐授权（许可） ☒面议

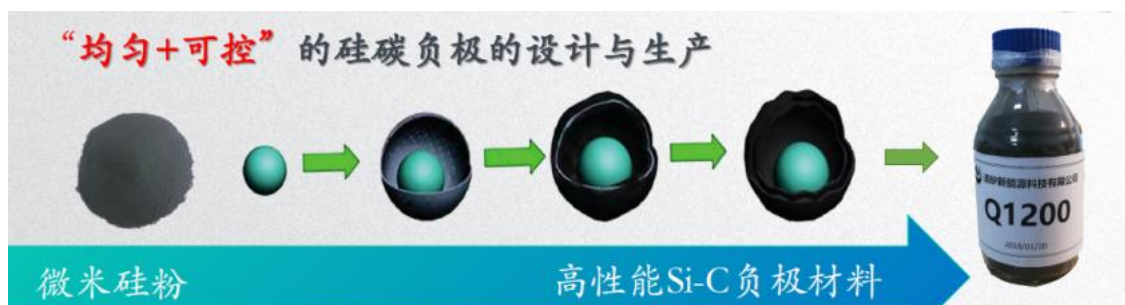
5. 高容量、低成本锂离子电池用硅-碳负极材料

【团队负责人】 宋江选

【所在学院】 材料科学与工程学院

一、项目简介

新能源汽车的迅猛发展，为动力电池产业提供了万亿级的市场容量，到 2020 年底，城市公交、出租车及城市配送等领域新能源车保有量达 60 万辆。目前使用的石墨类伏击材料容量低，无法满足高能量密度的需求。该项目通过为动力电池厂商提供高性能硅碳负极及其他负极材料，以提高纯电动汽车的续航里程 2 倍以上。硅负极材料具有极高的理论容量（ $\sim 4200 \text{ mAh/g}$ ），其容量是现有商业化的石墨负极的 10 多倍。但其充放电过程中产生的大体积膨胀（ $\sim 400\%$ ）会严重影响其循环寿命。我们团队经过数年研究，提出“清砂硅碳”使普通微米硅粉进行包覆“均匀+可控”功能层的工艺过程实现“性能+成本”的最优产业升级。美国能源部高度评价了该项研究成果（2015 年仅有 2 项研究成果受此殊荣）。



二、技术指标（性能参数）

	产品名称	循环周数	容量 (mAh/g)
贝特瑞产品	S400	600-800	400-499 (0.1C)
	S500	600-800	500-599 (0.1C)
	S600	600-800	600-650 (0.1C)
清砂能源产品	Q600	1000-1200	600-699 (0.3C)
	Q800	1000-1200	800-899 (0.3C)
	Q1200	1000-1200	1200-1250 (0.3C)

三、市场前景及应用

该产品在以电动汽车为代表的动力电池和消费型电子产品中均有着广泛的应用前景。作为新一代高能量密度锂离子电池负极材料，极具发展潜力。2018 年 3 月，已于多氟多公司开展合作。该项目还可利用多晶硅太阳能生产过程中产生的废料（如加工多晶硅过程中切割产生的微米硅粉，硅块）为初始原料来制备高附加值硅-碳负极材料，为多晶硅产业的升级转型带来了新的发展机遇。

四、技术成熟度

☐ 实验室阶段 ☒ 工程化阶段 ☐ 产业化阶段

实验室月产量约 1 吨。

五、合作方式

☒ 联合研发 ☐ 技术入股 ☒ 转让 ☒ 授权（许可） ☐ 面议

合作要求：电池领域企业

6. 高性能动力电池高镍系三元正极材料

【团队负责人】 李磊

【所在学院】 材料科学与工程学院

一、项目简介

动力锂离子电池在社会生产和生活中具有广泛的应用，比如新能源汽车。发展高能量动力锂离子电池关键之一就是发展具备高储能能力的正极电极材料。高镍系镍钴锰酸锂 $\text{LiNi}_x\text{Co}_y\text{Mn}_{1-x-y}\text{O}_2$ (NCM) 具有高的储能容量 ($>200 \text{ mAh/g}$)、高的工作电压和理论能量密度 (800 Wh/kg)，能够满足单体电池能量密度的要求，是当前重点研究对象。

本项目成功发展高镍系三元正极材料，包括两个类别即 NCM-1 和 NCM-2。NCM-1 展示了优异的电化学性能，在 $2.7\text{--}4.5 \text{ V}$ 工作电压区间和 0.1C 倍率下放电比容量大约 210 mAh/g ；当倍率增加到 5C 时，放电比容量依然可以达到 150 mAh/g ；在 0.5 C 倍率下，经过 100 次充放电循环后，其容量保持率在 95% 以上。NCM-2 放电比容量较低，但是稳定性能更优。

二、产品性能优势

该系列高镍系三元正极材料具有高的克比容量、优异的循环稳定性和倍率性能。同时，该系列产品采用目前工业化制备方法，便于推广。

三、市场前景及应用

2018 年中国锂电正极材料市场总产值达 540 亿元，其中三元正极材料占比最大，达 258 亿，总占比 48%。受新能源汽车动力电池需求持续拉动和补贴政策与电池能量密度挂钩等刺激下，促使三元正极材料市场需求量大幅提升。目前，只有高镍三元正极材料电池满足国家新能源汽车最高补贴标准，所以该类型正极材料市场前景广阔。

四、技术成熟度

☐ 概念验证 ☒ 原理样机 ☐ 工程样机 ☐ 中试 ☐ 产业化

五、合作方式

☐ 联合研发 ☐ 技术入股 ☐ 转让 ☐ 授权（许可） ☒ 面议

7. 电动汽车动力电池直冷技术

【团队负责人】 张兄文

【所在学院】 能源与动力工程学院

一、项目简介

电池热管理是电动汽车关键技术之一，它影响电动汽车动力电池的安全性、续航里程、寿命和快充能力等。目前主流电动汽车电池热管理系统采用液冷技术，存在问题：

a) 热均衡性差：液冷方法仍然基于温差换热原理，热量传输为显热方式，因此无法避免电池模组内部温差问题，温差导致模组不同单电池充放电过程中的过充、过放或者充放电不足，电池过充过放会导致电池安全性问题，降低电池寿命，充放电不足会降低电池能量密度，降低电池续航里程。

b) 换热功率受限：电动汽车电池充电等待时间长是其行业“痛点”之一，需要发展电池快充技术，而电池充电速度受散热速率限制，否则会造成热失控风险。基于冷板的液冷换热功率受限于温差大小和流量，而可控温差与环境温度密切相关。

c) 热失控风险高：电池热失控是由于发生问题的电池在短时间内释放大量热，基于温差显热散热速率有限，热量大量累积引起温度急剧上升，使电池发热与温升之间产生正循环而发生爆炸、燃烧，并引起相邻的电池发生热失控。

d) 寄生功耗大：液冷循环阻力较大，特别是考虑到电池模组体积限制，冷板流道一般较小，当换热量大时，流速会较大，循环压损大，功耗大，降低了电池的续航里程。

针对上述问题，本项目提出一种喷射-吸收式相变电池直冷技术，利用喷射压缩工质实现蒸发-吸收-冷凝热力学循环，达到对电池的冷却或加热功能，其突出优点是加热或冷却过程热均衡性好、换热功率大、热安全性高、寄生功耗小等，可有效解决目前电动汽车电池热管理目前采用液冷技术存在的问题和挑战。

二、产品性能优势

表 1 本技术与现有技术对比

	液冷技术	喷射-吸收式直冷技术
--	------	------------

	（现有技术）	（推荐技术）
换热方式	显热（温差换热）	潜热（相变换热）
温度分布均衡性	$\geq 5^{\circ}\text{C}$	$\leq 3^{\circ}\text{C}$
电池寿命提升	一般	提升 30%以上
换热速率	热阻大（通过冷板）	提升 50%以上
循环功耗	大	减少 30%以上
热安全性	一般	具有热防护功能
技术成熟度	已商用	尚未应用

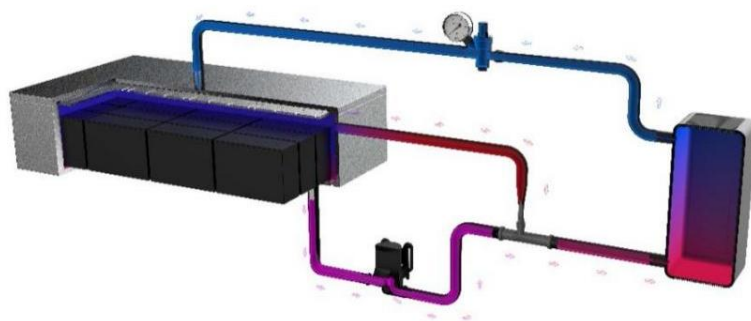


图 1 技术原理图



图 2 原理验证试验

三、市场前景及应用

本技术为电动汽车关键核心技术，技术指标大幅领先目前市场现有技术，解决目前电动汽车的几大关键“痛点”（热安全性、续航里程、快充等）问题。目前电动汽车市场增长快速，本技术具有极大的市场发展前景。

四、技术成熟度

☐ 概念验证 ☒ 原理样机 ☐ 工程样机 ☐ 中试 ☐ 产业化

五、合作方式

☐ 联合研发 ☐ 技术入股 ☐ 转让 ☐ 授权（许可） ☒ 面议

8. 电动汽车用负温度系数热敏陶瓷及线式火焰温度传感器关键技术

【团队负责人】 杨建锋

【所在学院】 材料科学与工程学院

一、项目简介

锂电池具有能量密度高、工作电压高、循环寿命长、体积小等优点，是电动汽车的首选。一般在电动车上需要将数个单体电池通过串联或并联形成电池组以达到动力电源的要求。但是由于生产工艺等原因，各单体电池的容量与性能不可避免地存在一些差异，电动汽车在运行(电池组放电)时，容量小性能差的电池会有过放现象，而在充电时，容量小性能差的电池又会出现过充现象。长此以往，这种差异必然会越来越大，使电池组的利用率越来越差。更为严重的是，在过充或过放的环境下，电池正负极片间的隔膜会被击穿而短路，产生高温、过热使电解液汽化、膨胀而使电池外壳破裂，甚至发生着火或爆炸。同时动力锂电池在温度过高或过低情况下使用，也会存在安全隐患；电池过充或者过放都会造成电池不可逆转损坏，比如容量过度衰减，寿命降低等，甚至会使电池产生冒烟、起火等危险。因此，动力电池组需要采用 BMS 系统实时监视电池组电压、电流及温度，均衡各单体电池的电压，使电池组中的各单体电池的容量与性能尽量趋于一致。而目前的 BMS 系统可靠性能并不是很可靠，无法完全杜绝电动汽车电池箱发生着火/爆炸的隐患，纯电动汽车特别是锂电池起火，由于燃烧迅速，外部的救援手段往往缺乏时效性。因此，在电动汽车上设置灭火装置是必须的。

与电动汽车类似，坦克、战车、装甲车辆，以及舰船和飞机的动力系统和传动系统都在极其严酷的条件下工作，各种内部和外部条件的变化经常会造成系统超温、甚至起火，从而造成装备的损毁。特别是武器装备的动力系统和传动空间结构复杂，剩余空间曲折、狭小，传统的各种点状测温技术，如热电偶、铂电阻或陶瓷热敏电阻等都无法对整个系统进行有效监测，二次仪表的配置也十分困难，因此无法使用点测温元器件实现有效的三维空间温度检测与火警监测。分布式测温系统是解决复杂三维空间温度测量与控制的有效手段，虽然光纤式温度分布测量装置使用一只传感器就能测出线状温度分布，

但光纤式温度分布测量装置除了光纤之外,还包括温度测试仪和数据处理器,其中温度测试仪由比较复杂的系统组成,结构复杂,无法满足武器装备系统剩余空间狭小、工作环境严酷的使用要求。

目前采用一种线状热敏温度探测电缆用于分布式测温。其基本结构为外层铠装金属管,内部包裹氧化物陶瓷热敏材料,与金属管平行布置两根或单根电极丝埋在热敏陶瓷中。当外界温度发生变化时,热敏材料电阻值随之发生变化,把这种电缆按一定方法连接起来就可以达到测量、控制大面积范围的温度。采用热敏陶瓷材料制作的线状传感器探测电缆可以满足狭小、复杂空间三维测温的要求,也可以在恶劣复杂环境下工作。在线式热敏温度探测电缆中使用的热敏陶瓷一般为具有开关特性的非线性材料(CRT),其常温电阻率非常高,达到一定温度时则急剧降低。目前该方案已经应用于国产 99 式主战坦克的发动机舱的火情预警和自动灭火。基于在坦克上的成功应用,有必要针对电动汽车电池组率体积大、测温线长的特点,开发适合的具有电阻负温度系数变化的陶瓷及相应的线式火焰温度传感器,用于电池组的监控和灭火,提高电动汽车的自身安全性能。

在灭火自动装置中最重要的部件就是火焰温度传感器,现有的电动汽车灭火装置中,基本上使用的是现有的烟雾探测报警器或火探管。

火探装置是一套简单、低成本且高度可靠的独立自动灭火系统,它无需任何电源,无需专门的烟、温感探测器,无需复杂的设备及管线,一旦着火时,火探管在受热温度最高处被软化并爆破,将灭火介质通过火探管本身(直接系统)或喷嘴(间接系统)释放到被保护区域,可以实现线型探测。防护对象为较大空间内有封闭外壳相对密闭、空间体积较小的设备如变配电柜、通讯机柜、电缆槽盒等作为防护区。但是火探管直径只有 4.0mm,管道爆破后所形成的喷口都较小,其在一定压力及时间内所能通过的灭火剂的量就会受到限制,防护区均匀地充满达到灭火浓度的灭火剂的时间不太好确定。目前还不能提供火探管(直接系统)及铜合金释放管的阻力损失与各种灭火剂流量之间的关系,以及火探管熔化后形成的孔口面积和喷口流量系数(直接系统)及释放管的喷嘴面积及流量系数(间接系统)。因此还无法对整个装置的管道进行计算。

锂离子电池是一种高能体系,一旦热失控,如果不能及时进行能量泄放,会有发生爆炸的风险。电池爆炸是一种极端、剧烈的现象,除了爆炸外,电池热失控引发的火灾也是电池安全防护中需要重点关注的对象,通常,电池组的工作温度最高不超过 60°C,在

150° C 以上温度时电池组极有可能着火。根据电动汽车的过热和起火的特点,结合负温度系数陶瓷材料和线式传感器在坦克发动机着火预警和灭火上的成功应用经验,开发电动汽车专用的负温度系数热敏陶瓷及线式火焰温度传感器,对于电动汽车的安全运行具有重要的意义。

二、产品性能优势

主要功能:同时提供过热点、着火点监控(根据工作部位可调)

常温静态阻抗: $> 10\text{M}\Omega$

高温工作阻抗: $\leq 2\text{K}\Omega$

响应时间: $\leq 5\text{s}$

恢复时间: $\leq 5\text{s}$

工作测温范围: $50\sim 500^{\circ}\text{C}$ (根据工作部位可调)

工作电压: $5\sim 10\text{VDC}$

重量: $105 \pm 20\text{g/m}$

结构: 不锈钢外套密封

外径尺寸: $\phi 2.0\text{mm}$

尺寸偏差: $\pm 0.1\text{ mm/4m}$

使用寿命大于 1000 次 (同一部位反复烧)

三、市场前景及应用

电动车不仅是新能源时代的主流车型,也是未来传统车企和新势力车企最大的战场。2018 年 8 月份,我国新能源乘用车销量达到了 8.2 万,较去年同期增长了 59.6%,环比增长 18.6%,前 8 个月累销量为 50.5 万辆,同比增幅高达 105.3%。预计 2019 年销售 100 万量计算,如果采用本技术开发的自动灭火装置,每套售价 3000-5000 元计算,可以实现销售额 30-50 亿,利润 10-20 亿。

四、技术成熟度

☐ 概念验证 ☐ 原理样机 ☐ 工程样机 ☐ 中试 ☒ 产业化

五、合作方式

☐ 联合研发 ☐ 技术入股 ☐ 转让 ☐ 授权(许可) ☒ 面议

9. 基于复合电解质的固态锂离子电池技术

【团队负责人】 李明涛

【所在学院】 化学工程与技术

一、项目简介

目前商用锂离子电池电解液体系，其应用最广泛的体系是碳酸酯类溶剂和锂盐组成的混合溶液。其中的碳酸酯类溶剂具有低沸点、低闪点的特性，热稳定性较低，在高温（ $>200\text{ }^{\circ}\text{C}$ ）、高电压（ $>4.6\text{ V}$ ）下易被氧化分解产生大量的热，从而使电池内部温度和压力急剧增加，若不能及时得到释放，极易引起热失控，导致起火、爆炸事故的发生。因此，有机电解液的热不稳定性是锂离子电池热失控风险的主要原因，只有改进电解质体系、提高电解质的稳定性，才可能从根本上解决锂电池的安全风险。

使用固态电解质替代传统有机液态电解液，可以在提高电池能量密度的同时很好地解决电池安全性问题。固态电解质具有不可燃、耐高温、无腐蚀、不挥发的特性，避免了传统锂离子电池中的电解液泄露、电极短路等现象，降低了电池组对于温度的敏感性，从而能够根除安全隐患。其次，固态电解质的电化学窗口更宽，可达到 5V ，更加适应于高电压型电极材料。随着正极材料的持续升级，固态电解质能够做出较好的适配，有利于提升电池系统的能量密度。另外，固态电解质的电子绝缘性使得其能够将电池正极与负极阻隔，在导通离子的同时能充当隔膜的功能，从而取代隔膜的使用，有利于降低电池成本。固态电解质作为固态锂电池中的核心部件，近年来，已成为国内外的研究热点。

基于对现有固态锂电池及其关键材料的研究和了解，复合电解质具有诸多优点，是工业固体电解质的发展方向。制备方法简单：将聚合物基体和锂盐溶于有机溶剂中，得到混合溶液；向混合溶液中加入无机陶瓷快离子导体填料及增塑剂，搅拌均匀，形成浆料；将浆料通过溶液浇铸法涂覆在聚四氟乙烯模具上，形成液态薄膜；将液态薄膜真空干燥，除去有机溶剂，得到固态电解质膜。然后经过涂布、辊压、叠层、卷绕、组装一体化固态电池电芯及电池单体。

二、产品性能优势

固态电解质按物质种类可分为：氧化物、硫化物、聚合物和复合物固态电解质。氧化物固态电解质包括晶态和玻璃态(非晶态)两类，其中晶态电解质包括钙钛矿型、NASICON 型、LISICON 型以及石榴石型等。氧化物固态电解质具有良好的导电性和电化学稳定性。根据电化学阻抗谱的测量结果，发现 Al、Fe 和 Ga 掺杂的 LLZO 样品具有更高的离子电导率，其中 Ga 掺杂的样品在室温下的电导率达到了 1.31mS/cm 。然而以 LLZO 为代表的氧化物电解质暴露在空气中会在表面以及晶界处生成一层惰性的 Li_2CO_3 层，从而导致固态电解质界面阻抗大幅度增加，阻碍了氧化物固态电解质的规模化应用。硫化物固态电解质合成温度低，机械延展性优良，且离子电导率高，如 $\text{Li}_{3.25}\text{Ge}_{0.25}\text{P}_{0.75}\text{S}_4$ 、 $\text{Li}_{10}\text{GeP}_2\text{S}_{12}$ (LGPS) 和 $\text{Li}_{9.54}\text{Si}_{1.74}\text{P}_{1.44}\text{S}_{11.7}\text{Cl}_{0.3}$ (LSiPSCl) 的室温锂离子电导率分别达到了 2.2、12.0 和 25.0mS/cm 。然而硫化物固态电解质的电化学稳定性差、空气稳定性差，易与空气中的 H_2O 反应生成 H_2S ，降低电解质的使用寿命，直接限制了其在高能量密度动力电池中的应用。聚合物固态电解质以聚合物基体如聚氧化乙烯、聚酯、聚醚和聚胺等为代表，由于其依靠聚合物链段的蠕动来传输锂离子，导致其常温下的电导率不高，很难达到 10^{-4}Scm^{-1} ，因此限制了其进一步应用。

聚合物-无机复合固态电解质既具有无机快离子导体锂离子传导快的优点，同时兼具聚合物柔性好界面相容性优良的优势，完美解决了锂离子传导和界面相容性不能兼顾的矛盾，因此是一种非常具有应用前景的新型固态电解质。

三、市场前景及应用

本项目提出的复合固态电解质，主要应用于固态锂离子电池。

传统的液态锂离子电池，在高温或者短路的条件下，容易引发爆炸甚至火灾。另一方面，高容量的材料在液态锂电池中容易带来“枝晶”或者“死锂”等问题。锂电池电解质的固态化，不仅可以解决传统液态锂电池易燃易爆的问题，而且可以实现与高容量的金属锂负极和高镍三元正极材料相匹配，发挥出三元材料容量大的优势，能够从根本上解决液态锂电池存在的安全及能量密度无法大幅提升的问题。

四、技术成熟度

☐概念验证 ☐原理样机 ☐工程样机 ☒中试 ☐产业化

五、合作方式

☐联合研发 ☐技术入股 ☐转让 ☐授权（许可） ☒面议

10. 锂电池组监控芯片

【团队负责人】 张鸿

【所在学院】 电子与信息学部

一、项目简介

我国汽车工业目前面临的三大挑战：汽车大国向汽车强国转变、汽车尾气带来的大气污染、汽车保有量快速上升引起的能源危机。新能源汽车是汽车工业发展的必由之路，动力电池和电池管理技术是目前新能源汽车发展的重要瓶颈。

电池管理系统的重要在于，它可以保证锂电池的安全充放电：防止过充、过放引起的爆炸和燃烧；可以监控电池剩余电量、续航里程、电池电压、工作温度等信息；有助于延长电池组的使用寿命，降低汽车使用成本。

本项目中的锂电池组监控芯片是用锂电池供电的产品中不可或缺的芯片，能够完成电池组中单体电池的电压监控、温度监控和电量均衡等功能。

二、系统性能优势

该芯片包括一个 12 位 ADC、高精度的电压基准、高压多路选择器和与片外 CPU 通信的接口。芯片最多可以管理 12 节锂电池串联而成的电池系统。电压测量精度为 1mV、12 节电池的测量时间小于 20ms，测量时的功耗小于 1mA，待机功耗小于 50uA。芯片还提供串行电流通信模式，可以实现多个芯片的串联通信，从而可用多个芯片完成数百伏电池组的管理。

核心监控芯片主要功能和性能：

(1) 12 节串联电池组监控，单芯片最高工作电压 60V，最多 16 个芯片串联，管理整个汽车电池系统；

(2) 单体电池电压测量（误差小于 3mV）；

(3) 电池组电压测量时间 12ms；

(4) 多芯片菊链串联通信（400V）；

(5) 电池电量均衡控制；

(6) 多个温度检测点；

(7) 过压过流保护;

(8) 工作温度 -45°C ~ 135°C 。

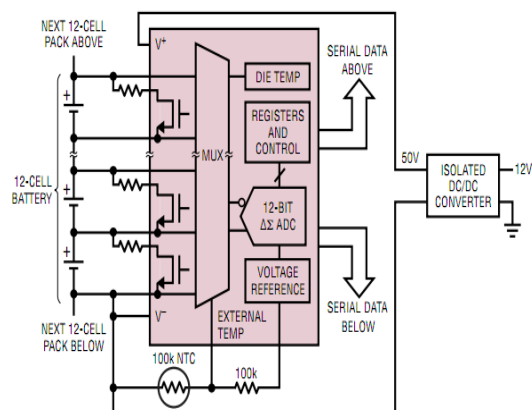
扩展单芯片管理电池的数量

卫星太阳能电池管理 (22 节)

电动自行车 (16 节)

提高测量精度: 误差小于 1mV

集成控制器, 实现 SoC



三、市场前景及应用

适用于电动汽车和油电混合动力汽车、电动自行车、摩托车、单脚滑行车、高功率便携式设备、后备电池系统。

四、技术成熟度

陕西省工业攻关项目、西安航天民芯科技有限公司支持; 芯片在韩国 DongBu 流片, 测试指标达到预期。

五、合作方式

☐ 联合研发 ☐ 技术入股 ☐ 转让 ☐ 授权 (许可) ☒ 面议

八、电力装备与特高压

1. 区域性电网电能质量综合治理技术

【团队负责人】 易皓

【所在学院】 电气工程学院

一、项目简介

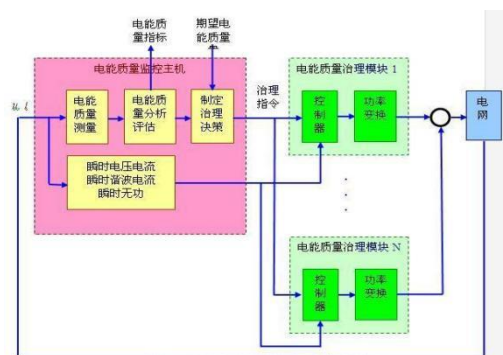
当前电能质量治理设备的使用多针对单点电能质量问题进行集中最优解决，当问题源负荷分散分布时，治理成本急剧升高。

针对这一问题，本研究着手开展局域配电网中的电能质量治理设备优化配置和综合治理研究。摆脱以往局限于单点电能质量治理的思路，从局域配电网系统层面出发，如何用安装于关键点的少量治理设备，实现局域配电网电能质量的综合整体提升，是更为经济合理的治理思路。

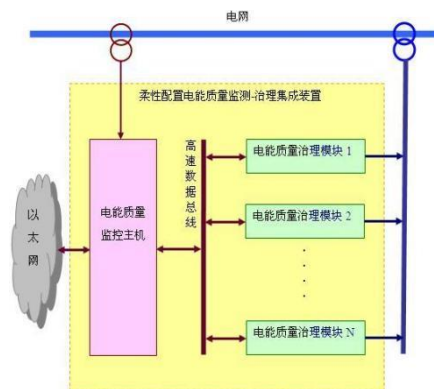
二、技术方案

项目搭建了基于少量治理设备在线协调控制的系统级治理方案。该方案构建了以监测设备为信息检测单元、以调控主机为核心的协调控制单元、以治理设备为执行机构的系统级闭环治理体系，总体结构如图 1 所示。相应的电压质量治理效果如图 2、图 3 所示。图 2 为电压畸变率（谐波）综合抑制效果，图 3 为电压不平衡综合抑制效果，可以看到通过少量治理设备的在线协调运行，便可以实现整个配电网供电质量的显著提升；且即便发生负荷的突变，通过在线调节，仍能使整个配电网供电质量满足基本要求。

本研究所设计局域配电网电能质量综合治理系统实现了研究目标，即通过少量治理设备的在线协调运行，实现整个配网电能质量的综合提升。



(a) 综合治理方案-



(b) 综合治理系统构成

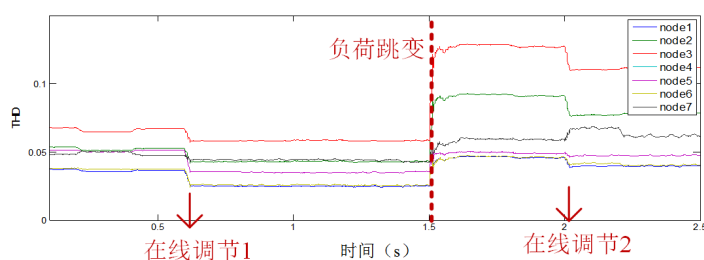


图 1 局域配电网电能质量在线综合治理方案

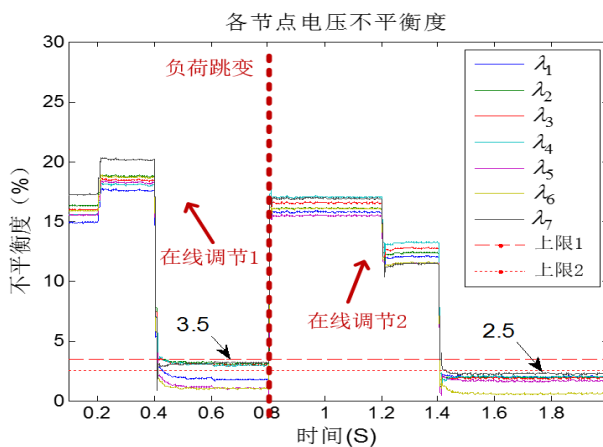


图 2 局域配电网电压不平衡综合抑制效果

三、技术成熟度

☒ 实验室阶段 ☐ 工程化阶段 ☐ 产业化阶段

四、合作方式

☐ 联合研发 ☐ 技术入股 ☐ 转让 ☐ 授权（许可） ☒ 面议

2. 大功率高稳定加速器励磁用开关电源

【团队负责人】 裴云庆

【所在学院】 电气工程学院

一、项目简介

离子加速器中的电磁铁是其核心部件之一，其电源的输出功率从几千瓦到几百千瓦，除小功率的电源为开关电源外，目前通常为晶闸管可控整流器，采用无源滤波器或工作于线性调整状态的有源滤波装置降低其输出电流纹波，存在体积大、功率因数及效率低等诸多不足。近年来随着全控型电力电子器件的发展，开关电源由于其体积小、重量轻、效率高等优点应用日益扩大，其输出功率不断提高。因而将开关电源技术应用于加速器电源是技术发展的必然趋势。本项目可应用于高能物理研究中的质子同步加速器、重离子加速器等装置的磁铁励磁用稳流电源，同时也可广泛应用于对电源输出精度、稳定度要求严格的精密仪器、标准电源等其它领域。因此该项目具有十分广阔的应用前景。

离子加速器中的加速器装置要求其产生的磁场恒定或按要求的规律进行变化。按不同要求其电源可分为稳定电源（用于产生稳定磁场）和脉冲电源（磁场按所要求规律变化），这两类电源分别对输出电流稳定度、电流纹波和跟踪精度等指标提出很高的要求，例如稳定电源的输出电流稳定度一般要求在 10^{-4} 数量级。这类电源的输出功率从几千瓦到几百千瓦，除小功率的电源外，目前通常为晶闸管可控整流器，采用无源滤波器或工作于线性调整状态的有源滤波装置降低其输出电流纹波。采用上述方式使得目前加速器电源存在体积大、功率因数及效率低等诸多不足。近年来随着全控型电力电子器件的发展，开关电源由于其体积小、重量轻、效率高等优点应用日益扩大，其输出功率不断提高。因而将开关电源技术应用于加速器电源是技术发展的必然趋势。

二、技术指标（性能参数）

本项目所研制高稳定电源达以下指标：

额定输出：120V，300A

长期电流稳定度：额定输出时 $3 \times 10^{-5}/8$ 小时

功率因数： ≥ 0.91

效 率: $\geq 91\%$

输出电流纹波 I_r/I_o : $\leq 3 \times 10^{-5}$

本项目所研制的大功率高稳定加速器励磁用开关电源属稳流型电源,同国内外同类系统相比较,本项目解决了一系列如大功率变换电路、高频变压器结构、高稳定性控制方式等关键技术,使系统的技术性能得到了显著提高。查新证实,该装置的整体技术水平已经达到国际先进水平。

三、项目先进性

- 1、采用零电压-零电流全桥软开关的技术,降低开关元件损耗,大大降低开关噪音;
- 2、提出电流、电压双闭环控制及前馈控制方案,提高了系统的输出稳定性和抗干扰性;
- 3、提出大功率变换电路、高频变压结构,保证系统可靠性。

四、合作方式

☐ 联合研发 ☐ 技术入股 ☐ 转让 ☐ 授权(许可) ☒ 面议

3. 中高压开关设备在线监测系统

【团队负责人】 荣命哲，王小华

【所在学院】 电气工程学院

一、项目简介

对中高压开关设备的运行状态实施在线监测是智能电网建设的重要组成部分，具有广阔的应用前景。本项目经过了 15 年的研究积累，在新技术研发、试验认证和产品推广等方面一直处于国际先进水平，曾获得国家科技进步二等奖（2008 年）、教育部技术发明一等奖（2007 年）等多项重要奖励和荣誉。所研制的 HX1-CMD1A 型开关设备在线监测装置，在同类产品中率先通过国家检验单位的全套型与性能试验验证，并在全国多个地区实现了规模化推广应用。

二、关键技术

1) 先进的传感技术。主要针对开关设备最常见的三种故障类型：绝缘故障、机械故障、载流（温升）故障实施在线监测。采用先进的传感技术，可以在变电站复杂的电磁环境中稳定、可靠工作，并具有高检测精度。

2) 智能评测与预警技术。在对开关设备状态劣化规律的深入研究基础上，获得了在线监测信息与开关设备状态之间的定量关系，从而可智能评估开关设备的运行状态，智能识别故障并及时报警。在萌芽阶段解决故障，从而提高开关设备及电网的运行可靠性。

3) 寿命预测技术。在智能评测基础上，融合最新的支持向量机预测方法，对开关设备电寿命和机械寿命进行预测，为实现开关设备全寿命周期管理作必要支撑。

4) 通讯与组网技术。基于 IEC61850 通讯规约及 IEC-103 协议实现信息融合，既可独立组网也可与电网调控系统联网，实现设备状态信息的远程监控。

三、市场前景及应用

智能电网作为未来电网的发展趋势及推动新能源革命的关键技术，已成为我国能源发展战略的重要组成部分。根据国家电网公司的发展规划，到 2020 年，全国将建超过 5000 座智能变电站，这将为开关设备在线监测的研究及应用提供了广阔的舞台。因此，

本项目具有良好的市场前景，愿与国内企业开展多种形式的合作，促进新产品和研发及推广应用。

四、技术成熟度

☐ 实验室阶段 ☒ 工程化阶段 ☐ 产业化阶段

五、合作方式

☐ 联合研发 ☐ 技术入股 ☐ 转让 ☐ 授权（许可） ☒ 面议

4. 电力系统规划方案的全景模拟评估软件

【团队负责人】 王建学

【所在学院】 电气工程学院

一、项目简介

此软件在给定的电源、电网和负荷数据的前提下，本软件对电力系统规划方案进行 8760 小时全景模拟，既可以对电源规划方案进行评估，也可以用于输电网规划方案评估，还可以针对新能源消纳、系统调峰能力、外区交直接接入、抽蓄电站建设等进行专题评估。本软件是基于课题组完全自主提出的理论而历经多年开发，所提理论系为国内首创。

二、产品性能优势

该软件可以逐小时模拟全年电力系统运行情况，经过多个实际系统验证，模拟结果于实际运行情况较为接近。主要特点：

1. 软件对新能源中长期波动刻画准确，既可以直接利用风光大量历史数据，也可根据理论进行新能源波动模拟以解决历史数据匮乏问题。
2. 与传统的短期机组组合方法相比，此软件通过全年精细化的机组组合，充分考虑了电源和负荷在时间尺度上的不均匀性。
3. 与传统基于电力电量平衡的规划评估思路相比，软件计及了线路传输约束和潮流断面约束，并考虑供/受外区电、抽水蓄能、热电联产、气电、光热等特殊机组和运行情况，使评估结果更具参考价值。
4. 在调度方式上，具有三公调度、经济调度、节能调度等多种可选调度方式。

三、市场前景及应用

此评估软件已在我国西北、华中、华东的七个省级电网得到了应用，对十二五规划乃至 2025 年规划提出了大量建议。当前全国各省区以及各地区常年都有各类电源、电网的中长期规划，合理评价电力规划方案缺少有力的工具，本软件可以给出新能源消纳情况、弃风弃光原因（比如调峰、断面等）、网源不匹配情况、系统薄弱环节、环境排放、能源效率等当前热点关心问题的分析结果，也可以给出常规的水电/火电运行情况、电网运行情况等指标。

四、技术成熟度

☐ 实验室阶段 ☒ 工程化阶段 ☐ 产业化阶段

目前一代产品已经得到了应用，二代产品正在优化。

五、合作方式

☐ 联合研发 ☒ 技术入股 ☐ 转让 ☒ 授权（许可） ☐ 面议

5. 多能源微网系统智能规划和全景评估软件

【团队负责人】 王建学

【所在学院】 电气工程学院

一、项目简介

多能源微网系统智能规划和效益评估软件是一款集多种计算功能于一体的可视化软件，具有完全自主知识产权。软件功能主要包括分布式电源（分布式光伏、燃气轮机、燃料电池、分布式风电、柴油机等）优化配置、储能装置优化配置、网络拓扑结构的优化规划、无功补偿的优化配置，以及潮流校验、多个时间尺度的运行调度、有功-无功的联合调度以及技术经济指标分析等。

二、产品性能优势

相对目前国际知名微网规划软件 HOMER、DER-COM、HYBRID2、EnergyPLAN 等更加完善，不仅包括了此类微网规划软件的现有功能，更在此基础上进一步添加了网络拓扑结构的优化规划、无功补偿装置的优化配置、潮流校验、有功-无功联合调度等多种规划校验功能，并且将各功能模块统一集成于 GUI 设计界面。

软件功能：

1. 软件基于内置的负荷特性数据集和典型元件数据集进行分布式电源和储能的优化配置，基于网络拓扑数据集进行网络拓扑规划，各数据集向用户开源，允许用户自行调整和增删。
2. 软件允许用户在执行界面中选择一键优化和分布优化两种优化方式，可以自动生成文本形式和 EXCEL 形式的工程评价报告、规划计算报告、经济性计算报告等。
3. 在分步优化方式下，中间结果由 EXCEL 形式输出，并且允许用户单独对各中间功能模块的输入和输出数据进行人为的调整干预，以适应不同微网的实际情况，使得软件具有很强的灵活性和可操作性。

三、市场前景及应用

软件已经应用于山西、江苏等实际微网规划工程。伴随国家微电网和综合能源系统等的支持力度加强，可以预计，不久全国各地将大量微网或者多能源互补利用项目推进，

本软件可以从规划层面对这些微网进行前期分析，给出最优规划方案，应用前景广阔，经济和社会效益明显。

四、技术成熟度

☐ 实验室阶段 ☒ 工程化阶段 ☐ 产业化阶段

目前一代产品已经得到了应用，二代产品正在优化。

五、合作方式

☐ 联合研发 ☒ 技术入股 ☐ 转让 ☒ 授权（许可） ☐ 面议

6. 发电厂主接线可靠性分析软件

【团队负责人】 王秀丽

【所在学院】 电气工程学院

一、项目简介

课题组所开发的发电厂主接线可靠性分析软件 REBUS 是对任何类型发电厂主接线进行可靠性全面评估的有力工具。REBUS 主要发展了一种全新的模型和算法。在分析发电厂主接线可靠性时,它把主接线看成是发电厂的有机组成部分。在计及所有电气设备(包括发电机、变压器和出线的故障,也包括设备的检修)随机故障的各种可能组合后,给出了发电厂在各种输出功率下的概率和频率,从而更全面地反映了发电厂的可靠性,更深刻地描述了主接线对发电厂可靠性的影响。

该技术由王锡凡院士、王秀丽教授团队开发和维护,在电力系统可靠性研究上具有多年积累,发表了多篇国际顶级期刊文章,软件正在不断完善中。

二、市场前景及应用

迄今为止,已用 REBUS 程序对大量发电厂主接线(其中包括青海龙羊峡水电站改造,巴基斯坦玛尔水电站,四川巴塘水电站等 20 余座水电站、抽水蓄能电站)的可靠性进行了全面分析,对实际工程决策提供了有指导意义的建议,取得了比较满意的效果。

三、技术成熟度

☐ 实验室阶段 ☒ 工程化阶段 ☐ 产业化阶段

技术较为成熟,包括三个层次:理论研究已经完备成体系;核心算法开发完毕;开发有实用的软件界面程序。

四、合作方式

☐ 联合研发 ☐ 技术入股 ☐ 转让 ☒ 授权(许可) ☐ 面议

7. 电网设备无线智能温度监控系统

【团队负责人】 贾立新

【所在学院】 电气工程学院

一、项目简介

在供电系统中，各种输配电设备数量多，分布广，它的安全运行，是保证国民经济安全运行至关重要的环节。而电网设备高压开关柜内的母线接头和室外刀闸开关以及各类设备线夹等重要设备，数量众多，在长期运行过程中，因老化或接触电阻过大而发热。由于这些发热部位的温度没有得到及时有效的监测，往往导致火灾和大面积停电等事故的发生。实现母线接头、刀闸开关及设备线夹等关键部位的温度实时在线监测，防止出现过热故障，可以显著地减少此类事故的发生。在工程实践中，高压大电流设备内的接头部位都具有裸露高压，导致这些部位的温度很难监测，通常的温度测量方法因无法解决高压绝缘问题而不能使用。因此，如何实现这些关键节点的温度监测，尽早发现存在的故障隐患，防止出现过热损坏故障，成为安全供电的工作重点和一大难题。

电网设备无线智能温度监控系统采用先进的电子技术和无线通讯技术，能够自动采集各测点温度，自动实现过热故障预警分析和诊断，自动将数据通过无线通信远传至调度值班中心，从而为安全操作提供科学依据，有效解决传统监测方法中存在的巡检效率低、实时性能差、测温精度易受干扰、数据无法快速远传、无法实现故障预警等问题，为电网设备的安全维护提供真实可信的数据，为供电系统的智能化、信息化奠定基础。

电网设备无线智能温度监控系统在出厂时，按照项目情况进行包装，其中含有以下内容：

- 1) 无线测温模块（含安装件）
- 2) 太阳能中继器（含安装件）
- 3) 集中器
- 4) 计算机

一、系统技术特色

电网设备无线温度智能监控系统适用于高压设备母排、高压开关柜触头、刀闸开关、干式变压器、箱式变电站、变电台区等设备的表面及各类设备线夹等的实时测温，可应用于室内环境，亦可应用于室外环境。

其主要技术特色如下：

- 采用 433MHZ (ISM) 频段，无线扩频技术，抗干扰能力更强。智能无线组网技术，彻底消除同频干扰问题，通讯误码率大大降低。
- 测量点和接收点无直接联系，无绝缘问题，不受外部环境影响，尤其适合于高压系统，不再担心测量的安全问题。
- 超低功耗设计，高性能锂电池供电使得测温模块的稳定性、可靠性更好，使用寿命更长。
- 测温模块无线组网灵活，可扩展性强，可适用不同电压等级、不同环境带电设备的实时温度监测，安装施工简便宜行。
- 系统采用分布式分层结构设计，拓扑结构灵活，既可融入自动化系统运行，亦可独立成系统运行。

二、系统主要功能

1. 采样与上报独立，实现密集监控与模块长工作寿命间的协调与统一

采样周期：5s ~ 60min 可配置

主动上报周期：5s ~ 24hour 可配置

报警上报周期：5s ~ 60min 可配置

2. 功率可调，确保低功耗下的可靠通讯

无线温度传感器单元：10mw ~ 50mw 可配置

中继装置与数据集中器：100mw ~ 1w 可配置

3. 跳频技术与冲突自协调机制，网络规模与配置更加灵活

跳频技术：自主选择通讯信道

冲突自协调机制：确保网络通讯可靠

4. 完善的报警机制，确保故障预警的有效性

上下限报警：报警阈值可设置

温度变化报警：变化阈值可设置

电量低报警：电压阈值可设置

5. 系统数据管理软件功能

实时温度显示：通过图表方式显示各监测点的实时温度值。

温度报警：通过画面闪烁、语音提示等多种方式进行报警提醒。

实时曲线：可显示各测点的实时温度变化曲线

历史数据与曲线：查询各测点历史温度数据曲线及数据，方便用户生成报表。

三、系统技术指标

1. 输配电网无线温度监控系统管理分析软件

(1) 系统容量：60000 测点

(2) 系统硬件：可根据用户和系统需要进行配置

(3) 操作系统：WINDOWOS 2003、WINDOWS XP、WINDOWS 7

2. 智能数据集中器

(1) 接口方式：以太网接口 1 个(RJ45)

(2) 管理测温模块个数：典型值 500 个

(3) 工作电源：DC 9-34v

(4) 工作温度范围：-40℃-85℃

(5) 工作湿度：5%-95%

(6) 无线通讯频率：433MHz

功率：100mW~1W 可选，典型值 1W

距离：典型值

100mw 1000 米（可视距离）

1000mw 3000 米（可视距离）

3. 智能中继器

(1) 管理采集无线温度传感器个数：典型值 100 个

(2) 无线通讯：频率：433MHz

距离：100mw 1000 米（可视距离）

1000mw 3000 米（可视距离）

功率：100mw-1W，典型值 1w。

(3) 工作电源: 外供 12V 或配 12V 10W 10AH 专用太阳能电源

(4) 工作温度范围: $-40^{\circ}\text{C} \sim 85^{\circ}\text{C}$

(5) 防护等级: IP65

4. 无线测温模块

(1) 温度指标: 温度范围: $-50^{\circ}\text{C} \sim 150^{\circ}\text{C}$

采集精度: 全范围 $\pm 1^{\circ}\text{C}$

温度采集分辨率: 0.5°C

(2) 无线通讯: 频率: 433MHz

距离: 外置天线 1000 米 (100mw 可视距离)

功率: 10-100mW

(3) 工作电源: 3.6V 锂电池

(4) 工作时间: 典型值 不少于 5 年 (与工作模式有关)

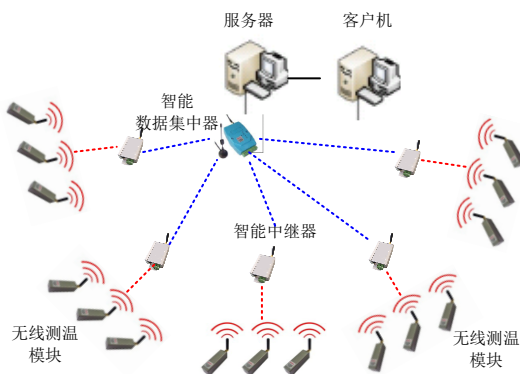
(5) 工作温度范围: $-40^{\circ}\text{C} \sim 85^{\circ}\text{C}$

(6) 防护等级: IP67

四、系统组成概况

1. 系统组成

电网设备温度无线智能监控系统由无线测温模块、智能中继器、智能数据集中器和数据服务器及客户机等构成, 其中无线测温模块实现电网设备中各类设备线夹、母排、高压隔离开关等处的温度实时检测, 并将结果通过无线方式发送; 智能中继器实现无线温度传感器获取的温度数据上传过程的通讯接力与中转, 从而实现更远距离的通讯网络覆盖; 智能数据集中器实现区域范围内的无线温度数据收集并上传至计算机; 数据服务器及终端客户计算机均实现数据的存储、查询、分析等。



2. 无线测温模块 (Wireless Temperature Sensor)

无线测温模块安装于高压线路上，与输电线路等电位，通过直接接触方式测量被测点的温度，从而提高温度检测精度，测量结果通过无线通讯模块定期上传到智能中继器/智能数据集中器。

根据检测对象的差异有 3 种温度检测装置：WTS-I 型温度检测装置（用于线夹的温度）、WTS-II 型温度检测装置（用于监测隔离开关的温度）、WTS-III 型温度检测装置（用于检测母排的温度）。各类型之间的差异在于安装件不同，具体可参考第三章 安装部分。

无线测温模块的技术指标如下：

温度指标：温度范围：-50℃ ~ 150℃

采集精度：全范围 ±1℃

温度采集分辨率：0.5℃

无线通讯：频率：433MHz

距离：外置天线 1000 米（50mw 可视距离）

功率：10-50mW

温度采集：采样间隔：5 秒 ~ 60 分钟可配置

主动上报时间间隔：5 秒 ~ 24 小时可配置

报警上报时间间隔：5 秒 ~ 60 分钟可配置

报警功能：温度超上限报警

温度超下限报警

温度变化报警

电池电压低报警

温度在线校准功能

工作电源：3.6V 锂电池

工作时间：不少于 5 年

工作温度范围：-40℃ ~ 85℃

防护等级：IP67

3. 智能中继器 (Smart Relay&Router)

智能中继器是无线测温系统的重要组成部分，主要完成无线测温模块数据的中转上传，从而使得无线测温模块以较小的无线发射功率即可将数据上传至数据处理中心，从而为模块的长期工作节省大量电源。

智能中继器根据供电电源的不同分为两种类型，一种是采用太阳能电池供电，其型号为 SRR-S；另一种为采用外部 220V 供电，其型号为 SRR-A 型。

智能中继器的具体技术指标如下：

管理采集无线温度传感器个数：典型值 100 个，主要根据实际覆盖区域进行配置
中继器

智能中继器管理无线温度传感器范围：典型值 100 米 可视距离

无线通讯：频率：433MHz

距离：50mw 1000 米（可视距离）

500mw 3000 米（可视距离）

功率：10mw-1W。

工作电源：外供 DC 9~34v 或配 12V 10W 10AH 专用太阳能电源

太阳能电源供电：连续阴天状况下，可持续供电 10 天。

功耗：发送数据 5W 接收数据 2W 侦听状态 500mW

工作温度范围：-40℃ ~ 85℃

防护等级：IP65

4. 智能数据集中器 (Smart Receiver)

智能数据集中器主要完成所有模块温度数据的收集以及数据处理中心命令的下传，其与计算机之间采用 100T 以太网连接，与中继器以及测温模块之间通过无线进行通讯。其具体技术指标如下：

接口方式：以太网接口 1 个（RJ45）

管理采集单元个数：典型值 500 个

工作电源：DC 9~34V，推荐 12V

工作温度范围：-40℃ ~ 85℃

工作湿度：5% ~ 95%

无线通讯 频率：433MHz

功率：100mW ~ 1W 可选

距离：典型值

100mw 1000 米（可视距离）

1000mw 3000 米（可视距离）

功耗：发送数据 5W 接收数据 2W 侦听状态 500mW

5. 计算机

无线测温系统中计算机主要安装服务器软件和客户端软件，既可将两个软件安装到同一台计算机上，实现独立运行；也可安装到不同的计算机上，从而实现组网运行。

服务器软件实现的主要功能有：

- 测温模块数据收集功能
- 测温模块参数更新
- 历史数据记录
- 历史数据查询
- 系统用户管理
- 与客户端数据交互

客户端软件实现的主要功能有：

- 监控画面组态
- 测温模块数据监控
- 实时温度曲线查询

- 历史趋势查询
- 历史数据查询与导出
- 模块参数读取与更改

二、技术成熟度

☐ 实验室阶段 ☒ 工程化阶段 ☐ 产业化阶段

三、合作方式

☐ 联合研发 ☐ 技术入股 ☐ 转让 ☐ 授权（许可） ☒ 面议

附：现场控制柜图



8. $\pm 10\text{kV}$ 机械式直流断路器

【团队负责人】 史宗谦

【所在学院】 电气工程学院

一、项目简介

柔性直流输电是解决风电等可再生能源高效开发利用的重要途径，作为新一代电网技术，直流电网已成为世界各国电力系统发展的重要方向，而高压直流开断技术是迫切需要解决的关键问题。

2018 年，本团队研制了 $\pm 10\text{kV}$ 机械式直流断路器，开断电流 10kA ，开断时间小于 3ms 。该产品在国家智能电网输配电设备质检中心（广东）通过了短路开断试验，这也是国内机械式直流断路器首次采用低频发电机进行的高压直流短路开断试验，与常规的 LC 源试验相比，具有与实际直流系统更强的等效性。该产品已在世界规模最大多端交直流混合柔性配网互联工程（国家能源局首批支持能源消费革命的城市-园区双级“互联网+”智慧能源示范工程物理层项目）中成功投运。这是国际上机械式直流断路器在交直流混合柔性配网中的首次工程应用。

二、技术指标（性能参数）

$\pm 10\text{kV}$ 机械式直流断路器，开断电流 10kA ，开断时间小于 3ms



$\pm 10\text{kV}$ 机械式直流断路器

三、市场前景及应用

柔性直流输电是解决风电等可再生能源高效开发利用的重要途径,作为新一代电网技术,直流电网已成为世界各国电力系统发展的重要方向,而高压直流开断技术是迫切需要解决的关键问题。基于强迫过零的机械式高压直流断路器具有通态损耗小、成本低等优势,在未来直流电网的发展中具有广阔的应用前景。

四、技术成熟度

☐概念验证 ☐原理样机 ☒工程样机 ☐中试 ☐产业化

本研究团队自 2004 年起就围绕直流开断中的关键问题,开展了基于强迫过零的真空直流开断技术研究,在直流开断技术领域已承担 863 课题、国家自然科学基金-国家电网公司智能电网联合基金项目、国际热核聚变实验堆 (ITER) 计划专项课题等重要科研项目。经过十余年的研究,本团队已掌握了机械式直流断路器拓扑结构及参数优化设计、开断过程仿真、电弧特性控制、控制系统设计,及高速操动机构设计等关键技术。

本团队研究成果也受到其他领域的关注。项目负责人作为首席科学家主持国际热核聚变实验堆 (ITER) 计划专项项目“磁约束聚变工程与技术关键问题研究”,将这一技术拓展到磁约束聚变领域。面向我国全超导托卡马克核聚变实验装置 (EAST),研制出 3kV/25kA 机械式失超保护开关。

五、合作方式

☐联合研发 ☐技术入股 ☐转让 ☐授权(许可) ☒面议

本团队承担的科研项目:

- (1) 国家自然科学基金智能电网联合基金重点项目: 直流开断关键基础研究
- (2) 863 课题: 直流断路器关键技术研究
- (3) 国家自然科学基金杰出青年基金项目: 开关电器电弧特性研究
- (4) 国家自然科学基金优秀青年基金项目: 真空中放电等离子体特性研究
- (5) 国家自然科学基金项目: 高速真空直流开断中的电弧特性及其控制机理
- (6) 国家自然科学基金项目: 非均匀纵向磁场对真空电弧集聚现象抑制机理的研究

- (7) 国际热核聚变实验堆 (ITER) 计划专项: 基于人工过零的超导线圈失超保护技术研究

本团队取得的主要相关成果:

- (1) 国家科技进步二等奖“开关电器大容量开断关键技术及应用”(2012)
- (2) 教育部自然科学一等奖“开关电弧等离子体特性和控制机理研究”(2010)
- (3) 发明专利: 基于人工过零的双向直流开断电路及其开断方法
- (4) 发明专利: 基于人工过零技术的混合式双向全负荷直流开断装置及其开断方法
- (5) 发明专利: 电磁斥力系统和永磁系统相耦合的自适应操动机构
- (6) 软件著作权: 高压真空直流开断仿真软件 v1.0
- (7) 软件著作权: 真空电弧阳极活动及其与弧柱作用仿真分析软件
- (8) 软件著作权: 真空电弧仿真分析软件

9. 大型电力变压器感应式振荡冲击耐压试验设备

【团队负责人】 李军浩

【所在学院】 电气工程学院

一、项目简介

在电力设备的现场交接过程中，耐压试验是设备投运之前的最后一道防线，耐压试验能够有效地发现设备内部的绝缘污秽、安装错误、几何尺寸偏差，以及在包装、运输、安装调试过程中损坏和遗留异物等缺陷，是保证设备绝缘水平、避免发生绝缘事故的重要方法。电力变压器是电力系统中最为重要的设备之一，为了及时发现变压器存在的故障缺陷和安全隐患，相关标准和规程推荐在现场对电力变压器进行操作冲击试验，特别是高电压等级变压器的绝缘水平由操作冲击水平决定，如果现场不进行操作冲击试验，则对变压器投运前的考核不够完备，会造成设备运行的潜在风险。

但由于传统的试验方法所需要的的试验装备及其复杂，现场无法进行应用，所以目前变压器投运前在现场不进行操作冲击试验，由此也导致了很多尽管通过了现场各项常规试验，但投运不久就出现事故的案例。

针对这一问题，本研究团队对变压器现场操作冲击电压试验的试验方法、试验装备及故障诊断方法进行了长期而系统的研究，形成了完整现场解决方案。研制了感应式振荡型操作冲击试验成套设备，可用于现场对于电力变压器（110kV~1100kV）进行感应式振荡型操作冲击耐压试验。该设备利用变压器电磁感应原理，通过低电压等级的冲击电压发生器对变压器低压绕组放电，对应的变压器高压绕组通过电磁感应产生高幅值振荡型操作冲击电压，可通过调节调波电路中的波头、波尾电阻和调波电感改变振荡型操作冲击波形参数。设备经过模块化设计，在现场进行组装和接线，使得整个设备更加紧凑、便携，依靠人力便可实现设备的装卸，可适应现场复杂多变的实际工况。同时还配备有配套故障诊断软件，可有效识别变压器绝缘故障。

该方法拥有两项核心授权发明专利，对其试验方法和故障诊断方法具有明确的授权保护。

二、产品性能优势

本设备主要性能优势如下:

(1) 高效性

传统双指数操作冲击由于波前时间长、波头电阻大,其产生效率一般在 60%~70%;而振荡型操作冲击电压利用调波电感和被试变压器入口电容的谐振作为试验波形,其产生效率可达 1.6~1.8。

(2) 便携性

振荡型冲击电压波形的产生效率高,因此相比于传统冲击耐压设备,振荡型冲击发生器的体积和绝缘裕度的设计可以缩小一半。此外,振荡型操作冲击试验设备采用小型化、模块化、轻型化的设计,采用分体运输并在现场进行组装,结构更加紧凑,更便于移动和运输,满足现场冲击试验便携性需求。

(3) 灵敏性和准确性

配备有相应的故障诊断软件,对于振荡型冲击试验中变压器高压侧电压波形、低压侧电压波形、中性点电流波形以及局部放电信号进行分析,并自动计算电压传递函数和电流传递函数,从而对变压器绝缘情况进行综合性诊断。相比于传统仅以时域波形作为判断依据,振荡型操作冲击试验诊断具有较高的灵敏度和准确性。

三、市场前景及应用

随着我国电网建设的进一步加快,对变压器现场试验的要求越来越高,本产品可用于新投运变压器的现场试验,也可用于大修后现场进行,目前电网在运变压器数以万计,而本设备可用于 110kV~11000kV 不同电压等级的电力变压器现场操作冲击试验,解决了常规试验无法现场对变压器进行操作冲击试验的难题,突破了现有现场试验方法的限制,极大地提高了现场试验以及检修的效率,减轻现场试验人员的工作,能及时发现变压器隐藏的绝缘缺陷,对电力变压器安全可靠运行起着重要的作用,工程样机在广东电网、宁夏电网具有初步销售,取得了较好的实际效果,本项目主要提供两种市场应用,一种是出售试验及故障诊断装备,每个省级电网公司配置 4~5 台,每个变压器制造企业配置 1 台,则市场容量约为 300 台左右,还有后续的故障诊断系统迭代升级服务;此外还可进行现场试验服务,其市场前景极为广阔。

四、技术成熟度

☐概念验证 ☐原理样机 ☒工程样机 ☐中试 ☐产业化

五、合作方式

☐联合研发 ☐技术入股 ☐转让 ☐授权（许可） ☒面议



图 1 振荡型操作冲击耐压试验设备实物

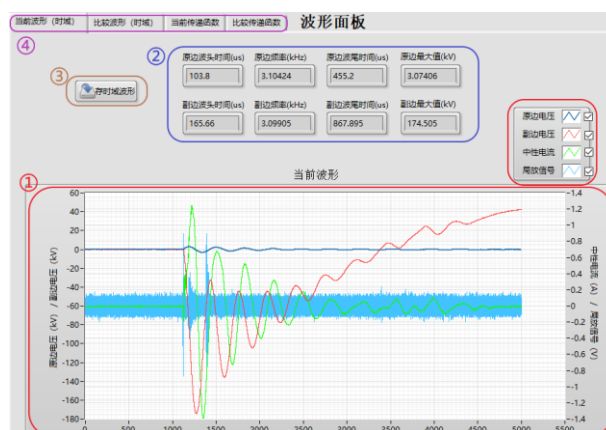


图 2 故障诊断软件控制面板

10. 新型可逆能源互联器件关键技术与装置

【团队负责人】 周峻

【所在学院】 电气工程学院

一、项目简介

本项目基于 RSOC 的多功能化特点,拟结合更前沿的技术,提供千瓦级 RSOC “电-气”互联设备。包括千瓦级 RSOC 电堆、设备运行平台、软件控制系统以及数据记录和分析系统三个部分。硬件部分包含电子负载、外部电源、通讯设备、供气管路、气体净化器、气体控制模块、高温电炉、水蒸气发生器、冷凝器、空气压缩机等。软件部分主要包括气体流量控制及监测、电子负载控制模块、电源控制模块等。实现在同一设备既能发电且又能产化学品储能的功能,即电能和化学能之间的自由转换,并通过集成热电联产,提高了能源综合利用效率,是家庭用户或微电网能源供给的趋势之一。

二、产品性能优势

该项目使用新型的可逆固体氧化物电池技术,实现电力和化学品气体能源之间的高效转换和互联互通,可解决目前能源行业中存在的一些问题:

1. “电-气”间的互联互通只需要 RSOC 一台设备,且能实现“电-气-热”间的联产联供,简化了系统的复杂度,降低了成本。一般情况下电转起和气转电需要多台设备才能实现,导致系统复杂和成本较高。

2. 大幅提升能源转化效率。正常情况下,利用燃气轮机实现“气转电”,其效率不超过 40%,而 RSOC 的发电效率能达到 55%以上,且能够热电联产,综合能效可以达到 75%以上。目前实现“电转气”的电解槽目前的效率一般为 60%左右,而 RSOC 在电解模式下可以达到 90%以上的电解效率。

3. RSOC 设备由多个子系统组装而成,系统扩展性较强,额定功率在数百瓦到数十兆瓦不等,在不同规模的能源系统中均可应用。

4. 发电、电解交替进行,从运行方式上即可自行解决燃料电池使用烃类燃料发电带来的碳沉积问题,因此 RSOC 技术非常适合在能源互联行业应用。

三、市场前景及应用

近年来，固体氧化物燃料电池（SOFC）相关的技术商业化进程加快，对 SOFC 的研究投入逐步加大，已有多家公司推出了商业化产品，更多的公司和机构已经开展了 SOFC 的产品研发工作，系统的单位造价正持续降低，也为 RSOC 设备的大规模推广提供了成本方面的优势。

在 RSOC 系统开发方面，目前美国波音、德国 Sunfire 公司有示范性的项目，已经具备商业化推广的前景。截止目前，我国在 RSOC 设备领域还尚处于空白，且国外在该领域实施了严格的技术封锁。因此，提升 RSOC 的相关技术，突破 RSOC 的商业化推广瓶颈，对我国抢占能源互联设备行业至关重要。

本项目成果应用主要表现在，可利用新型、高效的 RSOC 系统应用于大规模新能源电力消纳，实现不同能源高效的转换和互联。

四、技术成熟度

☐概念验证 ☐原理样机 ☒工程样机 ☐中试 ☐产业化

五、合作方式

☐联合研发 ☐技术入股 ☐转让 ☐授权（许可） ☒面议

九、精密仪器设备

1. 基于精密测量技术的检测设备

一、团队（专家）简介

精密工程研究所成立于 1996 年，其前身为机械学机制教研室公差组、微型技术教研室、精密技术教研室，是机械工程和仪器科学与技术两个一级学科博士学位授权点和博士后流动站。是机械制造系统工程国家重点实验室、高端制造装备协同创新中心、机械工程以及仪器科学与技术博士点和博士后流动站的组成单位，同时筹建有“微纳制造与纳米测试技术”高等学校学科创新引智基地、“微纳制造与测试技术”国际合作联合实验室、陕西省微型机械电子系统（MEMS）研究中心、陕西省微纳传感器工程技术研究中心，有力地支持机械工程和仪器科学与技术两个一级学科的建设和发展。

研究所共有教师及职工 44 名，其中教授 10 人、副教授 9 人、讲师（博士）13 人，助理研究员 11 人。教师队伍中有中国工程院院士 1 名、国家杰出青年科学基金获得者 1 名、国家科技创新创业人才 1 名、国家“百千万人才工程”入选者 1 名、中组部“万人计划”入选者 1 名、中组部青年千人 1 名、国家优秀青年基金获得者 1 名、教育部新世纪优秀人才 7 名。团队成员荣获首届全国创优争先奖、何梁何利科技进步奖、全国优秀科技工作者、中国机械工程学会青年科技成就奖、陕西省青年科技奖、陕西省青年科技标兵、西安科技人才奖等荣誉称号各 1 人次。

研究所研究方向包括：微纳机械电子系统与微纳米测试技术、微纳制造与先进传感技术、超精密加工技术与装备、精密测量技术与仪器、生物制造与仪器等。

二、团队项目

（一）零件多几何要素在线快速检测仪

负责人：李兵

（1）项目简介

该项目以研发在复杂环境下多几何要素高精度检测专用机床为业务核心，面向精密零件加工质量检测市场，定制零件的形位误差检测设备，并开发相应的检测系统。

课题组先后研发了两台不同型号的零件多几何要素在线快速检测仪，此两款设备适用于批量化自动生产线，可在生产线上对加工完成的零件进行快速自动化测量，剔除不

合格零件、优化生产线加工过程。该快速检测仪主要由孔位置度测量部、精密气动测量部、平行度测量部、精密回转平台、电器集成柜等部分组成，集孔组位置度测量、孔径测量、孔的圆度及端面平行度测量于一体，实现多几何要素的在线快速测量。



图1 零件多几何要素在线快速检测仪

(2) 技术指标 (性能参数)

① 孔径测量:

测量尺寸: 55.00mm (可定制不同尺寸规格);

测量误差: $\leq 0.002\text{mm}$;

重复性精度: $\leq 0.001\text{mm}$;

测量节拍: $\leq 40\text{s}$;

② 圆度测量:

测量误差: $\leq 0.001\text{mm}$;

重复性精度: $\leq 0.001\text{mm}$;

测量节拍: $\leq 10\text{s}$;

③ 孔组位置度测量:

孔径尺寸: 55mm (可定制不同尺寸规格)

测量精度: $\pm 0.003\text{mm}$;

重复性精度: $\leq 0.0025\text{mm}$;

测量节拍：≤10s；

④平行度测量：

测量误差≤0.001mm；

重复性精度：≤0.001mm；

测量节拍：≤10s；

（3）市场前景及应用

项目团队在李兵教授的带领下已掌握了精密零件检测成套化技术并具备工程化能力，相关测量系统已经应用于减速器零部件的检测中。

应用案例：可用于工业机器人减速器生产线上，检测减速器关键零件摆线轮和行星架的加工质量。主要可完成圆周等分孔位置度测量、孔径及圆度测量、端面平行度测量等，测量节拍快、准确度高，实现在自动化生产线的进行零件加工质量检测，效率高。测量过程如下：

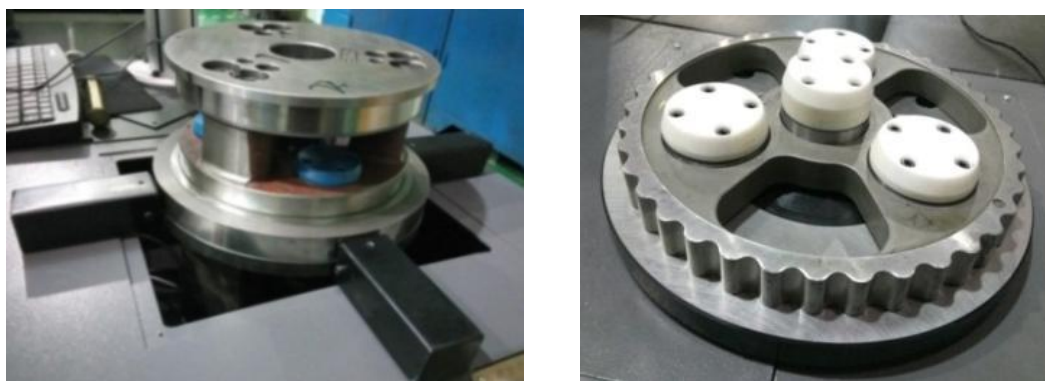


图 2 等分孔组位置度测量

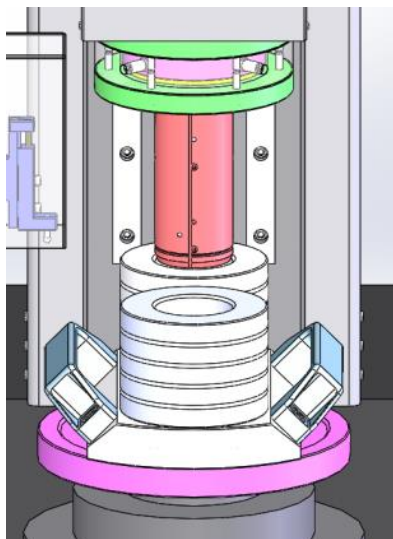


图 3 孔径及圆度测量

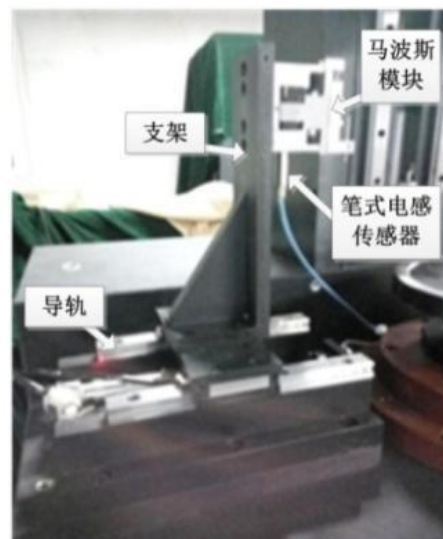


图 4 平行度测量

本课题成果还将为我国数控机床、医疗检测设备、风力发电机等同样受制于精密减速器的相关行业发展提供保障，有利于促进这些行业进行技术创新，实现相关行业的转型升级。

（4）技术成熟度

☐概念验证 ☐原理样机 ☒工程样机 ☐中试 ☐产业化

目前已实现了在线快速检测仪的联机调试，实现了摆线轮 320E 和行星架 320E 零件的在线测量，具备高可靠性和稳定性。

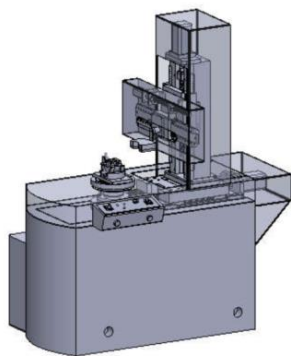
同时也进行了其他型号零件检测的预研设计工作，面向不同的零件型号、不同测量需求进行测量技术储备，同时，可根据客户具体需求进行定制化设计，并提供产品。

（二）四坐标叶片型面测量仪

负责人：李兵

（1）项目简介

叶片型面测量与分析不但是保障叶片出厂质量的重要手段，同时也是检测和评估已服役叶片表面缺陷的主要途径。测量仪由：机械模块、控制模块、数据采集模块、数据处理模块和数据显示模块组成。在数据处理模块中应用了当前国际先进的点云处理方法，实现了点云配准、点云去噪、点云精简及三维点云重构等功能。



三维建模图



实物图

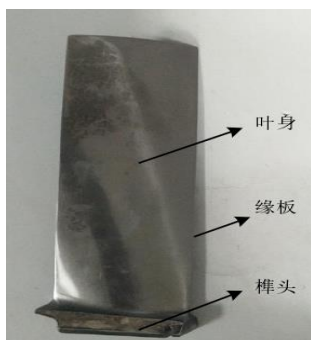
(2) 技术指标 (性能参数)

1、型面检测精度: $\leq \pm 5\mu\text{m}$

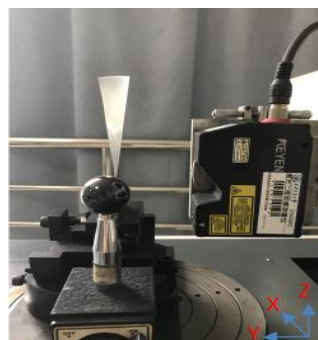
2、型面检测平均效率:

航空发动机叶片 $\leq 10\text{min}$

汽轮机及燃气轮机叶片 $\leq 15\text{min}$



叶片实物



测量过程

(3) 市场前景及应用

项目团队在李兵教授的领导下经过十余年攻关已掌握了相关核心技术并具备工程化能力,相关性系统已经应用于航天发动机叶片、汽轮机及燃气轮机叶片的型面检测。主要可完成两方面功能。

① 叶片三维轮廓

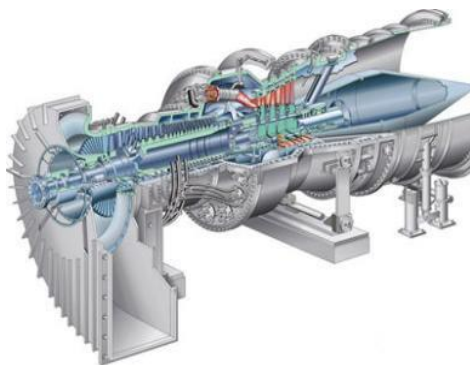
该系统可实现叶片的全数据测量,分析形状轮廓参数和特征尺寸参数,评定叶片型面质量。其中,形状轮廓参数包括:型面型线误差、倾斜度误差、弯曲度误差和扭曲度误差等;特征尺寸参数包括中弧线、前后缘点、前后缘半径、前后缘厚度、弦线、弦长、轴弦长、弦倾角、最大厚度等。

② 叶片表面缺陷

该系统可对叶片型面上存在的表面缺陷进行检测，分析出表面缺陷的三维轮廓尺寸，并对缺陷等级进行评估。评估结果可为叶片后续维护提供参考。



航空发动机



燃气轮机



汽轮机



叶片型面

(4) 技术成熟度

☐概念验证 ☐原理样机 ☒工程样机 ☐中试 ☐产业化

四坐标叶片测量系统已完成工程样机并对航空发动机及燃气轮机叶片型面进行检测,实现了叶片型面的三维重构,并完成了叶片型面质量评估及表面缺陷的评定。测试结果验证,其具备高可靠性和稳定性。同时,可根据客户具体需求进行定制化设计,并提供产品。

(三) 轴类零件轴径高效高精度自动测量仪

负责人: 李兵

(1) 项目简介

本项目主要研究轴径检测技术,并开发相应的检测系统以及硬件平台,研制了轴类零件轴径自动测量仪。本自动测量仪主要由双立柱测量单元、双光幕传感器测量单元、IO 控制模块、数据采集模块、串口通信模块等部分组成。

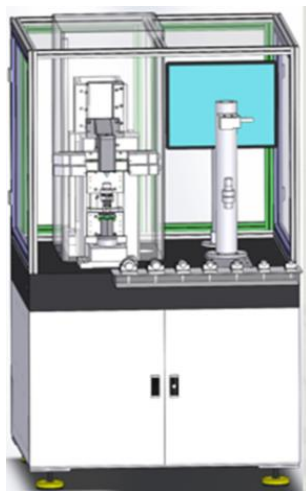


图 1 三维模型图



图 2 实物图

本测量仪在测量过程中可实现手动测量及全自动化测量（与机械手交互），可进行多种轴类工件（光轴、阶梯轴、异形轴和偏心轴等）的轴径测量，且可实现对同一个轴件的多个截面的轴径测量。测量过程中通过传感器的光幕截取工件的截面后未被遮挡边缘测量，测量精度高；测量单元的一个测量周期不超过一分钟，测量效率高；下顶尖部分的摆缸可旋转，能实现工件同一截面处的轴径的多角度多次测量，测量可靠性、稳定性高。

（2）技术指标（性能参数）

测量范围 0-60mm（可扩展为 10-70mm，类推），公差带 0-0.010mm

测量精度： $\pm 1 \mu\text{m}$

测量节拍： $< 1\text{min}$

重复性测量精度： $\leq 0.5 \mu\text{m}$

（3）市场前景及应用

在工业产品中，轴类零件是经常遇到的典型零件之一，主要用于支撑传动零部件，传递扭矩和承受载荷，几乎是任何机械设备中不可缺少的核心零件。提高轴类工件的检测效率及测量精度对于推动我国工业化的进程具有重要的影响。

本自动测量仪可测量大范围内的多种规格轴类零件的直径，可实现同一零件上多段轴径的测量，且测量节拍快，测量精度高，重复性精度好，自动化测量功能对于批量化检测轴类产品具有重要的意义。

应用案例：可用于阶梯轴的轴径测量。测量过程中，对于大批量多型号的产品，能够实现阶梯轴的在线自动检测，在测量仪的双光幕测量单元的一次测量周期中可以精确地测量出阶梯轴各段轴径，并通过数据分析及时分离出不合格零件，并对合格工件分组，可优化产品检测分组流程，提高工作效率。对于小批量工件，可使用手动测量流程操作测量仪来对产品轴径进行精确测量，并能在软件界面查看结果分析。



图 3 工件测量过程

（4）技术成熟度

☐概念验证 ☐原理样机 ☒工程样机 ☐中试 ☐产业化

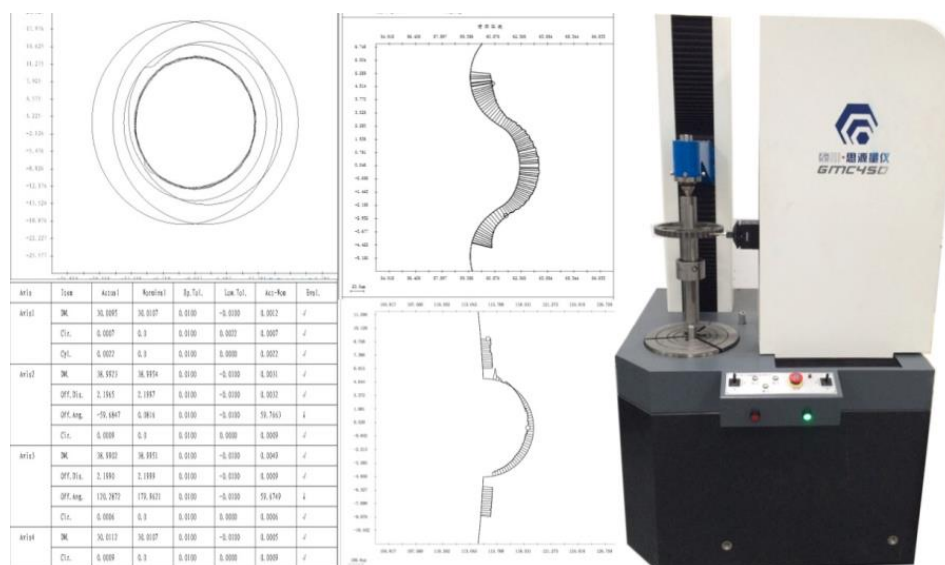
目前已完成测量仪的硬件设计及软件开发，测量仪可以正常运行，进行大范围多种规格多段轴径的测量，具有高可靠性和稳定性，重复性测量精度良好。自动化生产线上，测量仪与机械臂的自动交互，现阶段正在调试中，调试完毕之后可实现大范围多规格多段轴径的全自动化快速测量。

（四）机器人关节减速器关键零件精密测量

负责人：丁建军

机器人关节减速器以 Rotate Vector (RV) 减速器和谐波减速器最为常见。RV 传动减速器因为克服了传统针摆传动的缺点，且具有定位精度好、效率高、体积小、质量轻、传动比范围大、传动平稳、精度保持稳定、寿命长等优点，已成为未来机器人高端精密关节减速装置的发展趋势。

应用复杂型线型面测量中心配备三维光栅扫描测头对针齿壳、摆线齿轮、高精度偏心轴等复杂型线工件进行检测。这类工件测量参数除基本齿轮参数外，还有离散型线坐标点数据。在开始测量前将基本参数输入参数设置栏，并加载型线数据，测量软件将笛卡尔坐标系下型线数据点转化为圆柱坐标系的坐标点，根据基本参数设置测量初始半径，要求测头在该位置的变形矢量方向与理论型线法向一致，开始初始规划数据采集检测，随后进入自适应路径规划阶段，并要求全部测量过程测头受力及方向在小范围内变化，从而实现以上工件的全自动高精度检测。



(五) 螺杆转子精密测量

负责人：丁建军

本项目关注于螺旋转子的精密检测技术的研究。螺旋转子是螺杆压缩机的主要零件。螺杆压缩机结构简单，易损件较少，能够承受较大的压力差或压力比，适应性强，噪声和振动低，运转可靠，输气量调节性好，操作维护简便。对螺杆压缩机核心零件制造精度的严格控制是实现这些良好性能的基础。上世纪 60 年代以来，螺杆压缩机在国外大量应用于空气动力、空调、工业制冷、冶金、矿山等领域。目前，在欧美等发达国家的制冷压缩机市场螺杆式压缩机开始逐步取代传统的活塞式机型成为标准配置。我国是上世纪八十年代才开始在国外进口样机的基础上生产螺杆压缩机产品的，如今已能在一定程度上解决国内市场需求。

螺旋转子的表面是极为复杂的螺旋曲面，其精度、表面质量的高低也会直接影响到螺杆压缩机的整体性能。一对转子工件啮合时，如果其螺旋型面误差过大，会影响压缩

机内部吸气排气的正常进行，造成气压泄露，影响压缩效率，减小系统工作压力。为保证螺旋转子的加工精度，必须要对该零件进行精密检测与质量控制。

本项目以高精度四轴联动测量平台为基础，配备雷尼绍高精度三维测头，完成了螺旋转子三维自由型面的精确检测。在齿廓型线测量中，以等弧长采样思想控制测头的采样路径和采样方式，从而实现测点遍历齿廓型线，真实而完整的反映了转子的齿廓信息；齿向和周节的测量，采用 W 轴和 X, Y 轴联动的方式，精确控制测头采样路径，相对于三坐标测量机，该测量方式可以精确控制和记录转台的相位信息，更符合转子的齿向和周节的实际误差信息。



图 5-1 螺旋压缩机外形及内部结构



图 5-2 不对称型线螺旋转子零件

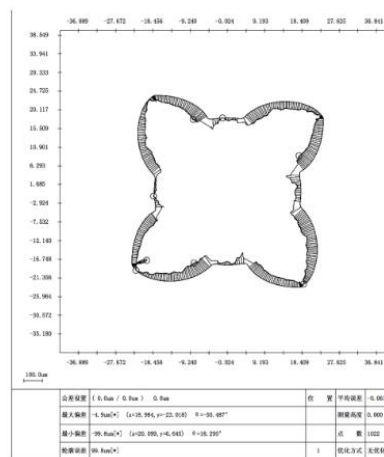


图 5-3 阳极转子检测实例及测量报告

(六) 齿轮与刀具精密测量

负责人：丁建军

本项目在数控系统、伺服驱动系统以及机械系统等三个方面开展全新的选型设计，开发出可达到 VDI/VDE 2612/2613 I 级精度标准的齿轮与刀具精密测量系统，可以测量 1 级以上精度的齿轮及齿轮加工刀具，相较国内同类产品测量效率提高 4 倍。

本测量系统从机械结构和材料两个方面进行全新设计，并采用如有限元等现代设计方法进行分析，提高结构的稳定性和可靠性。在结构上，关键零部件采用了花岗岩材料，可以明显降低温度对系统精度的不利影响；在导向结构上，应用标准精密直线导轨取代了非标密珠直线导轨，不仅简化了结构的安装工艺，还提高了系统的模块化程度，使得同一零部件在不同型号设备上具有一定的兼容性；采用 ANSYS 分析机械结构精度与温度变化的关系，通过结构的优化设计降低温度对系统机械精度的影响。

数控系统是 CNC 齿轮测量机的关键技术。与已有的国产测量中心数控系统相比，本项目所开发数控系统具备：①三维模拟量测头接口和高速数据采集通道，为齿轮测量机选用三维测头提供了技术支持；②支持直线电机驱动单元，实现了直线轴的全闭环控制，提高了运动控制精度和系统动态响应频率，最终提高了齿轮测量中心的测量精度和测量效率。

伺服驱动硬件上采用直线电机，实现的“零”传动，消除了丝杠对导轨导向精度的影响，由于没有了传动环节，定位精度可以得到显著提高，消除了齿轮等传动背隙对定位精度的影响；主轴旋转电机采用直驱电机，通过连轴器直接驱动主轴旋转，达到精密定位的要求；选用智能伺服放大器，实现工作台与驱动器之间的闭环控制，同时在控制器与工作台之间形成第二层闭环控制，提高系统的伺服控制精度。



(七) 复杂齿轮三坐标测量分析技术

负责人：丁建军

(1) 项目简介

复杂齿轮因其平稳可靠的传动、较高的承载能力等优点被广泛应用于航空航天、航海、汽车、拖拉机等。齿轮的加工精度直接影响着其寿命和可靠性，因此，对齿轮的各项参数的检测就显得至关重要。由于其齿面是一个十分复杂的空间曲面，其检测技术不如普通齿轮成熟，且复杂齿轮的专用检测仪器依赖进口，价格昂贵，技术封锁，难以实现推广应用。

本项目基于三坐标测量机开发了可用于弧齿锥齿轮等复杂齿轮精密检测的测量及分析技术。应用该技术可利用三坐标测量机实现齿轮工件的齿廓偏差、螺旋线偏差、齿距偏差的精密测量。

(2) 市场前景及应用

齿轮的用途很广，是各种机械中重要的零件，近年来齿轮的设计和制造以及检测取得了显著的进步，在复杂齿轮的检测技术方面与国际上水平相差甚远。本项目从复杂齿轮的齿廓曲面成形过程出发，推导出齿面方程及齿面法向方程，并建立数学模型，完成对测量路径的规划。微位移传感器根据规划的测量路径运动，传感器示值的变化会反应出理论规划路径和实际齿面的差异，即实际齿面的误差情况。

(八) 叶片型面精密测量

负责人：丁建军

叶片是航空发动机的关键零件，其需求数量巨大，叶片的几何形状和尺寸决定着叶片的工作性能。叶片的型面质量对发动机的二次流损耗有着较大的影响，直接影响着其能量转换效率。随着发动机性能的不不断提升，如何高效制造出合格的叶片成为目前的一个研究热点，而检测是保证制造精度的重要手段。因此在发动机零部件的检测中，对叶片型面检测精度和检测效率的要求也越来越高，叶片型面的检测具有十分重要的意义。

目前国内对于航空发动机叶片的检测仍然以标准样板检测为主要手段，但此方式检测效率较低，远无法满足生产周期的要求。本项目采用数字化检测方式，根据设计将叶

片表面的形状转换为离散的几何点坐标数值，可以接触式和非接触式两种方式进行。接触式的以扫描测头实现沿着叶片叶身型面的连续扫描测量，具有数据测量精度高的特点。该测量方式具有测量速度快、分辨率高的特点。通过以上所采集的数据可以高效准确的完成叶片复杂曲面的建模，最后完成误差结果分析。

随着 C919 国产大飞机的试飞成功，国际上形成了以 Airbus、Boeing、COMAC 为代表的国际市场竞争新局面。国产大飞机的发展前景良好，将会逐步形成我国的民机产业。航空发动机是飞机的心脏也是飞机制造中的难点，其中航空发动机的叶片在航空发动机的制造中占据了约 30% 的比重。航空发动机叶片的制造与检测对于保证航空发动机的质量有着重要的意义，有着良好的市场前景。

(九) 精密轴件光学快速测量

负责人：丁建军

随着汽车工业的飞速发展，轴类零件的质量控制要求在不断提高，以降低燃料消耗、环境污染和噪音排放。针对零件的精确测量越来越重要，零件只要超差而未被识别出来，通常会导致整个总成发生故障，生产厂家也会被退货。因此，越来越多的厂家要求进行百分之百的零件检测。

本项目结合接触式和光学矩阵相机两种测量模式实现发动轴类零件的快速精确检测，可以将测量时间缩短至传统测量方式所需时间的 $1/5 \sim 1/8$ 。该测量系统所配备的接触式电感测头可用于凹形的轴类轮廓、轴向跳动、轴向上的参考元素和盲孔等。光学矩阵相机可在很短的时间内测量例如直径、长度、半径、形位公差、凸轮轴（典型轴类应用）角度误差和凸轮轴升程等特征。该系统采用的模块化结构，能使其按照不同的测量任务，提供最理想的范围和组合。

三、合作方式

☐ 联合研发 ☐ 技术入股 ☐ 转让 ☐ 授权（许可） ☒ 面议

2. 复杂曲面三维轮廓扫描仪

【团队负责人】 高智勇

【所在学院】 机械工程学院

一、项目简介

技术瓶颈：测量速度与精度难以兼顾！以汽轮机叶片为例，一台大型汽轮机大约有 700 个叶片，若年均生产 50 台机组，所需叶片零件达 35000 个；目前国内对叶型的检测采用的三坐标，测量机进行逐点测量，平均测量一个叶片的时间长达 1 小时(型面检测)；三坐标机型线检测(10min)。

技术发展：阶段一：CMM、点线激光扫描测量，精度高，但速度慢，小物件、特定尺寸检测等；阶段二：面结构光全场测量，高速，但精度不高、人体三维扫描、文物遗产保护、虚拟现实(VR)、模具测量等；阶段三：面结构光全场精密动态测量、高速、高精度、现场，工业零部件光滑表面全尺寸测量、结构形变检测、逆向工程、文物修复等精密检测。

二、产品及技术特色

1. 自主研发 3D 扫描仪(面结构光三维测量技术)



XJMQ-3D-100SL-01型



XJMQ-3D-100SL-02型

2. 拥有的核心技术(测量-分析-评估)

高速的彩色编码投影技术 - 动态测量、自适应高精度标定技术 - 精确标定、免喷涂光滑表面精确测量技术 - 广泛适用、无重叠三维点云精密拼接技术-全形貌测量、面

向对象的尺寸误差评估技术 一定向评估；技术特色：金属表面免喷涂直接测量技术、无重叠区域高精度点云拼接。

三、市场前景及应用

三维轮廓测量技术广泛应用于各个领域，制造业：零件曲面测量、逆向工程、计算机辅助医学：牙冠外形、人体三维测量、虚拟现实技术：故宫博物院与日本合作开发的“数字故宫”、文化遗产保护：文物的三维建模（兵马俑）、文物辅助修复。

四、技术成熟度

☐概念验证 ☐原理样机 ☒工程样机 ☐中试 ☐产业化

五、合作方式

☐联合研发 ☐技术入股 ☐转让 ☐授权（许可） ☒面议

3. 工业机器人高精高效加工配套智能主轴

【团队负责人】 曹宏瑞

【所在学院】 机械工程学院

一、项目简介

本项目针对航天舱体、飞机蒙皮、舰船螺旋桨叶片等大型复杂零件高精高效加工难题，研制与工业机器人相配套的智能主轴。主轴转速达 20000r/min，径向跳动和轴向跳动小于 $3\mu\text{m}$ ，动平衡精度 G0.4。该智能主轴具备多传感信息感知、加工状态在线监测、异常辨识与自诊断、振动主动控制等功能模块，适用于铣削、钻削和磨削等加工，实现铣削轨迹精度和制孔定位精度均在 0.3mm 以内。

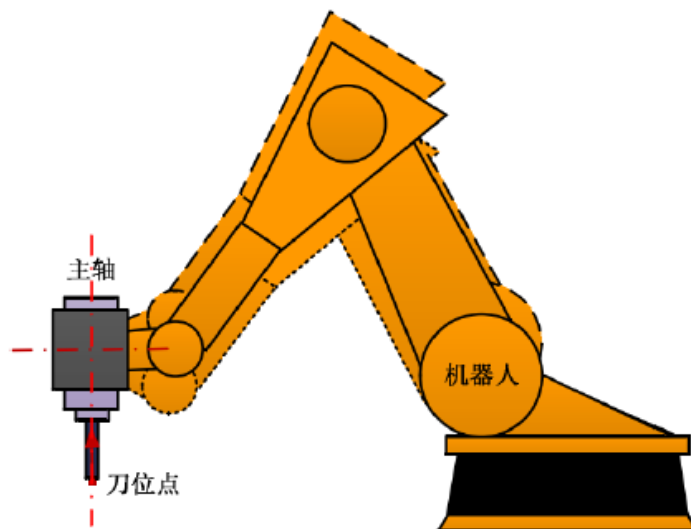


图 1 工业机器人及配套主轴

二、关键技术

本项目所研制的工业机器人高精高效加工配套智能主轴涉及的关键技术如下：

（一）智能主轴高刚性、轻质量设计技术

作为工业机器人末端执行器的智能主轴，高刚性、轻质量是其设计目标。在智能主轴动力学建模研究基础上，以减少主轴的动静态变形和提高主轴固有频率为目标，通过优化主轴轴承跨距、轴径、轴承预紧等参数，提高主轴刚性 20%以上，质量减小 15%。

（二）智能主轴多源信息精确感知与数据获取技术

智能主轴振动、切削力、温度等多源信息采集的难点在于狭小空间限制和高速旋转部件状态的直接感知与传输。提出柔性复合传感器(厚度小于2mm,测振带宽不低于20kHz,芯片面积小于5mm×5mm,无线供电与传输等)制备方法,实现振动、切削力、温度等信号的集成感知。

(三) 智能主轴信号处理与加工异常状态辨识技术

融合现有传感器及柔性传感多源信息,提出稀疏监测指标构建新方法,构建时频域、阶次域、能量域内的早期异常预警指标,利用深度迁移学习缩小主轴不同运行工况、不同健康状态表征的差异性,对主轴在加工中颤振、尺寸超差、刀具破损等异常状态进行准确辨识,实现复杂多变工况下加工异常状态监测的漏报率和误报率不高于10%。

(四) 智能主轴误差补偿与振动主动控制技术

研究控制器、作动器、主轴、切削过程之间的耦合关系,建立智能主轴切削颤振闭环控制系统,实现时变动态特性影响下智能主轴高速高效加工颤振的主动控制。将在线测量的切削力作为机器人结构刚度模型的输入,精确计算机器人末端位姿误差并补偿,实现铣削轨迹精度和制孔定位误差小于0.3mm。

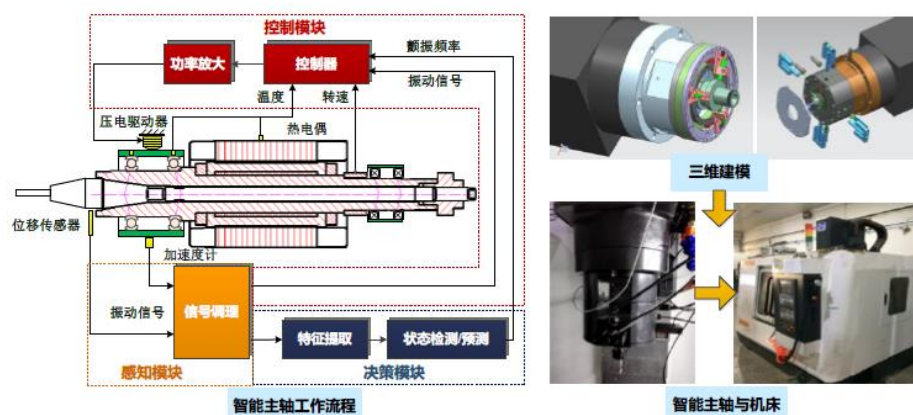


图2 智能主轴原理样机开发

三、应用市场

本项目研制的工业机器人配套智能主轴面向航天舱体、飞机蒙皮、舰船螺旋桨叶片等大型复杂零件高精高效加工。目前,这类大型复杂零件的加工主要依靠大型高性能多轴数控机床完成。大型精密机床非常昂贵,每台价格通常需要千万人民币,而且加工模式固定、配置复杂,通常不具备柔性和并行加工能力,也不具备可重构性,难以形成加工-测量一体化系统。工业机器人将逐步成为大型复杂零件加工的主要手段。

2020 年，我国工业机器人运营库存增长了 21%，累计安装量超过 80 万台，新安装量超全球新安装总量的三分之一。全球加工领域机器人约为 5 万台左右，并连续两年保持超过 7% 的增长率不断增加。目前工业机器人在机械加工应用中多限于切边、去毛刺等轻载、精度要求不高的场合，鲜有应用于高精高效加工。本项目产品将在商用标准工业机器人的基础上，通过对主轴的智能化升级换代，解决工业机器人低精度、弱刚性与大型复杂零件高精高效加工之间的矛盾，具有广阔的应用和市场前景。

四、技术成熟度

☐概念验证 ☒原理样机 ☐工程样机 ☐中试 ☐产业化

五、合作方式

☐联合研发 ☐技术入股 ☐转让 ☐授权（许可） ☒面议

4. 复杂曲面零件五轴加工误差预测与溯源

【团队负责人】 吕盾

【所在学院】 机械工程学院

一、项目简介

零件的加工误差来源于数控机床的误差，利用数控机床误差数据，开发复杂曲面零件五轴加工误差预测与溯源软件，协助企业工程师和操作工人在加工前判断零件加工误差能否满足公差要求，在加工后对加工误差进行溯源调整，对提高零件的加工精度和加工效率有重要意义。

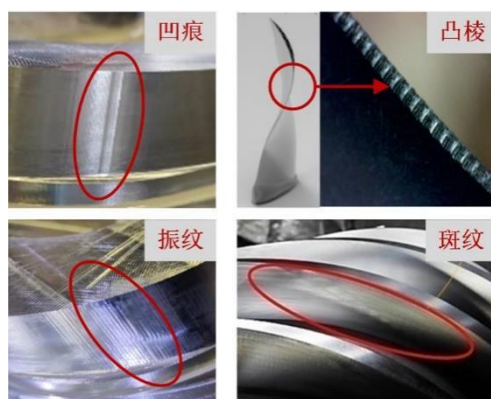


图 1 数控机床误差引起的复杂曲面零件表面局部误差

本项目基于前期研究形成的误差预测及分析算法，开发复杂曲面零件五轴加工误差预测与溯源软件。开发软件用于辅助现场工程师和操作工人，在加工前提前判断零件加工精度是否满足要求，保证零件加工精度、提高零件加工效率。在加工后对加工误差进行溯源分析，找到零件加工误差的来源和解决方案。

二、关键技术

本项目所涉及的关键技术如下：

1. 加工前复杂曲面零件加工误差预测算法

数控机床几何误差测量与表征方法

数控机床动态误差测量与表征方法

五轴数控机床联动轨迹合成算法

五轴联动刀轴矢量轨迹和刀尖位置轨迹误差求解算法

2. 加工后复杂曲面零件加工误差溯源算法

复杂曲面零件整体和局部误差的检测和标记方法

指令频宽随零件位置的变化曲线构建方法

潜在激励频率在零件上的分布图构建方法

数控机床伺服带宽及机械固有频率辨识方法

基于指令与伺服带宽和机械固有频率关系的误差溯源算法

3. 软件开发。

三、市场前景及应用

本项目开发的软件主要用于五轴数控机床制造企业及其下游用户企业。

机床制造企业包括沈阳机床、昆明机床及秦川机床等国有大型机床企业和大连科德、上海拓璞、苏州纽威等民营企业。

机床下游用户企业包含成飞、西飞、东汽动航空航天军工加工企业，汽车模具等加工企业产业和 3C 零件加工企业。

本项目为五轴机床制造加工过程提供可靠的软件，对提高加工效率、加工精度和减少企业用户成本具有重要意义，市场规模大，前景广阔。

四、技术成熟度

☐ 概念验证 ☐ 原理样机 ☒ 工程样机 ☐ 中试 ☐ 产业化

五、合作方式

☐ 联合研发 ☐ 技术入股 ☐ 转让 ☐ 授权（许可） ☒ 面议

十、机器人与无人系统

1. 膝关节智能康复外骨骼机器人

【团队负责人】 朱爱斌

【所在学院】 机械工程学院

一、项目简介

据《柳叶刀》数据显示，我国有康复需求的患者主要包括老年人群、术后人群、慢病人群、残疾人群，共计约 4.6 亿人。而康复医疗作为四大医学之一，不仅能消除和减轻病伤残患者的功能障碍，还能提高患者的自理能力和生存质量。例如，康复治疗可以使 90% 的脑卒中患者恢复步行和自理生活，使 30% 的患者恢复较轻的工作；而若不进行康复治疗，仅有 6% 恢复步行和自理生活，5% 恢复较轻工作。膝关节炎是老年人运动系统高发疾病之一，其中 55 岁以上老年人约 80% 患有膝关节炎，膝关节的康复需求日益显著，新型康复方案的应用前景广阔。在传统康复过程中，康复周期长、康复手段有限是主要挑战，更加科学与智能化的康复方案有待挖掘。

二、产品性能优势

团队开发了一系列膝关节康复外骨骼机器人，能较高程度实现与人体实际运动之间的耦合，实现柔顺助力。该系列外骨骼机器人的整体结构精巧紧凑，涵盖了无动力外骨骼与动力外骨骼。内嵌精密的多种融合传感器，步态算法先进智能，在保护膝关节以及协助实现运动康复的功能上能够起到显著的作用。外骨骼针对不同的康复场景而设计，能够满足不同康复患者的需求，有助于穿戴者实现更有效的关节防护、步态纠正与肌肉力量恢复。

在康复领域，团队推出的膝关节智能康复机器人，主要服务康复中心、医疗机构以及康复从业者，用于膝关节炎、前叉韧带损伤等患者运动功能的康复。本项目的机器人技术致力于为康复专业人员提供更高效、可靠的康复辅助解决方案，提高康复效果，减轻医疗负担，为康复领域实现更可持续的发展贡献力量。

三、市场前景及应用

项目技术主要用于医疗康复、工业场景以及相关军事领域等。根据国际研究机构 ABI 的数据，外骨骼将在近十年时间实现快速增长，2028 年之前有望实现全球性规模化增长。

2020 年至 2030 年，外骨骼机器人产业预估 CAGR(复合年均增长率)为 33%。其中，2025 年至 2028 年为高速增长阶段，预估 3 年 CAGR 为 47.7%，2028 年全球市场规模将达 58 亿美元。至 2030 年，产业将趋于成熟，市场稳步增长，全球市场规模将达 68 亿美元。2016-2020 年我国外骨骼机器人市场规模由 0.03 亿元增长至 2.5 亿元。随着外骨骼机器人行业产品性能的提升和下游需求增长，预计 2025 年我国外骨骼机器人市场规模将达 42 亿元。

四、技术成熟度

☐概念验证 ☒原理样机 ☐工程样机 ☐中试 ☐产业化

五、合作方式

☐联合研发 ☒技术入股 ☐转让 ☐授权(许可) ☒面议

2. 智能机器人技术

【团队负责人】 曹建福

【所在学院】 电子与信息学部

一、团队简介

自动控制研究所前身是创立于 1958 年的自动控制教研室,1994 年改名成立研究所。现有教师 11 人,其中教授 4 人,有硕士、博士等 70 多人。主要研究方向为机器人装备、智能制造系统、视觉感知与工业大数据、智能电网。

二、团队项目

1、机器人控制关键技术研究

针对制造过程上下料、物料传送、喷涂作业,及电商无人配送、建筑作业,研究机器人控制关键技术与装备。

(1) 研究内容

- a) 面向快速生产线的机器人高效平稳动力学控制方法;
- b) 复杂作业的机器人路径规划;
- c) 双臂机器人协作方法

(2) 承担课题

- a) 国家重点研发计划,复杂建筑作业环境的双臂机器人规划与协作控制关键技术,2018 年-2021 年;
- b) 陕西省重点项目,面向智能生产线的快速机器人控制系统,2014-2016;
- c) 苏州市重大科技项目,面向大型构件再制造机器人三维感知与控制技术;
- d) 产学研项目,机器人控制系统关键技术研究等;
- e) 产学研项目,防爆型喷涂机器人关键技术及喷涂装备研制;
- f) 产学研项目,无人配送机器人研制。

(3) 取得的研究成果

- a) 考虑了惯量变化及多关节非线性耦合的影响,提出了三次曲线插值、斜角逆运动学、非线性补偿等新算法,发明了实用的轨迹控制及柔性速度控制算法。

- b) 开发出多种机器人控制器：实现了机器人运动学、逆运动学、动力学、示教重现、协作控制等算法。可以为多种机器人装备进行配套，控制器末端定位精度 0.01 毫米，最大速度达 $300^{\circ}/s$ 。

(4) 技术特点

- a) 伺服接口采用高速以太网接口；
b) 控制器采用双核处理器，它有两个核: DSP 核 和 ARM 核. 示教盒基于 Wince 6.0。
c) 软件采用可组态结构。



2、工业制造用机器人装备开发

- (1) 关节型机器人装备，已产业化；
(2) 高速冲压机器人装备，已产业化；
(3) 相贯线切割机器人。



3、喷涂机器人关键技术及装备的开发

难点技术问题：防爆机构设计、空心斜角手腕机构设计与制造、非球型手腕机构机器人控制与规划。

已完成了机器人本体结构、防爆系统及空心手腕的机构设计，零件正在加工制造，开发出喷涂机器人控制器。



4、机器人化的无人配送系统

无人机智慧物流系统由配送无人机（大中型）、智慧无人机场、智能配送终端、无人小车等构成。

（1）配送无人机

干线货机实现跨跨省份的货物调配;利用几百公斤到几吨载重的大型无人机，完成省内城市间货物的转运;利用载重 5-50 公斤、飞行半径 10-50 公里的末端无人机，实现最后一公里的物流配送。

（2）智慧无人机场

半径 10-50 公里的无人机货物配送中心，包括配送无人机调度和管理,由各种码垛机器人、分拣机器人等构成的智能仓储系统。

（3）智能配送终端

智能配送终端是无人机配送网络中非常关键的节点，通过在配送区域密点布置终端，把无人机、无人小车与收货人连接起来。

主要工作内容:

在已开发出的智能配送终端基础上，按照无人机配送的场合和需求，开发多种规格的智能配送终端:

- （1）智能配送终端机构优化与系列化设计
- （2）货物转移机器人机构改进设计;
- （3）无人机在终端上准确定位技术;
- （4）信息管理软件开发，包括终端设备软件、机场服务器调度软件及 APP 软件。
- （5）产品化技术准备。

5、机器人化智能配送终端关键技术

(1) 无人机在智能终端上准确定位

智能终端是直径 3.3m 的圆形，要求无人机的定位精度范围达到 $\pm 50\text{mm}$ 。使用 GPS 进行导航时，定位精度只能达到 1m 范围精度。

(2) 货物转移机器人机构的设计

需要实现货物在无人机、储物格、取发货口之间的转移。如果采用一个 6 关节机器人，虽然能实现货物拆包，但机构较复杂，会使价格较贵。

(3) 终端控制与管理单元

多轴联动、快速运动控制，控制、通信与管理一体化技术。

项目创新点

- (1) 终端内部货物转移机器人的灵巧机构设计；
- (2) 结合 GPS、机器视觉与机械机构的无人机精准定位技术；
- (3) 通过机器人化节点实现了无人机与送发货人的连接

6、建筑机器人

正在承担一个国家重点研发计划项目，“面向建筑领域的智能机器人关键技术与装备”。

项目目标开发：

- (1) 大载荷液压驱动双臂板材安装机器人；
- (2) 大曲率异形木构加工机器人；
- (3) 三种材质建筑结构打印机器人。

三、合作方式

☐ 联合研发 ☐ 技术入股 ☐ 转让 ☐ 授权（许可） ☒ 面议

3. 高压输电线智能巡检排异物机器人

【团队负责人】 朱爱斌

【所在学院】 机械工程学院

一、项目简介

目前我国 500 kV 超高压线路已经发展到 12.2 万 km 以上。由于高压输电线路时常会悬挂有各种异物，如不及时进行处理，将会威胁线路的安全运行，造成极大的经济损失。目前高压输电线路清除异物仍主要是采用人工作业方式，这种原始的方法危险性大、成本高，劳动强度大、受线路环境制约。该团队成功设计了一款能够巡线、排除异物的机器人，安全性高、适应性强、成本低、效率高，具有广泛的应用前景。

二、产品性能优势

1. 单双线设计

采用单线/双线两种设计，以适应不同线路对线路路数、重量、体积等要求。

2. 自动越障

合理设计行走轮以及张紧轮，平稳翻阅间隔棒和防震锤。

3. 多功能除障

机械臂、砂轮、刀片的联合控制，实现对障碍物的抓取、切割和去除。

4. 远程遥控

基于手机 APP 的远程遥控，从地面即可实现对机器人的远程操作，方便且安全。

5. 视频传输

远程实现视频传输与监控，方便观察输电线路实际情况，采取相应措施。

三、市场前景及应用

国内目前成熟的智能清障巡线机器人较少，技术并不成熟；且高压线巡线清障的难度大，危险程度高。截至 2015 年底，国家电网公司经营区域 110 千伏及以上输电线路长度约 66.23 万公里，其中 220 千伏及以上线路长度 32.06 万公里，它是我国电力系统的主网架。按照平均每 10 公里引进 1 个高压输电线路巡检机器人，每个巡检机器人初步价格 10 万元计算，市场空间近 70 亿元，潜力巨大。

四、技术成熟度

☐ 概念验证 ☐ 原理样机 ☐ 工程样机 ☒ 中试 ☐ 产业化

目前已于陕西某供电公司签订合作开发协议。

专利：

一种用于输电线路巡检机器人的行走机构 CN206417094U；

一种用于输电线路巡检机器人的辅助爬坡机构 CN206416176U；

一种用于输电线路除异物机器人的组合清障装置 CN206432623U；

一种履带机器人摆臂驱动装置 CN102887181B。

五、合作方式

☐ 联合研发 ☐ 技术入股 ☐ 转让 ☐ 授权（许可） ☒ 面议



图 1 样机试验

4. 高能量长续航轻质氢燃料电池无人机动力系统

【团队负责人】 吴震

【所在学院】 化学工程与技术

一、项目简介

动力技术作为无人机的“心脏”，直接影响无人机的性能、成本和可靠性，现阶段使用比较多的测绘无人机基本需要满足：长续航时间、低振动、大载重负荷等要求，传统的内燃机动力系统能量密度高、载重能力较强，但震动大，锂离子电池动力系统安静稳定，能量转化率高，但能量密度较低。

本项目开发了一种氢燃料电池系统，能量密度可达到 2000Wh/kg，安静稳定，载重能力强，利用新型储氢技术，满足实现无人机长续航的需求。

二、技术性能优势

1. 通过半导体制冷和超疏水表面技术，回收电池尾气和空气中丰富的水分，进行自身水循环的同时，实现“空中补水”。

2. 轻质固态储氢材料

通过水解反应，条件温和，储氢量高（以 MgH_2 为例可达 15wt.%），远超美国 DOE 标准，相较于水有效储能 5.5wt.%，大幅降低系统能量密度。

三、技术成熟度

☐ 概念验证 ☒ 原理样机 ☐ 工程样机 ☐ 中试 ☐ 产业化

四、合作方式

☐ 联合研发 ☐ 技术入股 ☐ 转让 ☐ 授权（许可） ☒ 面议

附图

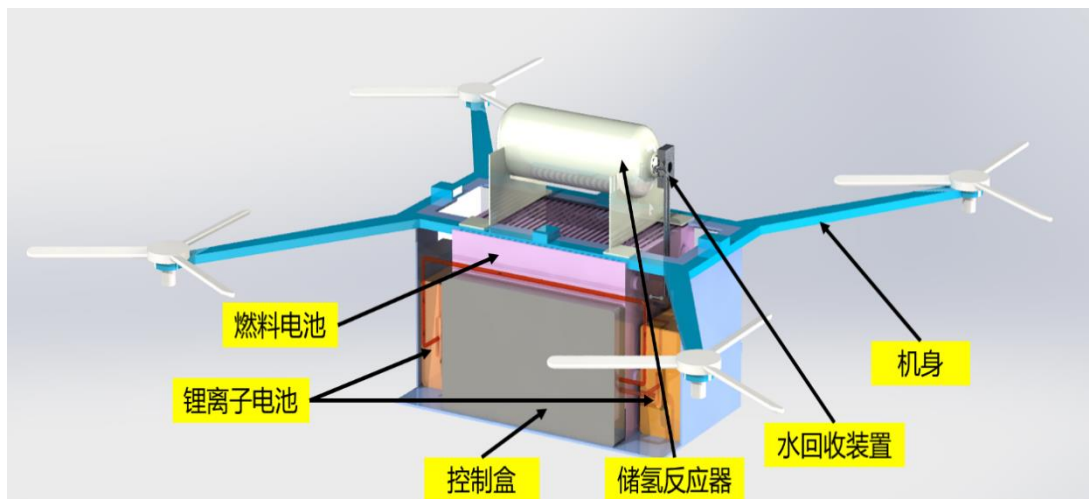


图 1 产品示意图

表 1 产品比较

产品名称	总重量	动力系统	动力源	续航能力	载重
某品牌精灵4	1.4 kg	锂电池	468 g航空电池	~30 min	\
某品牌F1000	3.3 kg	锂电池	\	1 h	\
某品牌AVIAN	4.3 kg	锂电池	\	1.5-2 h	\
某品牌快眼2	10 kg	内燃机	2.2 L燃油	1.8 h	2.5 kg
某品牌KC09	25 kg	内燃机/锂电池	\	5-6 h/1 h	8 kg/1 kg
某品牌HydroCopter	22 kg	氢燃料电池	200 g 高压氢气	2-3 h	3 kg
本产品	12 kg	氢燃料电池	3 kg氢化物	5 h	4 kg

十一、动力机械与过程装备

1. 压缩机技术类项目

【所在学院】 能源与动力工程学院

一、团队简介

西安交通大学压缩机工程系始建于 1956 年,是国内第一个压缩机高级人才培养和压缩机技术研究基地。本系是“制冷与低温工程”国家重点学科的重要组成部分,也是“流体机械及压缩机国家工程中心”的骨干单位之一。主要对各种容积式压缩机(包括制冷压缩机)及其系统的热力过程及动力特性进行研究,在国内外压缩机和制冷技术领域有着重要的地位和影响。压缩机工程系已为国家培养本科生 2000 多人、硕士及博士研究生 200 多人,并通过多种形式办学,为从事压缩机和制冷行业的在职人员进行专业培训及工程硕士的培养。为我国的压缩、制冷行业培养和输送了大批优秀人才,许多人已成为我国该行业的技术中坚和企业领军人才。

压缩机工程系现有教师 16 人,其中长江学者特聘教授 1 人,教授 5 人(博导 4 人),副教授 8 人,讲师 3 人,压缩机协会科技委员会主任 1 人,压缩机协会理事 1 人,全国压缩机标准化技术委员会副主任 1 人,新世纪百千万人才工程国家级人选 1 人,夏安市教育基金会“杰出教授奖”1 人,何梁何利基金科学与技术创新奖 1 人,教育部“新世纪教育人才”获得者 3 人。

近年来,压缩机工程系承担的各类科研项目主要包括国家 863 计划、科技支撑计划、自然科学基金项目等纵向课题及海内外企业委托的横向课题等,累计到账科研经费 2000 多万元。在压缩机技术研究方面曾获国家科技进步二等奖 2 项及省部级科技进步一等奖 4 项,并获中国发明协会“发明创业奖特等奖”1 项,已连续主办 3 届压缩机及制冷国际会议。

二、团队项目

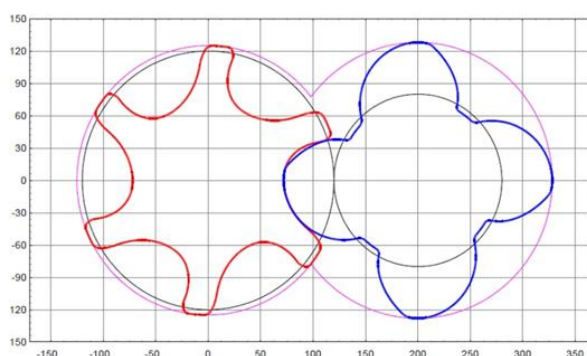
1、无油双螺杆压缩机技术

负责人: 刑子文

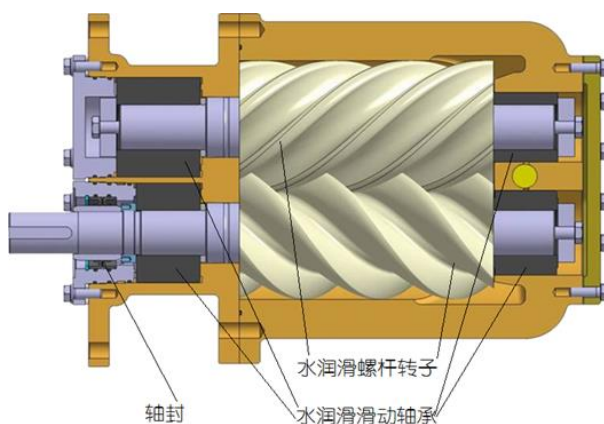
(1) 项目简介

本项目重点开发与无油水润滑螺杆压缩机、无油干式螺杆压缩机及无油双螺杆真空泵设计制造技术。完全满足食品、饮料、医药、精细化工以及与之相关的包装、纺织、电子制造、汽车、空分等行业需要纯净无油压缩空气的行业。

本项目研究采用最新螺杆压缩机设计理论与关键技术开发出专门针对水润滑螺杆压缩机转子型线的优化研究,可实现转子间驱动啮合时形成很好的水膜密封与润滑条件,既可以减少压缩腔内泄漏又可以降低摩擦功耗,从而可以整体提高水润滑无油螺杆压缩机的产气量,同时降低能耗与振动噪音水平。在前述型线开发的基础上,开发转子型线加工刀具刃形。可以显著提高水润滑螺杆压缩机性能参数。



项目可实现无油螺杆转子、滑动轴承及螺杆压缩机主机三大类产品批量生产加工,项目技术创新明显、技术难度高,所采取的转子压铸与精加工、水润滑滑动轴承设计技术、水润滑螺杆压缩机主机具有巨大的市场,可以引领我国无油压缩机技术与设备研发和产业化,促进我国节能减排和产品质量的提升,达到国际领先水平。



(2) 关键技术优势或创新性

① 高效节能: 用水取代油, 实现润滑、冷却、密封、降噪四大功效。压缩过程中水的介入, 可实现对齿顶间隙、啮合间隙和端面间隙等泄漏通道的密封, 排气量可比同等

大小的干式无油空气压缩机提升 25%~30%。由于不存在油乳化的风险，可以通过调节喷入的水量和水温严格控制压缩过程的温升，使压缩机内部工作过程接近效率最高的等温压缩。

②100%无油：采用国际领先的无油双螺杆压缩机技术，各部件完全没有润滑油存在，确保 100%无油，提供最可靠的无油压缩空气解决方案。

③绿色环保：压缩机使用饮用水标准的纯水润滑，并采用高性能反渗透膜水过滤器，确保润滑水保持干净且导电率低。排气中冷凝或者吸附出来的水分不需要任何特殊处理，可以收集循环使用也可直接排放，不会对环境造成任何有害污染。压缩机所有零配件均采用经过特殊工艺处理的环保材质，包括垫片也是陶瓷、碳纤维等新型环保材料。

④后端附属设备少：理论上讲，当 20℃ 的空气以绝热过程压缩至 0.8MPa，由于没有冷却介质，排出的空气将高于 275℃。相比干式无油螺杆空气压缩机，水润滑无油螺杆空气压缩机内部工作腔有水的介入，冷却水吸收了空气压缩过程中产生的绝大部分热量，单级压缩便可实现高的压力比，而且排气温度很低，通常只比环境温度高 10℃，可以不需要后冷却器直接进入用气终端或者干燥装置，具有结构紧凑、后端附属设备少的优点。

⑤安全性高：不使用润滑油，主机喷水冷却温度低，不会发生油乳化、油炭化和局部过热等影响机器安全性的问题。

⑥运转平稳、噪音低：水润滑无油螺杆空气压缩机采用电机直联，没有传送带或者传统喷水冷却螺杆空气压缩机的同步齿轮等产生额外损耗的中间传动部件，在节省成本的同时也使得运转更加平稳。此外，工作腔内的冷却水还能起到降噪作用，相比干式无油螺杆空气压缩机，转速较低，机器的振动噪音很低。

⑦维保费用低：水润滑无油螺杆空气压缩机 100%无油，维保时只需更换水过滤器、空气过滤器和纯净水等基本耗材，无需润滑油的添加和更换，没有油过滤器的消耗，没有为降低含油量而增加的除油过滤器，没有油气分离器芯（多级）的消耗，管路上不需额外的多级过滤器等，所以设备的运行和维保费用低。

（3）应用领域及市场前景

项目完成后本项目产品能在全国范围内进行推广应用，以目前我国食品、医药、纺织和精细化工需求计算，仅水润滑无油螺杆压缩机就有 50 多亿的市场，加上压缩机减

振降噪与化工无油螺杆压缩机的市场至少有数百亿的市场，因而本项目的实施将会提高我国产品制造的水平和国际竞争力，减少我国制造业对高性能无油压缩机的缺陷，同时降低常规压缩机高能耗所产生的电费与维护保养费用。

2、车用燃料电池螺杆压缩机技术

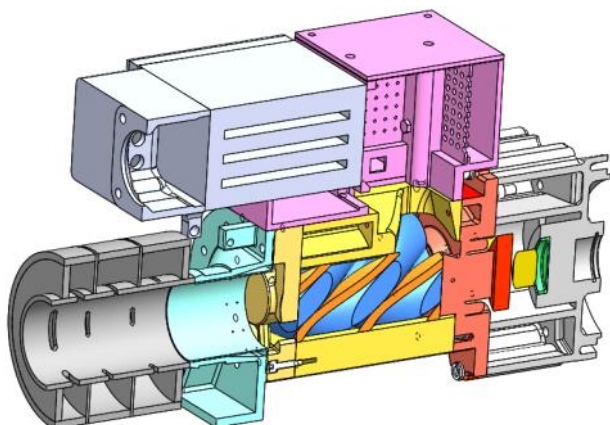
负责人：吴伟烽

（1）项目简介

空气压缩机为燃料电池提供电化学反应所需要的氧气。将空气压缩到一定压力（通常在 $1.3\sim 3.2\text{bar}$ 范围内），有助于提高电堆的功率密度，是燃料电池汽车降低成本、实现轻量化的重要技术手段。为了满足燃料电池最高功率，空气压缩机应保证足够的流量，根据估算， 100 kW 的电堆功率大约需要 $300\text{ Nm}^3\cdot\text{h}^{-1}$ 的空气。除了保证一定的压力和流量外，燃料电池车用空气压缩机还需要满足其他要求，包括压缩气体绝对无油，以防止催化剂中毒；压缩效率高，减少压缩气体需要的额外能耗；能对启停、加速、刹车、制冷、供热等各种工况变化做出准确、快速响应，具有良好的工况适应性；在极端工况和气候条件下，具有良好的可靠性和长久的寿命，且维护简便；结构紧凑，体积小，重量轻。对效率、可靠性、工况与环境的适应性、体积与重量等指标的综合要求，特别是对压缩气体绝对无油的严格限制，使得燃料电池车用空气压缩机的产品研发及其产业化存在不可忽视的技术挑战。

（2）关键技术优势或创新性

为实现较高的能量转换效率，燃料电池内部的化学应对空气的温度、湿度、压力和流量等参数均有着严格的要求。但目前广泛应用的工业压缩机无法满足燃料电池空气供应系统的要求。因此性能优越且能与燃料电池系统进行很好匹配的压缩机的研究开发，对燃料电池技术的发展至关重要。本项目开发了燃料电池专用的螺杆无油压缩机，能完全满足以下要求：



①无油。燃料电池反应堆中的质子交换膜需要工作在无油条件下，否则将会引起质子交换膜失效，因此需要作为氧化剂的压缩空气中不能含有任何油成分。这就限制了很多工业用空气压缩机在燃料电池空气压缩机中的应用，因为很多工业用空气压缩机中或是使用了供油轴承，或是使用了喷油方式对压缩空气进行冷却。

②高效。由于燃料电池反应堆和空气压缩机之间能量相互关系，相关研究表明，燃料电池发动机输出功率的 20~30% 被用于空气压缩机，使其成为了除驱动电机之外最大的耗能单元，若压缩机占用较多的输出电能，必然会减少汽车的驱动功率，从而影响整车性能。

③小型化和低成本。空气压缩机会作为燃料电池发动机的一部分被安装到燃料电池电动汽车上，在车载平台上，过大的空气压缩机会占据了大量的空间，从而影响到乘员乘坐舒适性和可装载货物数量；较大质量增加了整车惯性，会在很大程度上影响汽车的启动性能和制动性能。不同输出功率的燃料电池反应堆所需要的压缩空气质量流量具有较大差别，50kw 燃料电池反应堆需要最大空气质量流量为 95g/s (4.5m³/min)，100kw 燃料电池需要 155g/s (7.3m³/min) 的空气流量，同时要求压缩机体积在 40L 以内，质量在 30kg 以下。

④低噪声。空气压缩机所产生的噪音是燃料电池系统最大的噪声源之一，为提升整车运行过程中的舒适性，压缩机的振动噪音需得到有效抑制。

⑤良好的动态响应能力。当需求功率发生变化时，空气流量和压力需无延迟地进行调整，以匹配输出功率的变化。

(3) 应用领域及市场前景

作为新能源汽车领域的重要部分，燃料电池汽车也是汽车未来的终极目标，中国汽车企业在氢燃料电池技术领域也积极布局。据《中国氢能产业基础设施发展蓝皮书（2016）》预计，到2020年，我国燃料电池车辆将达到1万辆；到2030年，燃料电池车辆保有量将达到200万辆。届时，中国有望成为全球最大的燃料电池汽车市场。目前，我国已初步掌握了氢能汽车在电池电堆、关键材料、氢能基础设施等方面的核心技术，基本建立了具有自主知识产权的燃料电池汽车动力系统技术平台，在分布式能源、移动通信基站及城市客运、物流等商用车型展开了规模化示范运行，开启了中国燃料电池汽车商业化的进程。

本项目产品作为燃料电磁系统核心零部件，具有广泛地应用前景。

（4）技术成熟度

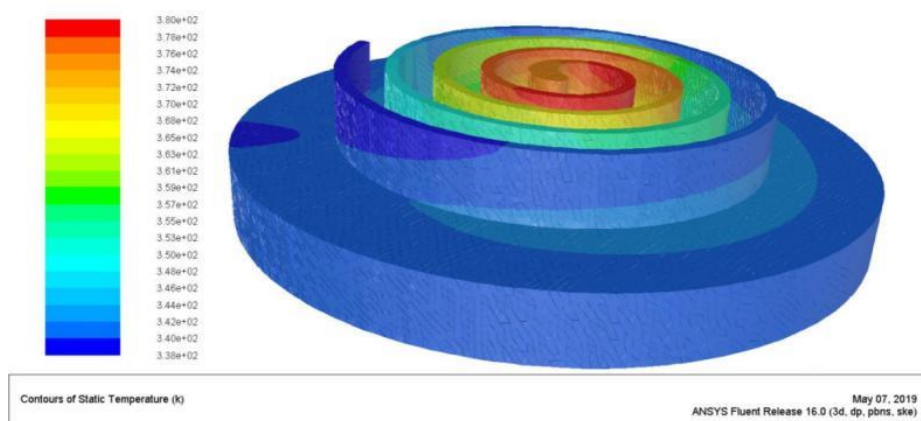
☐概念验证 ☐原理样机 ☒工程样机 ☐中试 ☐产业化

3、新能源车载无油涡旋压缩机技术

负责人：吴伟烽

（1）项目简介

针对当前车用无油涡旋空压机加工精度要求高、涡旋盘容易磨损的问题，本项目团队提出了水冷无油涡旋空气压缩机技术。采用这一技术可将涡旋盘最高温度控制在120℃以内，从而降低动静盘热变形，提高压缩机的可靠性与效率。



（2）关键技术优势或创新性

涡旋压缩机的动盘、静盘均实现水冷。已申请发明专利。

（3）市场前景及应用

采用本项技术可大幅提高无油涡旋压缩机的寿命，主要应用领域包括车载空压缩机（刹车泵），医疗与食品领域的无油空气压缩机。

（4）技术成熟度

☐概念验证 ☐原理样机 ☒工程样机 ☐中试 ☐产业化

4、油田伴生气回收技术与装备开发

负责人：彭学院

（1）项目简介

油田伴生气是天然气资源的一种，由于油田伴生气的量一般较小，可利用的压能较低，在过去往往被误认为是没有价值的天然气，常采用直接燃烧的方法处理，这样造成极大浪费，同时也是温室气体排放的“贡献者”。近年来，清洁生产、节能降耗日益受到重视，伴生气回收利用已成为迫切的生产需求。油田伴生气回收为我国的油田节能事业开创了一个新思路，这既是一项前景广阔的新兴事业，也为实现我国总体节能目标创造了条件。

针对这一生产需求，凭借在压缩机领域的技术优势，该团队研发出一种新型专利产品—全封闭喷油涡旋压缩机组，专门用于低压小流量伴生气的增压。涡旋压缩机是目前可靠性最高的一种压缩机机型，广泛应用于制冷、空调及热泵系统中，其设计寿命一般超过10年，而且几乎免维护。美国 Emerson 公司已成功应用于油田伴生气、气井天然气、煤层气、LNG 储罐闪蒸气回收，仅 2003~2006 在北美用于油田伴生气回收的机组就有 400 多套，机组成本回收周期不超过 2 年。西安交大压缩机研究所针对油田伴生气及煤层气集气增压中的技术瓶颈，吸收国外先进技术，开发出具有自主知识产权的全封闭喷油涡旋压缩机组，专门用于要求可靠性高、免维护的油田伴生气、煤层气集气增压。

WX 系列天然气压缩机组主机采用全封闭结构涡旋压缩机，通过合理的油路设计，解决了压缩腔内部冷却和机械部件润滑的问题。考虑到油井现场的实际条件，全封闭喷油压缩机组已经实现了停开机、排液、排污、进排气超压、油气温度等全部自动控制，并且通过加入远程传输，进行实时监控，做到无人值守，免日常维护的目标。

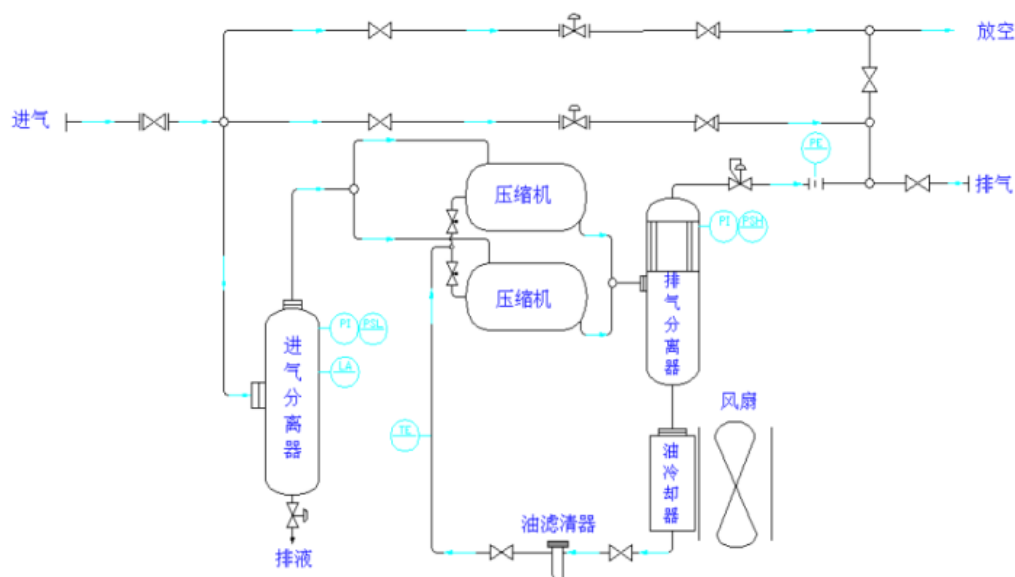


图 1 机组流程图

(2) 产品性能优势

1. 技术优点

- 1) 针对油田伴生气典型气量范围 $1120\sim 3400\text{m}^3/\text{d}$ ，涡旋压缩机具有独特优势，采用全封闭喷油涡旋压缩机单机或多机并联机组，能够在很宽流量范围内高效可靠工作。
- 2) 涡旋压缩机结构简单，体积小，基本无易损件，可保证机组具有较高可靠性，且易于撬装，以适应油井分散且长期无人值守的需要。
- 3) 通过回收利用伴生气，可大幅提高油井产油量，尤其对于开采后期的油井，效果显著。
- 4) 该技术与装备可推广应用于煤层气回收、油罐气回收、常规气田增产等领域，具有显著的节能效果和减排意义。

2. 设备优点

1) 可靠性高、寿命长

易损件少，异常工况的保护完善，可靠性远高于活塞式压缩机；涡旋压缩机设计寿命普遍超过 10 年。

2) 安全性高

全封闭的压缩机结构，不存在轴封泄漏，按照防爆要求设计；全流程完善的压力、温度、天然气浓度监控系统，杜绝隐患。

3) 全自动化

采用西门子 PLC 机组自动化程度高, 完全做到无人值守; 用户只需执行开机操作, 控制系统会自动完成其余工作; 根据不同用户实际需要, 调整控制程序。

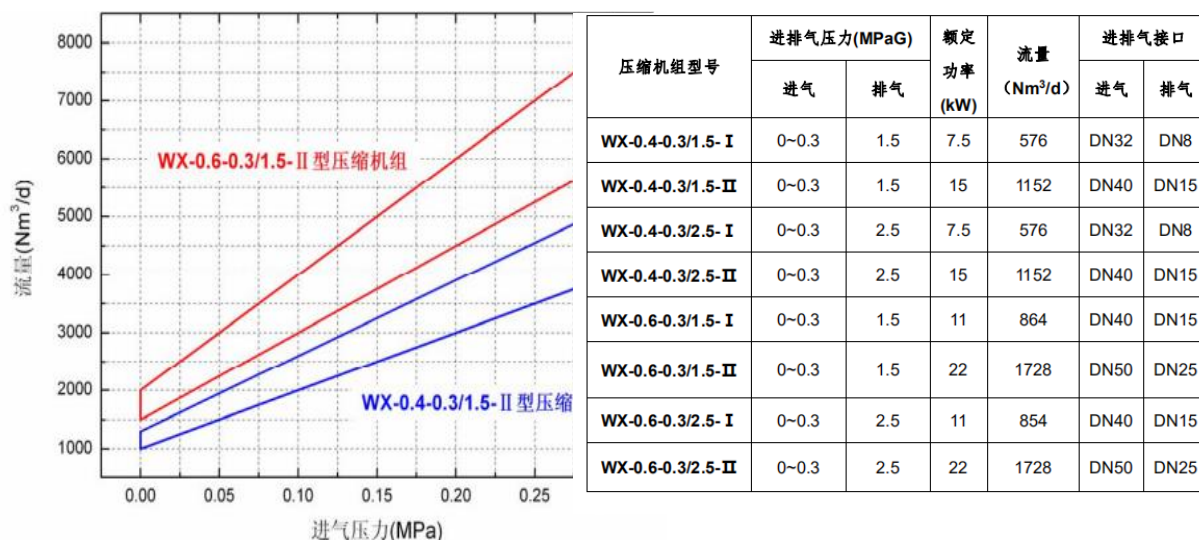
4) 实时远程监控

数据中心随时能够收到各处机组运行中相关实时参数; 远程记录和分析运行状态, 远程启停机。

5) 模块化设计

撬装外观, 便于设备在不同场地转移; 可根据实际需要, 选择多机组串并联组合使用。

5) 主要技术参数



- 吸气压力范围: $-0.02 \sim 0.4 \text{ MPaG}$, 可提高到 1.0 MPaG 。
- 排气压力范围: $0.5 \sim 2.0 \text{ MPaG}$, 根据需要, 排气压力可达 3.0 MPaG 。
- 单台机组流量: 进气压力为大气压力时, 流量 $600 \sim 2000 \text{ Nm}^3/\text{d}$; 进气压力为 0.4 MPa 时, 流量 $3000 \sim 10000 \text{ Nm}^3/\text{d}$ 。
- 工作环境: 温度 $-30 \sim 50^\circ\text{C}$ 、湿度 $0 \sim 100\%$ 的环境下工作, 不需要提供冷却水。
- 防爆等级: ExdIICT4

(3) 市场前景及应用

1. 油田伴生气回收

油田开采中的凝析气、套管气，通过简单油气水三相分离，除去液态水、油及固体杂质后，可直接进入涡旋压缩机机组增压，然后送入气体管网做进一步处理，也可注入油气混输管网送到处理站集中处理。

青西油田作业区隆 103 井日产油 10.4 吨，含水 65%，原油由于乳化严重无法改入集输系统进行密闭混输，因此该井前期采取原油进罐，伴生气放空燃烧。该井日产伴生天然气 1400m³–1600m³，井口有立式油气分离器，分离器之后带储藏罐，目前的伴生气从储气罐出来后被点火烧掉，造成极大的浪费。

项目实施后预计可回收油气伴生气 156.2 万 Nm³/年，折合标煤为 2077 吨；设备运行消耗电能为 40.93 万 kWh/年，折合吨标煤为 140 吨；由此可得出，每年可减少能源折合吨标煤约 1937 吨。目前设备运行正常，回收达到了预期效果。

2. 气井气回收

机组集气增压后，可送入附近管网，或者将多台机组回收的气体送入集中处理站，并根据流量大小，采用下列措施之一：

- 1) 燃气发电；
- 2) 供作业区采暖；
- 3) 进行轻烃回收后用 CNG 压缩，再送到 CNG 加气站；
- 4) 进行轻烃回收后液化成 LNG，再作为商品销售。

3. 煤层气/页岩气回收

煤层气回收利用中需要用压缩机将气体收集增压到 2MPa 以下，高可靠性、高安全性的涡旋压缩机是最合适的一种机型。

4. BOG 压缩

BOG（闪蒸气）压缩机是 LNG 系统基本设备，用涡旋压缩机组压缩 BOG 气体在北美已有成功应用。

（4）技术成熟度

☐概念验证 ☐原理样机 ☒工程样机 ☐中试 ☐产业化

2. 水润滑单螺杆压缩机产品及技术

【技术负责人】 冯全科

【所在学院】 能源与动力工程学院

一、项目简介

传统的单螺杆产品鉴于其啮合型线都为单直线型线，在长期运行中星轮磨损快，排气量下降明显，不具备市场竞争力。未来的压缩机必然朝着高效、高可靠、低噪声、低振动、低成本的无油化方向发展。大量的应用表明，水润滑单螺杆压缩机是今后发展最具优势的产品。

二、产品性能优势

本项目团队从 2006 年起，就发明了多圆柱包络曲面啮合的单螺杆齿面型线，发明了螺杆转子和星轮片加工专机和主要的制造工艺技术，是单螺杆压缩机技术的一场革命，本项目在交大压缩机系有产业示范加工制造基地。

水润滑单螺杆产品成本是无油或水润滑双螺杆产品的三分之一到五分之一左右。能效比显著高于油润滑的单、双螺杆空压机。水润滑单螺杆的多圆柱型线实现了水悬浮啮合而不磨损，与传统单螺杆性能有天壤之别，单螺杆转子的加工通过精密铸造、以及高速铣削、或磨削等来实现。产品优势如下：

1、多直线和多圆柱复合包络型线无油螺杆压缩机，整体采用滑动轴承，降低了轴承负载，延长压缩机使用寿命。润滑系统密封方案先进，密封性能良好，提高了压缩机容积效率。同时确保压缩腔体内无泄漏，并持续稳定提供 100% 无油高品质压缩空气，可应用于生物医药、食品饮料、精细化工、精密电子等行业。

2、先进的润滑技术，可形成理想的流体动力润滑，实现了啮合副的悬浮啮合，确保主机无磨损，同时解决了传统主机排气高压端温度高等问题，实现真正意义上低于 50℃ 的等温压缩。

3、在水系统中采用先进的过滤装置，以及全方位的压差检测保护装置，有效的降低了润滑水过滤阻力，减少压降，同时实时监测压差变化，智能判断对主机影响，保障润滑水纯净度及合理的流量、流速。

4、水润滑螺杆空压机节省了润滑油和油过滤器及油气分离芯等消耗，可减少后期保养维护费用，降低的压缩机运行成本。同时水润滑螺杆空压机比干式螺杆空压机节能15%以上。

无油常压螺杆式空压机系列									
型号	排气量 m ³ /min	排气压力 Mpa	电机功率 Kw/HP	传动方式	噪声 dB(A)	长	外形尺寸 mm 宽	高	重量 kg
JDW07	1.25 1.05	0.8 1.0	7.5/10	直联	57±2	1050	800	1100	480
JDW11	1.78 1.49 1.32	0.8 1.0 1.25	11/15	直联	57±2	1050	800	1100	520
JDW15	2.38 2.17 1.79	0.8 1.0 1.25	15/20	直联	60±2	1300	850	1300	630
JDW18	3.10 2.66 2.18	0.8 1.0 1.25	18.5/25	直联	62±2	1300	850	1300	670
JDW22	3.57 3.20 2.65	0.8 1.0 1.25	22/30	直联	62±2	1300	850	1300	740
JDW30	4.90 4.18 3.77	0.8 1.0 1.25	30/40	直联	64±2	1550	1100	1450	950
JDW37	6.08 5.26 4.85	0.8 1.0 1.25	37/50	直联	65±2	1550	1100	1450	1150
JDW45	7.47 6.22 5.73	0.8 1.0 1.25	45/60	直联	67±2	2000	1260	1550	1500
JDW55	10.05 8.86 7.40	0.8 1.0 1.25	55/75	直联	70±2	2000	1260	1550	1750
JDW75	12.55 11.42 9.85	0.8 1.0 1.25	75/100	直联	72±2	2450	1500	1750	2100
JDW90	16.05 14.43 12.23	0.8 1.0 1.25	90/120	直联	73±2	2450	1500	1750	2450
JDW110	20.00 17.40 15.12	0.8 1.0 1.25	110/150	直联	74±2	2650	1850	1950	2600
JDW132	22.18 20.29 18.26	0.8 1.0 1.25	132/175	直联	76±2	2650	1850	1950	2850
JDW160	28.90 24.46 22.12	0.8 1.0 1.25	160/220	直联	77±2	2650	1850	1950	3200
JDW185	31.57 28.78 24.39	0.8 1.0 1.25	185/250	直联	77±2	2900	2000	2100	3500
JDW200	36.55 32.87 27.59	0.8 1.0 1.25	200/270	直联	78±2	2900	2000	2100	4000
JDW250	42.80 39.14 34.53	0.8 1.0 1.25	250/330	直联	78±2	2900	2000	2100	4300

三、技术成熟度

☐概念验证 ☐原理样机 ☐工程样机 ☐中试 ☒产业化

水润滑螺杆空压机技术的首家合作对象是西安交大思源科技股份有限公司，经过几年来的努力，目前生产的 0.8MPa 排压的水润滑空压机和 4.0MPa 两级水润滑空压机在国内畅销，现在也销售到泰国和马来西亚等国。水润滑螺杆压缩机技术在石化领域的合作对象是好米动力设备有限公司（上海），开发出来的产品用于九江石化。

四、合作方式

☐联合研发 ☐技术入股 ☐转让 ☐授权（许可） ☒面议

3. 流体机械及工程类项目

【所在学院】 能源与动力工程学院

一、团队简介

流体机械及工程系始建于1956年，是全国最早成立的压缩机专业，自1957年开始培养研究生，1981年批准为流体机械及流体动力工程全国首批博士点，并于1988年批准为首批国家重点学科，1989年经国家计委批准建设流体机械国家专业实验室，1995年经国家计委批准依托于本学科建立流体机械及压缩机国家工程研究中心，1998年被批准为“长江学者”设点单位。在2002年、2007年历届国家重点学科的评选中，均以流体机械及工程学科第一名资格直接入选。

流体机械及工程系现有教职工28人，其中有教授10人，副教授7人，讲师6人，高级工程师4人，工程师1人。拥有教育部“长江学者和创新团队发展计划”创新团队1个，国家杰出青年基金获得者1人，教育部跨/新世纪优秀人才5人，在专职教师队伍中具有博士学位的比例超过88%。目前在读博士生90名，硕士生126名。已经为国家培养了2000多名流体机械与工程专业的高级技术人才，其中全国百篇优秀博士学位论文获得者1名。近五年来承担国家973课题、863项目、国家自然科学基金项目、国防重要科研项目、武器探索重点项目、军口863项目等共35项。

二、团队项目

1、大型透平压缩机整机及部件气动性能与流动测试技术

负责人：官武旗

(1) 项目简介

透平压缩机，主要包括离心及轴流式压缩机。它广泛应用于航空发动机、燃气轮机等重大关键装备中，以及能源、石化、冶金、制冷及空分等重要行业中，对国民经济的发展起着举足轻重的作用。透平压缩机由一系列部件按照一定规律组合而成，主要有进口集流器、进口导叶、一组基本级及出口蜗室等部件。基本级又由一组相邻的动叶和静叶排构成，或者由叶轮、扩压器、弯道和回流器等部件构成。为研发高性能的透平压缩机产品，传统的压缩机气动测试分析技术局限于整机气动性能、或单个部件性能、或单

个部件流场的测试与分析。不能全面切实地反映压缩机性能与内部流动之间的关系，对压缩机研发形成阻碍。随着对高性能压缩机指标的不断提高，在试验研究上，不仅需要测试整机性能，更重要地还需要测试研究压缩机各部件之间的性能和流场匹配情况。这样，才可能较全面系统地掌握压缩机内流情况，为理解其非定常流动机理，分析和判断影响产品性能的主因，为改进定位提供准确目标，使产品研发做到有的放矢，提高高性能压缩机研发的效率，节省投资成本。

本项目通过创新性设计，在轴流及离心压缩机各部件之间布置由计算机控制的微小型探针运动机构，将探针测试系统与压缩机部件结构有机地融合为一体，实现对部件各关键位置截面流动参数分布的准确测试。本项目提供有完整配套的测试数据分析技术，能对透平压缩机整机和部件性能进行综合分析，全面反映压缩机部件及整机性能与内部流场特性之间的关系，是服务于新一代高性能透平压缩机产品研发的重要技术。其中部分技术 2016 年获得陕西高等学校科学技术奖二等奖，2017 年获中国通用机械工业协会科技创新突出贡献奖。

（2）产品性能优势

在目前透平压缩机气动计算与分析软件发展迅速、种类繁多的情况下，本项目提出一种全面测试透平压缩机整机及部件气动性能，以及其内部流动参数的试验技术，是对该领域研究技术手段很有价值的探索与发展。

项目通过试验手段获得压缩机内部流动参量信息，测试精度高，测试数据的空间和时间分辨率高，测试过程实现了高度自动化，达到目前最先进水平。该测试技术获得的气动参量信息十分巨大，能全面覆盖压缩机运行的各种工况，及所有关键流道区域，为掌握压缩机部件和整机性能，以及内部流动提供大量有价值的直接数据信息。项目测试技术充分利用计算机自动控制功能，与最先进探针技术相结合，实现了测试技术的高适应和高智能化，测试精度和测试效率大大提高。项目组自行研发有各式微小型气动探针及高频动态探针，对各式探针校准测试技术有长期研究，开发有高精度气动探针自动校准软硬件系统。

综合起来，项目是系统性解决大型透平压缩机的部件和整机，以及内部流动测试的当今先进技术。

（3）市场前景及应用

项目主要应用于航空发动机/重型燃气轮机的气动试验研究，以及石化、空分、制冷行业中大型透平压缩机的气动试验研究，能为高性能透平压缩机产品的研发提供技术支持。

为沈阳透平机械股份有限公司，陕鼓动力股份有限公司，中国空气动力研究与发展中心（29），荏原冷热系统（中国）有限公司等单位均有合作。为荏原冷热系统（中国）有限公司提供冷水机组性能升级服务，目标是 COP 提升 6%，达到一级能效。主要工作是，通过对其离心式压缩机整机及各部件性能及流动进行测试与分析，对其流道进行了优化设计，完全实现了其能效指标要求。测试如图 1 和图 2 所示。

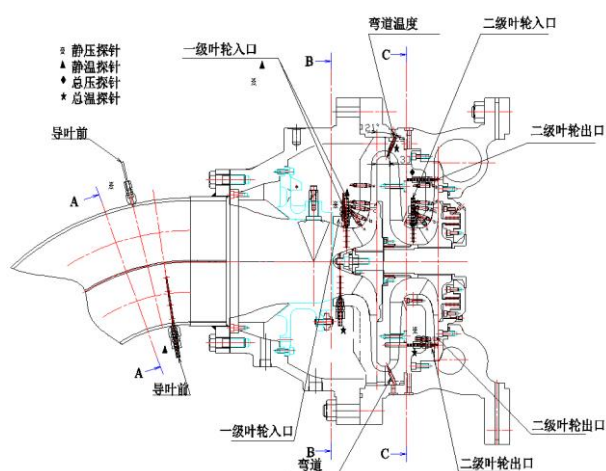


图 1 离心压缩机测试方案



图 2 冷水机组外部测试仪表及接线

（4）技术成熟度

☐概念验证 ☐原理样机 ☒工程样机 ☐中试 ☐产业化

附图

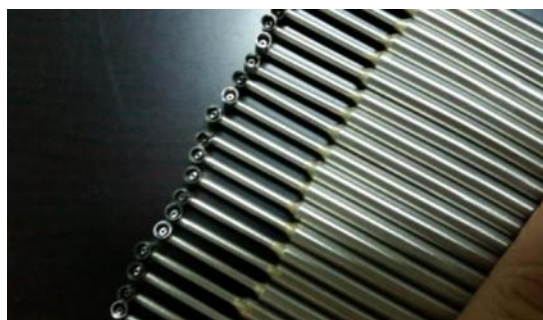
项目组研发有总温（梳齿）探针、总压（梳齿）探针、静压探针、亚音速和跨音速五孔探针、高频动态微型探针等，如图 3 所示。



(a) 总温探针



(b) 梳齿总温探针



(c) 总压探针



(d) 梳齿总压探



(e) 静压探针



(f) 跨音速五孔探针

图 3 研发的各种气动探针

项目组开发有适用于各式气动探针的自动校准系统。采用计算机控制伺服电机，实现对各种探针的运动控制；采用高精度数据采集和科学的误差处理方法，实现了探针的高精度校准；自动化提高了探针校准工作效率。如图 4~图 6 所示。



图 4 探针自动校准机构及风洞

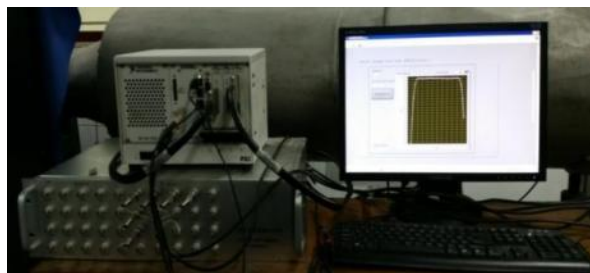


图 5 探针校准测试软件系统

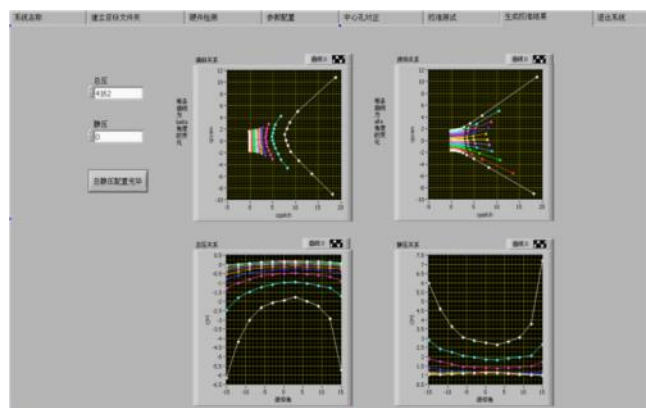


图 6 五孔探针校准曲线

2、基于机械蒸汽再压缩（MVR）的结晶系统优化研究

负责人：官武旗

（1）项目简介

蒸发结晶作为工业生产中最基本的工艺流程，可广泛应用于化工生产、食品制药、海水淡化、工业废水或废液处理等领域。主要技术有单效蒸发、多效蒸发、热泵蒸发等几大类，单效蒸发和多效蒸发均属于传统蒸发方式，基于传统蒸发方式的结晶系统中，产生的二次蒸汽直接被排放或通过冷却水处理后排放，造成大量热量能源和冷却水资源的浪费。

在热泵蒸发技术中，机械蒸汽再压缩（MVR）技术采用机械压缩的方法，将蒸发过程产生二次蒸汽的压力和温度提高后再次作为热源蒸汽，该过程在蒸汽压缩机中进行，同时免去了后续的冷却处理。通过消耗少量的电力能源，可回收大量热能和蒸汽，具有显著的节能和节水优势。该技术在对物料进行处理后的产物为冷凝水、浓缩液或晶体，过程无污染，属于环境友好型技术。对高效且节能的蒸发结晶处理技术进行分析研究，能够带来明显的经济效益和社会效益。

本项目开发的是一种 MVR 并联双效蒸发结晶系统，主要部件有降膜蒸发器、强制循环蒸发器、离心式蒸汽压缩机等。本系统考虑到不同类型蒸发器的物料适用性及节能性，将降膜蒸发器与强制循环蒸发器联用，建立系统及部件的数学模型，与传统蒸发结晶系统进行性能对比，并对系统的操作参数组合进行了多目标优化。

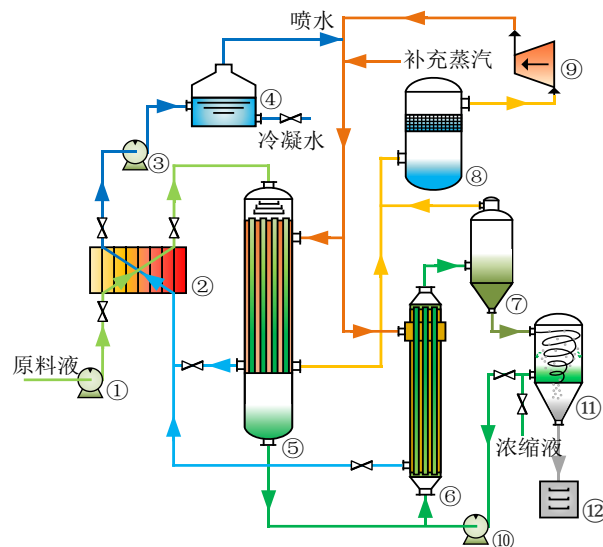


图 1 MVR 并联双效蒸发结晶系统流程图

①—原料液泵；②—预热器；③—凝水泵；④—凝水箱；⑤—降膜蒸发器；⑥—强制循环蒸发加热室；⑦—强制循环蒸发蒸发室；⑧—气液分离器；⑨—蒸汽压缩机；⑩—循环泵原料液泵；⑪—结晶分离器；⑫—晶体储存罐

(2) 产品性能优势

本项目为一种 MVR 并联双效蒸发结晶系统，其流程如图 1 所示。本系统中原料液先通过降膜蒸发器进行蒸发浓缩处理，产生的浓溶液再经过强制循环蒸发器进行结晶，既克服了降膜蒸发器不适用于结晶物料的限制，也减少了强制循环蒸发器运行需要的驱动功率。项目组建立了系统和各部件的数学模型，计算确定系统中各管段不同介质的热力学参数。通过能量和熵分析，本系统与传统多效蒸发结晶系统相比，在相同蒸发量下耗能更少、COP 值和熵效率更高，节能性和热力学完善程度都较好。

通过分析各参数对系统总功耗及满足生产要求所需的总换热面积的影响规律，主要操作参数为压缩温升和蒸发温度，分析得到两者的取值范围。在取值范围内，以系统总功耗最小和总换热面积最小为优化目标，利用遗传算法进行多目标优化计算，确定一组最优的压缩温升和蒸发温度组合。在相同蒸发量下，优化后的参数组合可使系统总功耗

及总换热面积均相对较小，且能使系统具有更高的 COP 值和焓效率，节能性和热力学完善程度都有所提高。以蒸发量 15000kg/h 为计算实例，结合实际工程对温度的控制精度，在模糊集合选优的基础上确定最优解，优化前后的操作参数及系统性能评价参数对比情况如表 1 所示。

表 1 优化前后系统操作参数及性能指标变化表

参数及性能指标	优化前	优化后	变化率%
蒸发温度 $t_1/^\circ\text{C}$	100	120	20
压缩温升/ $^\circ\text{C}$	12	12.5	4.17
系统总功耗 N/kW	529.6	507.5	-4.17
总换热面积 S/m^2	951.7	920.5	-3.28
效能系数 COP	21.4	23.1	7.94
焓效率/%	49.1	52.0	5.91
焓损失/ kW	772.6	734.2	-4.97
单位能耗/ $\text{kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$	130.3	121.8	-6.52

注：变化率中的正负号分别代表数值增大和减小。

（3）市场前景及应用

本项目的技术主要应用于大型工业的废水处理和回收、海水淡化，以及化工、制药、食品加工等过程的蒸发结晶中。

（4）技术成熟度

☒ 概念验证 ☐ 原理样机 ☐ 工程样机 ☐ 中试 ☐ 产业化

3、基于透平压缩机的跨临界二氧化碳热泵循环系统研究

负责人：官武旗

（1）项目简介

当前环境问题已成为一个重要的全球问题，其中臭氧层破坏和温室效应问题引起人们高度重视。传统的热泵热水器以氟利昂作为工质，不符合环保要求，而人工合成的制

冷剂又可能对环境造成潜在的、不可预知的危害。因此,开发环保意义上的热泵热水器具有重要价值。

热泵热水器是以消耗少部分电能为代价,通过热力循环,将环境介质水、地热源、空气等储存的能量加以发掘利用,用来生产热水。 CO_2 作为自然工质,以其环保性、经济性、安全性、优良的传热特性、大单位容积制冷量等综合优势,成为热泵工质的首选。由于其较低的临界温度,循环一般处于跨临界状态下运行。所谓跨临界循环就是压缩机的吸气压力低于临界压力,但是排气压力高于临界压力,工质在高压侧换热主要通过显热交换完成,其蒸发温度低于临界温度,循环吸热过程仍在亚临界条件下,换热依靠潜热,高压侧温度和压力相互独立,使得系统多了一个自由度或者可控参数。相较于常规亚临界循环, CO_2 跨临界循环中气体冷却器所具有的较高排气温度和较大温度滑移正好和冷却介质的温升过程相匹配,温差不可逆损失减小,有利于提高系统性能,非常适用于家用水的加热。而且 CO_2 跨临界循环的容积膨胀比为 2^{-4} ,是常规工质的 $1/10$,膨胀功约占压缩功的 $20\%^{-40\%}$,将其回收用于驱动压缩机,可以辅助提高系统效率。

本项目开发的是一种较大容量跨临界二氧化碳热泵系统,由离心压缩机、气体冷却器、透平膨胀机、蒸发器等主要部件构成。该系统具有供热系数高,结构紧凑,生产热水温度高,膨胀比小,膨胀功大的特点。采用透平膨胀机回收膨胀功,可有效减少节流损失,提高系统COP值及效率。系统采用离心压缩机,具有体积小、振动噪音小、气量大且供热集中的优点。所以,本项目所开发的二氧化碳热泵循环系统,不但在环境保护方面具有很大优势,而且节能潜力非常大,所以市场应用前景广阔。

(2) 产品性能优势

项目组通过研究自行建立了跨临界二氧化碳热泵系统的数学模型,对系统各部件进行了数学建模;计算确定了系统各状态点的热力参数,研究了各参数的取值范围,以及各参数对系统COP及效率的影响规律;采用多目标优化方法对系统进行优化,确定了最优参数组合,使得系统COP及效率达到最高。

系统中的离心式压缩机,采用两级压缩、中间冷却的设计方案,对压缩机进行了详细设计。通过对系统的研究确定透平膨胀机的进出口参数,编制膨胀机热力设计计算程序,设计了膨胀机蜗壳、喷嘴、工作轮、扩压器的基本几何参数。对压缩机和膨胀机建

立了三维模型，数值计算网格模型，并进行数值计算分析，对叶片流道及工作轮流道进行优化，获得高效的压缩机和膨胀机方案。

由于二氧化碳的临界温度只有 31.1°C ，临界压力为 7.38MPa ，它的临界温度通常低于空调和热泵系统的排气温度，因此本系统采用跨临界循环模式。而冷却放热的高压侧压力高达 $9\sim 11\text{MPa}$ ，低压侧压力在 3MPa 左右，节流部分压差高达 $6\sim 8\text{MPa}$ ，结合近临界区二氧化碳特殊的热物性和传输性，所以常规二氧化碳跨临界循环系统性能并不高，提高整个系统性能的关键在于降低节流部分的损失。本项目采取两级压缩以及单级膨胀回收膨胀功的方式来提高系统性能，可以获得高性能的跨临界二氧化碳热泵系统。

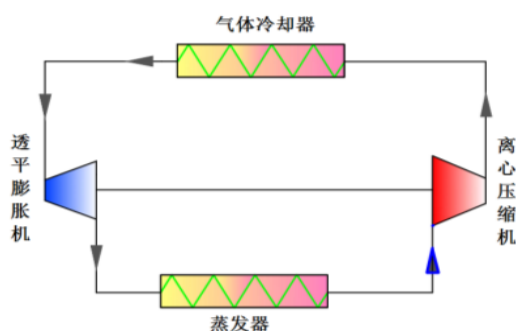


图 1 系统流程图

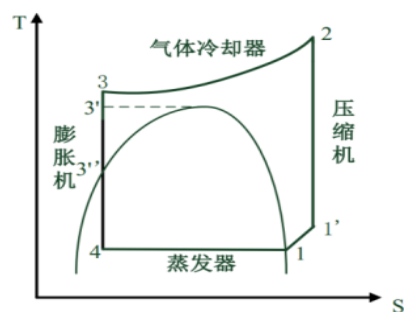


图 2 系统温熵图

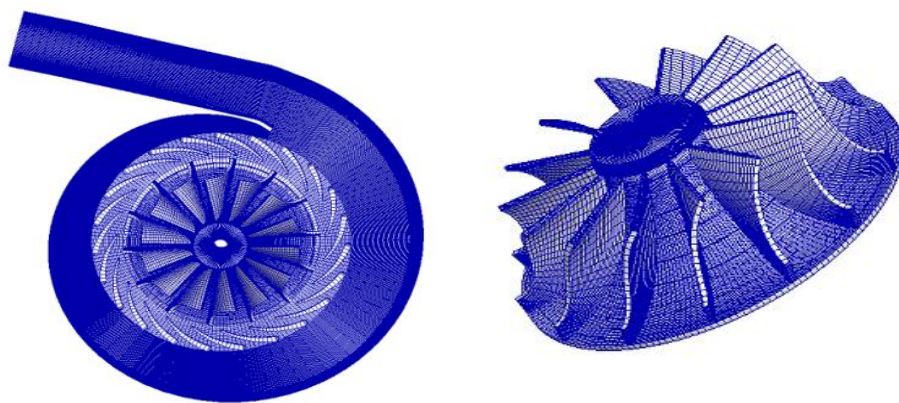


图 3 膨胀机整机

(3) 市场前景及应用

本项目主要应用于城市居民或企业大规模供热系统，以及低温热源的再利用和能源回收等系统。由于二氧化碳的特性，以及跨临界系统循环的特性，本项目研制的热泵系统有供热热水温度较高，系统结构紧凑简洁，占地面积小，可以代替热水锅炉进行采暖

和生活热水供应，也可用于汽车空调的研发。二氧化碳热泵目前来说是一个新生事物，但是由于工质以及循环特性，有较高的研究价值和应用前景。

(4) 技术成熟度

☐ 概念验证 ☒ 原理样机 ☐ 工程样机 ☐ 中试 ☐ 产业化

4、烧结风机模型机三元高效叶轮节能技术

负责人：官武旗

(1) 项目简介

烧结主抽风机的电能消耗约占整个烧结厂电能总消耗的 50%，是能源消耗的大户。目前烧结风机大多是依据二元理论设计的风机，它制造较为简单，成本低，技术成熟，但是运行效率偏低，对能源有较大浪费。

本课题组通过对某烧结离心风机模型机叶轮进出口流动状态，子午面流动分离，叶片成型加载规律，以及蜗舌影响的研究，在不改变原蜗壳几何尺寸，以及采用直线锥前盘叶轮的条件下，开发了一种高效的三元叶轮烧结风机模型机。

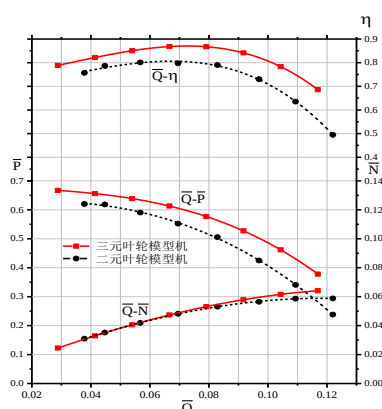


图 1 二元

风机与新研发三元风机模型机试

验性能对比

该三元叶轮对工作介质在通过叶轮时能进行有效地控制，减少或消除叶轮内部的涡流，最大限度地利用叶轮结构尺寸，形成最适合气流通过的叶片流道形状，能较大幅度提升叶轮作功能力和风机效率。因此，在目前二元叶轮烧结风机应用还比较普遍的情况下，采用该三元流叶轮风机进行增容改造，具有比较突出的节能减排意义。

(2) 产品性能优势

项目组掌握了三元风机气动设计研发的关键技术，可以依据用户参数要求开发高效的三元烧结风机模型机。所研发烧结风机不改变用户原有蜗壳主要尺寸，只改变叶轮，能最大限度节约用户的节能改造成本。

针对陕鼓通风设备有限公司某型号二元烧结风机模型机，本项目开发的三元风机模型机在额定条件下总压效率为 86.7%，静压效率为 78.8%，比原二元叶轮风机总压效率提高了 7.7%，静压效率提高了 6.5%，且高效工况区大幅度拓宽。对于实际尺寸的大型烧结风机机型，效率还会有显著提升空间，预计会提升在 12%以上，项目具有显著的节能效益。所研发风机模型机的无量纲性能曲线对比，如图 1 所示。图 2 为研发中的风机加工与测试试验。



(a) 加工中的三元叶轮



(b) 模型机试验测试

图 2 模型机验证试验

(3) 市场前景及应用

项目组可为烧结风机设计制造企业提供技术服务，开展合作研发。为烧结风机节能改造，以及其它大型高压离心风机的节能改造提供技术支持及合作研发。项目组可以依据用户需求开发新型高效离心风机。

(4) 技术成熟度

☐ 概念验证 ☐ 原理样机 ☒ 工程样机 ☐ 中试 ☐ 产业化

三、合作方式

☐ 联合研发 ☐ 技术入股 ☐ 转让 ☐ 授权（许可） ☒ 面议

4. 基于流体动压润滑轴承的高速涡轮/离心压缩机技术

【团队负责人】 侯予

【所在学院】 能源与动力工程学院

一、项目简介

气浮轴承用气体作润滑剂，润滑气体常用空气，也用氢、氦、氮、一氧化碳及水蒸气等。由于气体粘度低，粘度随温度变化小，化学稳定性好，因此，气体轴承具有摩擦小、精度高、速度高、温升低、寿命长、耐高低温及原子辐射，对主机和环境无污染等优点。

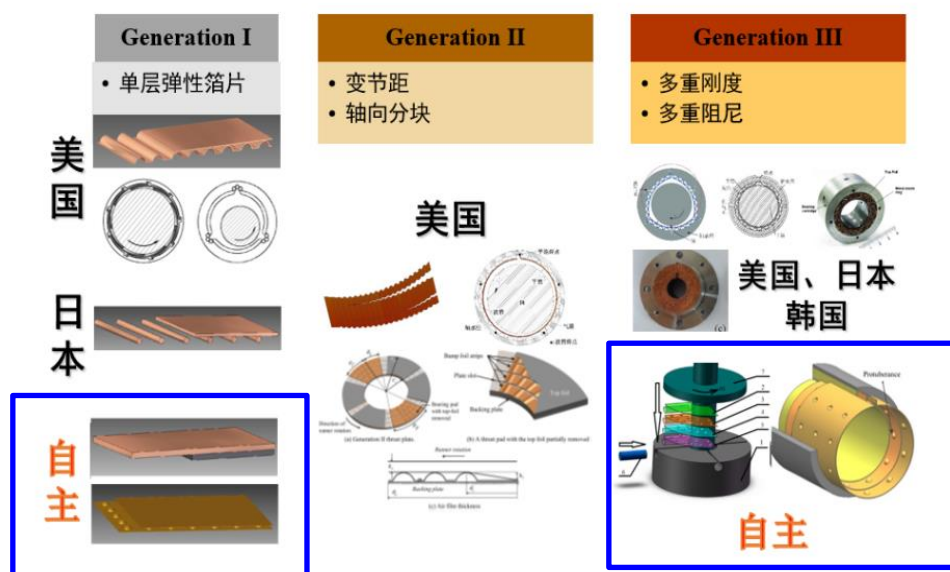
流体动压润滑轴承支撑高速涡轮/离心压缩机是逆布雷顿制冷系统核心部件；主要面向空间科学、超导技术、航空航天、装甲舰船等领域的制冷系统。

二、产品性能优势

通过 30 余年的持续研究，团队在流体动压轴承技术、微小型高速涡轮和压缩机技术方面取得了一系列的成果，具有国内领先、国际先进水平。

1. 具有自主研发的鼓泡箔片动压轴承技术

用于 921 工程我国首座载人航天器(神舟号飞船)空间环境地面模拟实验装置(KM6)氮制冷系统的研制。曾获 2001 年度国家科学技术进步二等奖(集体获奖)、2001 年度高校科学技术二等奖、获得国家发明专利数十项。



2. 具有高速涡轮/理想压缩机系列产品样机



三、市场前景及应用

1. 空气制冷空调系统

环保，无氟利昂

节能，能耗减小 $\sim$ 30%

安全，无高压、不可燃、无毒

简单，无油润滑，部件少

2. 高速离心工质泵/压缩机

尺寸小、效率高

无油润滑，易维护

是替代传统油润滑机械的理想技术

四、技术成熟度

☐概念验证 ☒原理样机 ☐工程样机 ☐中试 ☐产业化

五、合作方式

☐联合研发 ☐技术入股 ☐转让 ☐授权（许可）☒面议

5. 大型燃煤锅炉改造技术

【团队负责人】：谭厚章

【所在学院】 能源与动力工程学院

一、项目简介

1、深度安全低氮燃烧器改造

(1) 项目简介

当前低氮燃烧技术大致方案:

①空气分级+浓淡

②运行: 降低出口 O_2

③带来问题: 结焦、高温腐蚀; 飞灰含碳量上升

西安交大低氮核心技术:

①低氧下煤粉快速着火技术;

②低动量下切园设计技术

序号	单位	机组容量	改造内容	改造方案	改造效果
1	中电投良村电厂	2x330MW	低氮燃烧器改造	重新设计低氮燃烧器	贫煤低氮小于450mg/Nm ³
2	渠东电厂	2x330MW	低氮燃烧器改造	重新设计低氮燃烧器	贫煤掺烧无烟煤低氮小于500mg/Nm ³
3	漳泽股份漳泽发电厂	4x220MW	4台锅炉, 每台16个旋流燃烧器改造	重新设计低氮燃烧器	大幅提高煤种适应性, 锅炉效率提高1%
4	宁夏大坝发电厂	2x330MW	二台炉48套旋流燃烧器改造	重新设计燃烧器本体及内外二次风结构	实现热态下燃烧器可调, 飞灰含碳下降2%
5	户县电厂	5x50MW	旋流燃烧器改造	重新设计旋流燃烧器	飞灰含碳下降2%~3%
6	独山子热电厂	5x50MW	水平浓淡燃烧器	重新组织燃烧系统及设计燃烧器本体及内外二次风结构	大幅降低结焦, 飞灰含碳下降3%
7	洛阳石化热电厂	2x50MW	水平浓淡燃烧器	重新组织燃烧系统及设计燃烧器本体及内外二次风结构	提高燃烧无烟煤稳定性。灭火次数减少80%
8	漳泽股份漳泽发电厂	2x100MW	增加低温过热器面积	重新设计过热器受热面	提高主汽温度15℃
9	山西神头一电厂	2x220MW	旋流燃烧器改造	重新设计旋流燃烧器	消除结焦、再热器喷水减温减少40t/h, 总煤耗下降8g/kwh

2、煤粉智能燃烧系统

手段: 一次风粉量/风量测量、二次风风量测量、风煤比在线测量; 水冷壁壁面还原性气氛在线监控

指标:

①炉膛出口 NO_x 排放相对降低 10%以上。

②锅炉效率提高 0.5-1%以上。

③系统投运率 95%以上。

3、空预器防堵装置

为了达到环保指标，喷氨过量，SCR 氨逃逸大。在空预器冷端生成 NH₄HSO₄ 沉积物，堵塞空预器。

解决方案-热风自循环：

利用空预器热一次风出口管道与空预器冷二次风入口管道内的压力差（6-8 kpa 左右）实现热一次风自回流，通过布置在换热元件冷端的热风喷枪加热吹扫换热元件冷端，达到清除 NH₄HSO₄ 的目的。



图 1 改造现场

4、脱硝系统及烟道减阻优化

（1）SCR 优化改造内容

①SCR 入口烟道流场优化-加装导流板

②双向分区可调喷氨格栅-改造喷嘴

③氨-烟扰态混合器

④SCR 出口全截面多点取样装置

⑤多目标协同控制喷氨-智能化

5、风机节能改造技术

（1）风机改造最佳解决方案

①首先进行实验，得到系统阻力特性曲线。

②进行叶轮、叶型进行改造，保留电机、基础、外壳、传动组不变。解决风机、水泵的合理匹配，使风机、水泵运行点处在高效区。

③最后再上质量好的变频器，取代挡板截流。

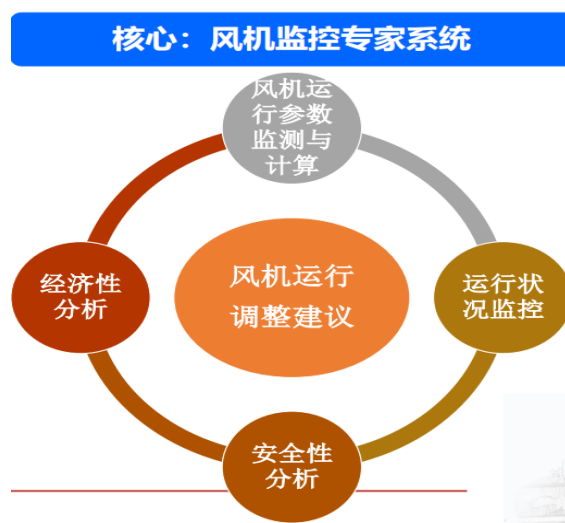
(2) 风机改造及优化工程业绩表 (40 多个业绩)

序号	单位	机组容量	改造内容	改造方案	改造效果
1	国电宝鸡第二发电厂	4x330MW	8台离心式风机改造	重新设计叶型，更换叶轮，保留电机、传动组、蜗壳、进出口风道不变	电流下降30A，效率提高20%
2	华电包头华电东华热电厂	2x300MW	4台离心式风机改造	重新设计叶型，更换叶轮，保留电机、传动组、蜗壳、进出口风道不变	电流下降50A，效率提高30%
3	国电太原第一热电厂#1锅炉	300MW	2台离心式风机改造	重新设计叶型，更换叶轮，保留电机、传动组、蜗壳、进出口风道不变	满负荷下电流下降25A，效率提高15%
4	国电荆门电厂	2x600MW	2台双吸离心式风机改造	重新设计叶型，更换叶轮，保留电机、传动组、蜗壳、进出口风道不变	电流下降40A，效率提高25%
5	漳泽股份漳泽发电厂	4x220MW	8台双级轴流式引风机改造	重新设计叶型，只更换叶片，保留电机、传动组、蜗壳、进出口风道不变	提高出力，使带负荷能力从190MW到220MW

6、风机运行在线监控与故障预警系统

将二侧风机电流调平方式改为风量调平方式；自动平衡炉膛出口二侧烟气量，减少炉膛出口烟温偏差和气温偏差；自动平衡二侧 SCR、二侧除尘器烟气量。

监控系统在线动态显示风机运行曲线、运行点位置、失速安全裕度、风烟系统阻力。智能诊断预警，防止抢风，有效提高风机系统运行安全性。



二、市场前景及应用

序号	单位	机组容量	改造内容	优化方案	优化效果
1	国电菏泽发电有限公司	2×330MW	氨喷射系统优化改造	加装氨-烟混态扰流发生器，喷氨格栅改造及喷氨优化控制	项目实施中
2	国电聊城发电有限公司	2×660MW	脱硝喷氨优化改造EPC项目	加装氨-烟混态扰流发生器，喷氨格栅改造及喷氨优化控制	喷氨均匀性和NO _x 与烟气混合的均匀性极大改善，氨逃逸控制2.5PPm以下，喷氨量下降10%。
3	华电新乡发电有限公司	2×660MW	#2机组脱硝入口氨烟混合均匀性优化	脱硝喷氨优化改造，喷氨格栅后加装氨-烟混态扰流反生器	喷氨均匀性和NO _x 与烟气混合的均匀性极大改善，氨逃逸控制2.5PPm以下，喷氨量下降10%。项目实施中
4	山西临汾热电有限公司	2×330MW	喷氨优化改造	喷氨分支管等压控制，喷氨格栅后加装氨-烟混态扰流反生器	喷氨均匀性和NO _x 与烟气混合的均匀性极大改善，氨逃逸控制2.5PPm以下，喷氨量下降15%。
5	漳泽发电分公司	2×220 MW	喷氨优化改造	脱硝喷氨优化改造，喷氨格栅后加装氨-烟混态扰流反生器	喷氨均匀性和NO _x 与烟气混合的均匀性极大改善，氨逃逸控制2.5PPm以下，喷氨量下降15%。
6	华电淄博热电有限公司	2×330MW	脱硝优化	SCR出口安装测点，根据测试结果控制不同区域的喷氨量。	通过脱硝出口NO _x 分布调整喷氨，喷氨量下降4%。

三、技术成熟度

☐ 概念验证 ☐ 原理样机 ☐ 工程样机 ☐ 中试 ☒ 产业化

四、合作方式

☐ 联合研发 ☐ 技术入股 ☐ 转让 ☐ 授权（许可） ☒ 面议

6. 车齿刀数字化设计与加工

【团队负责人】 贾康

【所在学院】 机械工程学院

一、项目简介

当前国内外圆柱齿轮的加工方法主要以滚齿、插齿、铣齿、拉齿为主,然而对于内齿轮的加工,现有齿轮加工方法已无法满足其高精度、高效率、绿色环保的加工需求。车齿技术可用于加工内外圆柱齿轮,尤其适用于小模数内齿轮的加工,具有加工精度高、效率高、成本低等一系列优点。目前车齿原理、车齿刀设计、数控车齿机床等方面的研究已经取得一些进展,可是距离工程实际要求还有一定距离。车齿刀作为车齿工艺系统的重要组成部分,其设计理论是推动车齿技术的重要因素。车齿加工误差与工件齿面加工精度的高低有着直接关联,对于加工误差的研究将有助于提高车齿加工精度,对于车齿技术的推广有着直接影响。利用计算机仿真技术和计算机图形学技术,对齿轮刀具加工齿轮和形成齿廓的过程进行动态图形仿真有助于提升刀具设计与加工水平。

二、关键技术

针对车齿 (Power Skiving) 的两类基本几何问题——[正]加工廓形仿真和[逆]切削刃曲线计算,进行基于离散数值包络的软件工具计算、仿真(基于 VS-C#开发)。

核心技术:

(1) 廓形仿真过程

在软件中输入刀具参数/导入切削刃曲线、工件参数、安装参数以及计算参数等,通过计算得到切削刃相对工件轴截面交线族,进而计算得到切削刃扫掠体、加工齿槽侧面以及齿槽面展成切触点曲线三维轮廓,利用软件导出工件轴截面齿槽切削廓形。

(2) 切削刃曲线计算

在软件中输入刀具参数、工件参数/导入齿槽廓形、安装参数以及计算参数,计算工件齿面相对刀具前刀面交线族、刀具前刀面交线族包络廓形,得到齿槽面展成切触点曲线,导出切削刃廓型曲线。

(3) 切削过程仿真分析

通过多切削工步参数输入以及刀齿侧面干涉分析,实现了车齿刀切削刃曲线的参数化计算与多工步切削过程几何状态参数的图谱分析,解决了车齿刀关键几何刃型的自主设计能力短板,提升了面向刀具切削性能的数字化分析与优化设计能力。

三、市场前景及应用

目前数控机床大势所趋,将持续带动数控刀具规模增长。一是随着我国制造业的发展和进步,市场上的产品规格不断丰富,市场对于高精度、高效率切削的需求日趋旺盛。二是根据《中国制造 2025》,提出从制造业大国向制造业强国转变,最终实现制造业强国的目标,而机床是工业之母,是实施制造强国战略的有力抓手,因而将高档数控机床列为大力推动突破发展的重点领域之一,国家和有关部门陆续制定了一系列产业政策以支持数机床的发展。使得金属切削机床数不断增加,从而导致数控刀具规模不断扩大,预计到 2022 年,其国内市场规模将接近 600 亿元,行业发展空间巨大。由于国外数控刀具行业起步时间早,技术、资金、经验储备力量强,因此我国数控刀具市场中国外企业占据着较大市场份额。但近年来随着国内刀具企业不断引进消化吸收国外先进技术,研究成果和开发生产能力得到了大幅提升,国产刀具向高端市场延伸,凭借产品性价比优势,已逐步实现对高端进口刀具产品的进口替代。根据中国机床工具工业协会统计数据,2021 年我国刀具市场总消费规模约为 477 亿元,进口刀具规模为 138 亿元。而绝大部分是现代制造业所需的高端刀具。且 2021 年进口刀具占总消费的比重已从 2016 年的 37.2%下降至 28.9%。而这表明我国数控刀具的自给能力在逐步增强,进口替代速度加快。

四、技术成熟度

☐概念验证 ☐原理样机 ☒工程样机 ☐中试 ☐产业化

五、合作方式

☐联合研发 ☐技术入股 ☐转让 ☐授权(许可) ☒面议

十二、其他

1. 基于红外定向辐射的大面积快速加热技术

【团队负责人】 范学领

【所在学院】 航天航空学院

一、项目简介

快速加热技术在国防与民生工业中具有广泛应用,如耐高温材料与结构极端环境模拟、有色金属高效熔铸、快速均匀热处理、现场回火去应力、大面积烘干等。目前,美国在红外定向快速加热技术方面,已初步形成面向高端制造业特殊热处理需求的产业群;日本则基于该技术在科研仪器领域形成了一批特殊设备。我国的红外定向快速加热技术仍主要用于军工领域,现有的民用相关设备技术指标低、仅能满足低端制造业部分需求,高端制造业领域存在巨大的应用需求和发展空间,包括:工业级与科研级特种高温炉(大气、真空、惰性气体等)、用于高端机械装备制造的现场回火去应力设备、铝合金等有色金属高效熔炼炉与热处理炉、飞机表面大面积快速除冰车等。

二、产品性能优势

目前,本项目基于红外定向快速加热技术拟研制4款专用设备。

1. 移动式现场回火去应力设备

以燃气轮机大型叶片现场回火去应力为例,目前,工业上仍采用燃气火焰加热方法,其加热面积小、温度均匀性差、难以精确控温。在研的该设备具有加热均匀性好、控温准确、可模块化拼接的优势。美国NASA有类似设备,但仅用于航空发动机等尖端制造业;国内尚无同类产品。现场回火去应力是许多工业中产品加工过程中不可或缺的步骤,应用前景广阔。

2. 铝合金铸锭的大型红外快速熔炼炉

现有方式以电阻丝加热、燃气火焰加热为主,加热效率低(升温 $10\sim 20^{\circ}\text{C}/\text{min}$)、能耗高、控温精度差。而红外线辐射的电磁波波长与铝合金吸收波长相匹配($0.76\sim 100\mu\text{m}$),共振性吸收加热特性显著,因此,采用红外线辐射加热铝合金是最好的方式。目前,根据西南铝集团的具体技术需求,正研制“铝合金铸锭的红外快速熔炼炉”,预期可提高熔铸效率(升温 $100^{\circ}\text{C}/\text{s}$)、降低能耗(电费)。国内尚无产业化的同类产品。

3. 大型铝合金管件的红外热处理炉

现有方式以电阻丝加热+热风循环为主，加热均匀性差、效率低、能耗高。由于红外线波长与铝合金吸收波长匹配吻合好，因此是最佳加热方法。目前，根据西南铝集团的具体技术需求，正研制“大型铝合金管件的红外热处理炉”，预期其热处理均匀性将大幅提升。国内尚无产业化的同类产品。

4. 工业级与科研级特种红外高温炉（中小型）

中小型高温炉是工业生产与科研中最常用的设备之一。目前的高温炉基本均采用硅钼棒、硅碳棒作为加热体，升温速率慢、无法实现变温环境模拟，且不同气氛环境难以共用。在研的“工业级与科研级特种红外高温炉”，具有快速升温、变温模拟、定制红外加热波段、红外反射涂层保温、气氛可调（一台设备同时实现大气/真空/惰性气体等）的优点。目前美日等国已发展出部分相关的专用高温炉，我国仍是空白。

三、市场前景及应用

产品优势如上所述。目前，在移动式现场回火去应力设备上，已获得我国动力装备骨干企业东方汽轮机有限公司的意向订单；在铝合金铸锭的大型红外快速熔炼炉、大型铝合金管件的红外热处理炉上，已与西南铝集团开展联合研发并获其意向订单。

四、技术成熟度

☐ 实验室阶段 ☒ 工程化阶段 ☐ 产业化阶段

本项目的技术基础已获 2018 年陕西省国防科技进步奖励，原型产品已得到东方汽轮机有限公司、航天 11 院、航天 771 所、北京大学等多个国防单位、高校院所的应用和高度认可。在研的四款设备是前期技术基础的拓展和应用，技术成熟度高、可行性强，已得到相关合作单位技术主管的认可。

申报国家发明专利六项：

- [1] 2018102467505 一种液体冷却夹层的卤素灯与模块化平面加热装置
- [2] 2018102467628 一种模块化气膜冷却卤素灯平面加热与冷却装置
- [3] 201811369110X 六自由度并联石英灯自适应复杂曲面加热装置
- [4] 2018113691082 六自由度串联石英灯自适应复杂曲面加热装置

[5] 2018113678887 模块化多功能石英灯挂载架

[6] 2018113678834 一种大面积静态石英灯模块化可调加热装置

获奖一项:

2018 年陕西省国防科技进步三等奖

五、合作方式

☐ 联合研发 ☐ 技术入股 ☐ 转让 ☐ 授权（许可） ☒ 面议

2. 液体食品非热杀菌保鲜技术

【团队负责人】 常正实

【所在学院】 电气工程学院

一、项目简介

我国是世界最大的浓缩汁生产国，而在非还原汁（not from concentrate，非浓缩还原果汁）、果肉汁（Smoothies）、主剂复配等新型果蔬汁理论、技术、产品和装备等方面，与发达国家相比还存在明显差距。2020 年我国果汁销售额达到 1300 亿元，但产业大而不强，存在如下突出问题：

（一）传统汁产品单一、加工过度、品质营养损失严重：果蔬原料经过复杂的酶解、过滤、吸附、浓缩、高温杀菌等工序，品质和营养损失大，产品同质化严重，多数企业处于亏损状态，产业转型迫在眉睫。

（二）新型果蔬制汁的理论研究与技术研发结合不紧密，技术缺少原创性：以 NFC 为代表的新型果蔬汁成为消费者“新宠”，但相关基础研究不完善，且与产业结合不够紧密，针对不同果蔬制汁的精准系列化配套技术尚不充分；终端果蔬汁和主剂复配开发不够，产品标准相对落后；目前 NFC 出汁率低（<70%），生产效益有待提高。

（三）关键加工装备和全程智能生产线技术研发滞后、自主知识产权的配套技术缺乏，关键设备依赖进口：新型杀菌设备的可靠性和稳定性有待提高，以超高压（HPP）为代表的非热杀菌采用间歇式操作，生产效率低、成本高；冷榨果蔬汁设备配套和智能控制有待完善。

本项目利用脉冲电场对果汁进行灭菌保鲜处理。在外加电场的作用下，细胞会产生跨膜电势，跨膜电势挤压细胞膜，使得细胞膜厚度减小。当超过临界值时，细胞膜会产生崩解，形成小孔。由于细胞具有自我修复能力，当这些小孔面积较小时，细胞能自动修复这些小孔，这些小孔是可逆小孔。但随着电场强度增加，或者随着作用时间增长，细胞崩解面积大到细胞难以自愈，此时的击穿不可逆，细胞内容物外泄，导致细胞死亡，达到灭菌目的。

研究制备针对果蔬汁、牛奶等营养饮品的脉冲电场灭菌保鲜处理装备，可进一步提高营养饮品品质，改善我国饮品结构，提升全民生活质量，响应我国“健康中国”的号

召。根据健康中国 2050 国家相关政策，液体食品非热杀菌保鲜技术在长期内都会具有较好的政策扶持及政府支持。本项目所生产产品均满足国家标准 GB4789，且同时满足各果汁、牛奶生产企业的企业标准。

面对传统热力杀菌伴随的饮品营养损失严重、品质低，等行业瓶颈问题，本项目基于脉冲电场和低温等离子体，研发了协同非热杀菌装置。设计专门的处理装备，针对不同种类和参数的电场技术对非热杀菌效果进行优化处理，避免了传统热力和化学杀菌技术带来的问题，实现高效杀菌的同时，最大程度地保留果蔬的营养成分，为非热杀菌保鲜技术的跨越式变革提供助力。

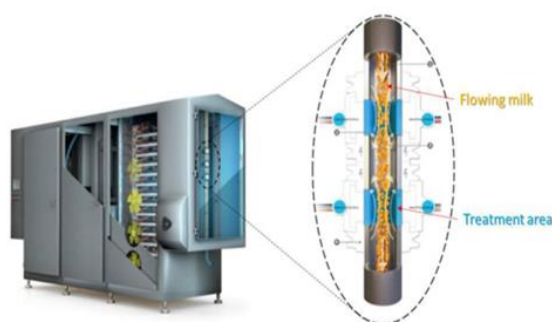


图 1 脉冲电场灭菌系统示意图

二、产品性能优势

项目主要对标目前炙手可热的“巴氏杀菌”，分别从以下三个方面具有明显优势。

（一）灭菌效果：巴氏灭菌只可以对牛奶中的原生菌进行杀灭，仍残留部分的耐热细菌及芽孢，因此只能在 2-6℃ 的温度下保存，且只能保存 2-7 天，这是目前巴氏杀菌所面临的重大短板。但是脉冲电场利用高压电场所引起的细胞形变，进一步导致细胞死亡，可以在 50 摄氏度以下的环境中，达到 99.99% 的灭菌效率，且不仅可以杀灭原生菌，对耐热菌以及芽孢同样具有较好的灭菌效果。

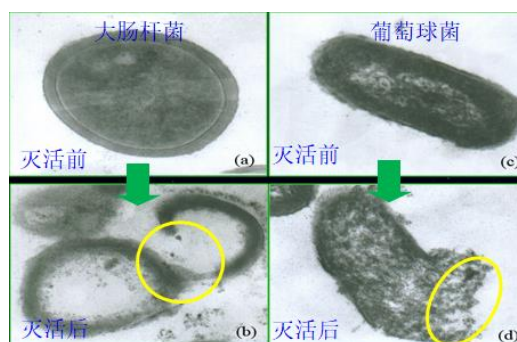


图 2 脉冲电场处理细胞电镜图

(二) 营养保留：脉冲电场灭菌技术作为一种低温灭菌技术，避免了热杀菌所带来的营养损失，经检测经过脉冲电场灭菌的牛奶对牛奶中所富含的蛋白质、维生素、乳糖等营养物质几乎没有损伤。

表 1 巴氏灭菌对比

项目	巴氏杀菌	新型脉冲电场灭菌锁鲜技术
乳清蛋白变形率	20%	5%
氨基酸损失率	15%	3%
微量活性蛋白	大部分已经失活	基本没有失活
维生素	损失 20%	损失 7%
可溶性钙磷	损失 25%	损失 10%

(三) 处理成本：经调研，处理相同流量的牛奶，脉冲电场灭菌装备成本的巴氏灭菌装备的 70%，因此，脉冲电场灭菌还是一种更为经济的处理方式。

项目前期基于放电等离子体核心技术，研制了三种类型的大气压放电等离子体源（平板型、沿面型、共轴型），揭示了等离子体产生和活性粒子调控机制（国科金青年、面上，博士后基金特别、面上，国家重点实验室基金 3 项），应用于细菌灭活（革兰氏阴/阳性、真菌、芽孢）（西安交大学科交叉基金，获得陕西省科技二等奖和陕西高等学校科技一等奖）、动物细胞处理（促进成纤维细胞增值、抑制肿瘤细胞增值）（中央基本科研业务专项基金）、种子杀菌干燥（科技部重点研发 2018YFD0700202，获得第九届西安交通大学创业实践大赛（“创客清远”杯）金奖）、果汁杀菌保鲜（广东省重点研发 2018B020239001，获得第九届西安交通大学创业实践大赛（“创客清远”杯）金奖）、空气消毒净化（国科金新冠应急专项 52041702，获得第十五届全国研究生电子设计大赛（商业赛道）金奖），共发表论文 60 余篇，其中 SCI 检索 32 篇，申报专利 40 件（发明 33，PCT 2，实用新型 5）。

三、市场前景及应用

随着科技水平和国民生活水平的提升，在保证食品安全的前提下，如今，越来越多的消费者对方便、优质、风味自然、口感醇厚、外观新鲜的食物更为青睐，对获得这种食物的最少化加工亦提出了更高的要求。另外，中共中央、国务院于 2016 年 10 月 25 日

印发实施《“健康中国 2030”规划纲要》，对食品制造加工业提出了新的要求，明确提出推进健康中国建设，因此，食品杀菌保鲜技术工艺面临着巨大机遇。

2014 年我国饮品市场约为 158 亿元人民币，同比增长率为 7%，全国饮料产量在 2014 年达到 166.99 万吨，国内牛奶产量在未来几年内将不断增长，2017 年以后牛奶产量突破 500 万吨，市场规模约 473.08 亿元，以后每年将以 10% 的增长速度增长，截止到 2022 年我国牛奶产量将达到 17254 万吨。

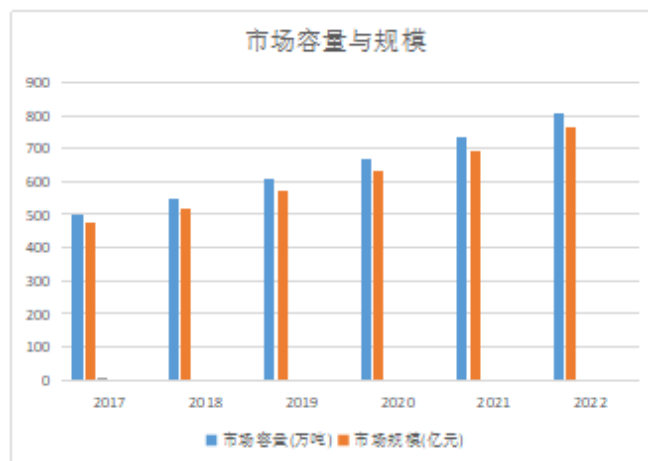


图 3 奶制品市场容量与规模

结合前期的市场调研，团队前期开发基于脉冲电场和低温等离子体的流体食品杀菌保鲜装置定位于各类果汁果类饮品加工制造企业、各类牛奶加工制造企业，以及研究院、高校等科研院所。

四、技术成熟度

☐概念验证 ☒原理样机 ☐工程样机 ☐中试 ☐产业化

本项目技术成熟度达到 5 级，已完成脉冲电场处理模块的设计与研发，以及大功率可调参数脉冲电源的研发与调试，开展了脉冲电场对柚子汁、牛奶的灭菌保鲜处理，获得了符合食品卫生安全标准的规律性效果，证明了项目方案可行性，为装置集成和参数优化奠定了基础。

第一阶段（已完成）：脉冲电场灭菌系统设计及搭建：

- 1、根据流场及电场仿真，并结合实验结果，设计最佳处理结构；
- 2、完成串联流场与并联电场的系统搭建；
- 3、特种高压脉冲电源的研发。

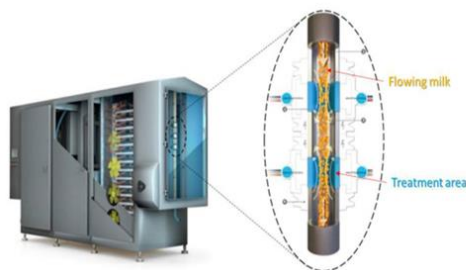


图 4 脉冲电场灭菌系统示意图

第二阶段（已完成）：测定灭菌效果，达到国家标准：

1、因牛奶中所含细菌数量较少，直接利用牛奶进行实验无法得出准确电场灭菌效果，因此首先利用菌悬液进行细菌杀灭实验，在 80L/h 的流速下对大肠杆菌、金黄色葡萄球菌等多种典型细菌进行杀灭实验，实验结果表明：脉冲电场灭菌效率大于 99.999%。

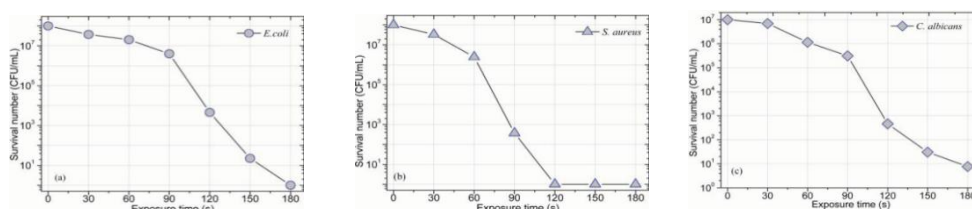


图 5 脉冲电场灭菌效果（左：大肠杆菌，中：金黄色葡萄球菌，右：白色念珠球菌）

2、对新鲜生牛乳进行灭菌处理，经检测，经过脉冲电场灭菌的生牛乳细菌含量均满足国家标准。

表 2 新鲜牛乳灭菌效果（数据来自西安阳光科仪检测中心）

沙门氏菌	/	GB 4789.4-2016	未检出/25mL
金黄色葡萄球菌	CFU/mL	GB 4789.10-2016 (第二法)	<1
志贺氏菌	/	GB 4789.5-2012	未检出/25mL

第三阶段（已完成）：实验室生产线的搭建与调试

在西安交通大学广东研究院的支持下，项目已于今年年初完成实验室生产线的搭建与开机调试（广东顺德），经测试，实验室生产线产出产品均满足国家标准。实验室生产线搭建得到西安交通大学广东研究院、上海瑞元机械制造有限公司、菠萝世家等公司的支持。



图 6 实验室生产线

五、合作方式

☐联合研发 ☐技术入股 ☐转让 ☐授权（许可） ☒面议

3. 冷链食品及其外包装等离子体消杀一体机

【团队负责人】 常正实

【所在学院】 电气工程学院

一、项目简介

（一）项目背景

新型冠状病毒（简称新冠病毒）在低温环境中存活时间长（可达数周~数月），自中国内地在进口冷链食品外包装中检出新冠病毒核酸阳性以来，疫情传播呈现出“从物到人”和“从人到人”并存的特征。随着确诊病例陆续出现，冷链食品及其外包装的病毒消杀成为当前疫情防控的焦点和保障相关从业人员安全的重点任务。如何消杀冷链食品及其外包装，以及采用何种消毒杀菌技术成为目前相关行业亟待解决的问题。

传统消毒杀菌技术如何消杀冷链食品及其外包装，以及采用何种消毒杀菌技术成为目前相关行业亟待解决的问题。术主要包括物理和化学杀菌。物理杀菌主要包括高温、微波及紫外线杀菌等。其中高温和微波杀菌、升温高，紫外线杀菌效果弱、时间长、存在死角，不适于冷链产品。化学杀菌常用强氧化性的消毒剂，如 84 消毒液、环氧乙烷等，存在异味、毒性残留问题，给食品、环境带来严重隐患，不适于食品及其外包装杀菌。鉴于现有消毒方法存在的问题，国内外不断探索新的低温消毒技术，包括射线、高压脉冲、臭氧、等离子体等。其中，放电等离子体被认为是最可行的新型非热消毒杀菌技术之一。

等离子体是通过大气压放电产生的物质第四态，富含荷电粒子、高活性成分、紫外线和臭氧等成分。等离子体消杀技术利用等离子体间接或直接与微生物作用，在分子水平上破坏微生物的有机结构，导致微生物代谢平衡失调，实现短时高效消毒灭菌。项目团队前期针对冷冻猪肉和鸡翅开展了模拟冷链食品的等离子体消毒杀菌研究，结果表明介质阻挡放电等离子体可在 90s 内杀菌率达 90% 以上。如上所述，由于等离子体综合了高活性粒子、紫外线和臭氧的消毒杀菌功能，通过后续研究和优化，研发针对冷链食品及其外包装的等离子体消杀技术和装备，能够有效阻断冷链产品传播新冠病毒及其未来新型病毒。

（二）项目简介

在此次疫情爆发的大背景下，本项目提出了一种基于等离子体技术的冷链食品及其外包装高效消杀一体机，解决新型冠状病毒在冷链产品中易存活、消杀难度大等瓶颈问题。结合前期研究结果，利用研发的等离子体消毒机对冷链食品及其外包装的消毒杀菌应用效果能够符合国家标准（GB 2707-2016、GB 4789-2016）。研发的技术和设备可广泛应用到冷链食品加工、物流、仓储、货物进出口等环节的消杀，切断病毒的冷链传播途径，保障冷链行业从业人员健康安全。

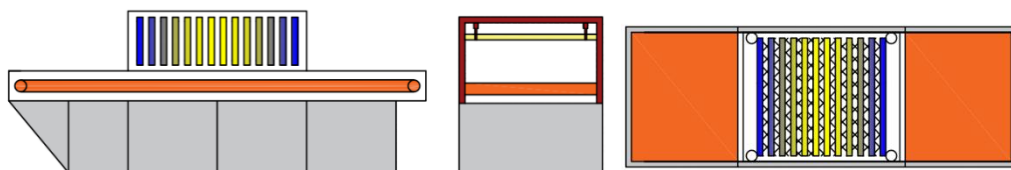


图 1 等离子体消杀装置示意图

二、产品性能优势

项目前期基于放电等离子体核心技术，研制了三种类型的大气压放电等离子体源（平板型、沿面型、共轴型），揭示了等离子体产生和活性粒子调控机制（国科金青年、面上，博士后基金特别、面上，国家重点实验室基金 3 项），应用于细菌灭活（革兰氏阴/阳性、真菌、芽孢）（西安交大学科交叉基金，获得陕西省科技二等奖和陕西高等学校科技一等奖）、动物细胞处理（促进成纤维细胞增值、抑制肿瘤细胞增值）（中央基本科研业务专项基金）、种子杀菌干燥（科技部重点研发 2018YFD0700202，获得第九届西安交通大学创业实践大赛（“创客清远”杯）金奖）、果汁杀菌保鲜（广东省重点研发 2018B020239001，获得第九届西安交通大学创业实践大赛（“创客清远”杯）金奖）、空气消毒净化（国科金新冠应急专项 52041702，获得第十五届全国研究生电子设计大赛（商业赛道）金奖），共发表论文 60 余篇，其中 SCI 检索 32 篇，申报专利 40 件（发明 33，PCT 2，实用新型 5）。

本项目基于前期研究基础，以放电等离子体技术为核心，研制针对冷链食品及其外包装表面消杀装备，实现冷链食品及其外包装在开放环境下的连续、高效、短时消杀，可解决新型高危疫情爆发时技术装备缺乏的问题。

三、市场前景及应用

（一）应用市场需求和必要性

项目主要目标市场为各类作物种子加工干燥贮存企业、各类浆果干燥杀菌贮存企业以及各高校、研究院等科研院所。涉及的应用市场是必须性市场，一旦启用该技术，在需求侧也必然深受欢迎。

（二）应用市场分析

1. 应用市场需求和必要性

项目主要目标市场为冷链食品的加工、物流、仓储、货物进出口等领域的病毒消杀，为冷链产业、海关检测提供有力支撑。涉及的应用市场是必须性市场，一旦启用该技术，必然是强制性介入，在需求侧也必然深受欢迎。

2. 应用市场分析

（1）冷链物流产业

据中物联冷链委资料，《2019-2025 年中国冷链物流行业市场》报告中指出，预计中国冷链市场规模将在 2025 年达到 5220 亿元，2018 年至 2025 年的年复合增长率为 8.5%。

此次疫情爆发促使国内外食品行业更加重视食品质量和安全问题，因此冷链食品的高效消杀成为当务之急。面对如此庞大的冷链产业需求，传统化学、辐照杀菌均存在严重缺陷，而等离子体技术具有绿色无毒、快速高效、低能耗、无死角消杀的优势，应用前景广阔。

（2）海关进出口检测

疫情期间，食品表面及其外包装都有可能被病毒污染。新冠病毒在低温条件下存活时间长，因此进口冷链产品成为新冠病毒跨境传播的重要载体。截至 2021 年 1 月 13 日，全国口岸已对 1317 万件进口冷链食品外包装进行预防性消毒，在抽检的 1295692 个样本，检出核酸阳性 47 个。因此，我国急需加大对进口冷链食品及其外包装的新冠病毒核酸检测，并进行及时消杀。此时，效率高、速度快的等离子体技术，毫无疑问是海关消杀工作的重要选择。

四、技术成熟度

☐概念验证 ☒原理样机 ☐工程样机 ☐中试 ☐产业化

本项目技术成熟度达到 5 级，已完成等离子体消毒模块的设计和研发，开展了等离子体对冷冻猪肉和鸡翅的消毒灭菌实验研究，获得了符合食品卫生安全标准的规律性效果，证明了项目方案可行性，为装置集成和参数优化奠定了基础。

五、合作方式

☐联合研发 ☐技术入股 ☐转让 ☐授权（许可） ☒面议

4. 精量水肥气集成控制系统产品和设备

【团队负责人】 魏正英

【所在学院】 机械工程学院

一、项目简介

通过 863 “智能灌溉控制技术”课题的研究，解决了大田和温室大棚作物灌溉过程中，水、肥信息的精确诊断和水肥供给过程中的精确控制问题，基于信息采集、传输技术、变频与多路分区控制技术相结合，建立智能诊断控制灌溉技术系统，开发决策支持软件；形成完整的适合于大田和大棚中实现智能诊断控制灌溉系统的技术与方法，用先进的高新技术作支撑，提高灌溉系统的自动化、智能化和信息化水平，使节水、增产、增收效益最大化。

二、产品性能优势

- 1、数字化控制精确注肥比例
- 2、模块化组合，适应不同的作物需求，降低使用成本
- 3、工作压力范围大，可达 4bar
- 4、耐腐蚀，耐高温，自润滑
- 5、运行过程中随时调节注肥比例
- 6、操作简单，工作噪音小

三、市场前景及应用

节水精量施肥灌溉控制系统和设备可以根据环境、UR 昂、作物种类及生长期等不同情况，进行智能化灌溉，控制精度高，控制性能优异，可形成不同应用场和使用的智能型、自动型和普及型水肥控制灌溉装置。

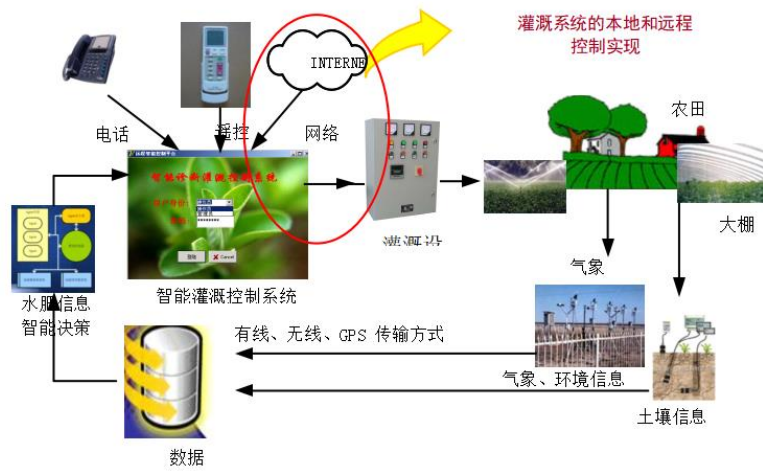
四、技术成熟度

☐概念验证 ☐原理样机 ☒工程样机 ☐中试 ☐产业化

五、合作方式

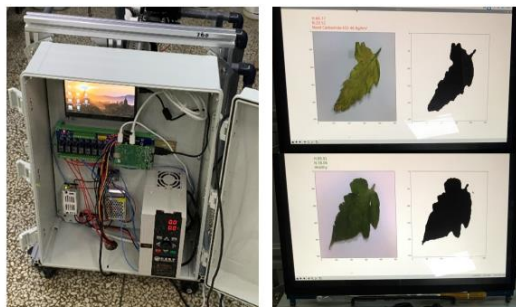
☐联合研发 ☐技术入股 ☐转让 ☐授权（许可） ☒面议

附图



智能水肥精量灌溉控制系统图





FDCM-21-200/A 型主要技术性能指标

名称	技术性能指标	名称	技术性能指标
决策系统电压	5/3.3V	缺肥类型	缺氮、磷、钾及正常
决策模型精度	95%以上	施肥决策时间	8.1s 以内
图像分割精度	96%以上	决策模型大小	17.1M
环境要求	远程/现场	摄像头帧数	60 帧/秒
质量（毛重）	10kg	连续运行时间	10h
工作相对湿度	<85%	外形尺寸（长×宽×高）	400×300×200

作物叶片分割和信息提取

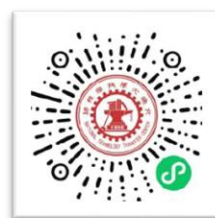




技术经理人



西安交通大学
国家技术转移中心



创新港科技成果超市