



廈門大學
XIAMEN UNIVERSITY

科技成果汇编



廈門大學科技處
2023年4月

目 录

电子信息和人工智能领域

物理科学与技术学院 陈松岩团队.....	1
团队介绍.....	1
成果：TFT-LCD 液晶屏缺陷工业检测机器人.....	2
电子科学与技术学院 陈忠团队.....	5
团队介绍.....	5
成果：医学影像的智能处理、融合和分析.....	6
电子科学与技术学院 郭东辉团队.....	8
团队介绍.....	8
成果：类脑神经网络处理器芯片设计与应用研究.....	9
电子科学与技术学院 游佰强团队.....	13
团队介绍.....	13
成果一：面向现代通信和导航领域多应用兼容天线设计技术.....	14
成果二：现代天线设计制作的极化控制技术.....	15
成果三：阵列天线布阵及方向图技术.....	16
航空航天学院 林麒团队.....	17
团队介绍.....	17
成果：绳牵引并联康复机器人技术研究.....	18
航空航天学院 刘瞰东团队.....	20
团队介绍.....	20
成果一：基于工业机器人的智能生产线.....	21
成果二：基于大数据的远程水质监测与分析.....	23
成果三：多机器人物流拣选调度智能系统.....	25
成果四：基于大数据与深度挖掘的工业机器人健康状态评估.....	26
成果五：人工智能与机器视觉定位.....	27
航空航天学院 彭侠夫团队.....	30

团队介绍.....	30
成果一：基于视觉与惯性定位的自主导航 AGV 装置研发.....	31
成果二：机械臂无模型视觉反馈控制及其自适应操作应用研究.....	34
航空航天学院 卿新林研究团队.....	40
团队介绍.....	40
成果：重大装备结构健康监测系统.....	41
海洋与地球学院 张宇团队.....	45
团队介绍.....	45
成果：基人工智能的小型水下机器人探测与识别技术.....	46
信息学院 洪青阳团队.....	48
团队介绍.....	48
成果一：智能声纹识别系统.....	49
成果二：人机语音交互关键技术.....	49
信息学院 丁兴号团队.....	51
团队介绍.....	51
成果一：恶劣成像环境下图像目标检测、识别与跟踪系统.....	52
成果二：基于深度学习的智能计算 MR 成像.....	54
成果三：基于生成图像数据的水下目标检测与识别.....	55
成果四：基于深度学习和压缩感知理论的新体制水下光学成像.....	56
信息学院 黄联芬团队.....	57
团队介绍.....	57
成果一：基于云平台的虚拟助手可视对讲终端.....	58
成果二：特定区域无人驾驶系统.....	59
成果三：AR 医学模型教学系统.....	60
成果四：多模态人脸活体检测技术.....	61
信息学院 纪荣嵘团队.....	65
团队介绍.....	65
成果一：支持大数据理解的头戴式无障碍呈现技术装备与云服务平台.....	66
成果二：高可信强智能的心脑血管疾病诊疗服务模式解决方案.....	67
成果三：面向两岸热点事件的社交多媒体大数据协同感知与计算.....	68

信息学院 李军团队	70
团队介绍.....	70
成果：大规模城市三维点云智能处理基础支撑平台.....	71
信息学院 李绍滋团队	73
团队介绍.....	73
成果一：基于人脸与人体姿态分析的智能视觉关键技术及其产业化.....	74
成果二：以健康状态为核心的中医人工智能辅助诊疗服务平台与应用示范研究.....	75
成果三：基于多组学信息的前列腺癌人工智能诊疗系统与应用示范.....	77
成果四：基于社会群体智能的跨媒体内容感知与推理云平台.....	78
信息学院 王程团队	80
团队介绍.....	80
成果一：基于移动激光扫描的室内高效三维建模.....	81
成果二：城市交通脑.....	82
信息学院 张德富团队	84
团队介绍.....	84
成果一：我知盘中餐大数据平台.....	85
成果二：智能点餐.....	86
成果三：智能配送系统.....	87
成果四：智慧课堂系统.....	88
成果五：智能切割系统.....	89
成果六：首席装箱系统.....	90
信息学院 吴清峰团队	92
团队介绍.....	92
成果一：i望中医：健康咨询及中医“四诊”辅助诊疗机器人.....	93
成果二：智慧物流云平台.....	94
信息学院 姚俊峰团队	96
团队介绍.....	96
成果一：VR 智能建模技术攻关项目.....	97
成果二：基于健康大数据的 AI 医疗辅助与训练系统.....	98
成果三：复杂工业过程企业能效监测评估及优化控制系统应用.....	100

医学院 刘祖国团队.....	102
团队介绍.....	102
成果：全自动眼病诊断系统研发.....	103
化学化工学院 洪文晶团队.....	105
团队介绍.....	105
成果一：列车变频空调智能控制系统设计方案.....	106
成果二：基于人工智能的船舶动力系统故障预测与健康健康管理.....	106
萨本栋微米纳米科学技术研究院 李静团队.....	108
团队介绍.....	108
成果一：一种类金属与金属复合空心腔阵列结构.....	109
成果二：一种 ZnO 球形空壳结构纳米颗粒阵列的制备方法.....	109
成果三：一种硅基三维微电池纳米电极结构.....	110

先进制造领域

航空航天学院 孙道恒团队.....	111
团队介绍.....	111
成果一：针尖诱导批量纳米纤维生产设备.....	112
成果二：流体包轴喷印.....	113
成果三：非接触式液体微量喷射配给设备的研究与开发.....	114
成果四：微纳 3D 打印机.....	115
成果五：船舶与海上工程平台减摇.....	116
成果六：高速高精密喷射点胶阀.....	117
成果七：谐振式压力传感器.....	118
成果八：SiC 高温压力传感器.....	118
成果九：高精度 MEMS 陀螺仪.....	119
成果十：柔性压力/温度传感阵列.....	121
成果十一：颅内压力传感器的研究与制备.....	121
航空航天学院 周伟团队.....	123

团队介绍.....	123
成果一： 高效制氢与燃料电池技术.....	124
成果二： 高效传热散热技术.....	124
成果三： 柔性传感器与智能机器人技术.....	125
信息学院 孙海信团队.....	126
团队介绍.....	126
成果： 感知腔体形变传感器复位检测装置.....	127

海洋技术领域

海洋与地球学院 王克坚团队.....	128
团队介绍.....	128
成果： 新型海洋动物抗菌肽的研发与应用.....	129
海洋与地球学院 柯才焕团队.....	132
团队介绍.....	132
成果一： 贝类遗传育种与健康养殖.....	133
成果二： 日本囊对虾遗传育种.....	134
成果三： 蟹类工厂化养殖技术.....	135
成果四： 潮间带滩涂养殖鱼类的生态生理研究.....	136
成果五： 海洋动物营养免疫研究及其功能性配合饲料研发.....	137
成果六： 大黄鱼基因组选择育种.....	138
海洋与地球学院 陈军团队.....	139
团队介绍.....	139
成果： 海绵及其共附生微生物的高值化利用.....	140
海洋与地球学院 严晓海团队.....	142
团队介绍.....	142
成果一： 中深层海洋遥感与全球气候变化.....	144
成果二： 卫星海洋遥感及其大数据应用.....	145
海洋与地球学院 李忠平团队.....	148

团队介绍.....	148
成果一：以固有光学量为核心的水色遥感研究体系开发.....	149
成果二：水色辐亮度测量方法改进.....	150
海洋与地球学院 商少平团队.....	151
团队介绍.....	151
成果一：风暴潮系列项目.....	152
成果二：海洋监测设备适用性检验规范及海上试验研究.....	153
海洋与地球学院 张宇团队.....	154
团队介绍.....	154
成果一：海豚声呐物理机理和仿生应用研究.....	155
成果二：河口-浅海高频声层析温流在线监测.....	155
成果三：生物声带振动发声物理机理研究.....	156
海洋与地球学院 童峰团队.....	158
团队介绍.....	158
成果：AMLink 系列水声通信机.....	159
海洋与地球学院 冯丹青团队.....	161
团队介绍.....	161
成果：环境友好型海洋防污涂料.....	162
环境与生态学院 洪华生团队.....	164
团队介绍.....	164
成果：厦门大学海洋监测与信息服务平台.....	165
环境与生态学院 黄凌风团队.....	167
团队介绍.....	167
成果一：封闭海湾典型生境物理修复和生物修复的关键技术研究集成示范.....	168
成果二：高污染海洋浅水湿地生物修复的关键技术研究集成示范.....	169
化学化工学院 侯旭团队.....	172
团队介绍.....	172
成果：基于自焦耳热效应的碳纳米管抗腐蚀复合膜器件的海水淡化研究.....	173

化学化工领域

化学化工学院 杨防祖团队.....	174
成果一：超高耐蚀彩色镀铬膜.....	174
成果二：钢铁基体无氰预镀铜工艺.....	174
成果三：纯钯、闪镀钯、钯镍(白钢)和钯钴电镀.....	175
成果四：化学沉镍、化学沉金复合工艺及技术.....	176
成果五：电铸镍、电铸铜及其复合镀技术.....	177
化学化工学院 方维平团队.....	178
团队介绍.....	178
成果一：油品加氢脱硫和脱金属催化剂.....	179
成果二：特殊形貌氧化铝研制及其应用.....	179
成果三：丙烷脱氢 PtSn/Al ₂ O ₃ 催化剂.....	180
成果四：反应动力学及催化剂级配数学模型.....	180
化学化工学院 尹应武团队.....	181
团队介绍.....	181
成果一：能源化工——安全清洁新型燃油.....	182
成果二：绿色化工——水溶性生物基大分子磺酸盐成果转化及系列产品生产与应用示范.....	185
化学化工学院 叶李艺团队.....	187
成果一：土壤改良剂及其应用技术.....	187
成果二：柚子皮的综合利用技术.....	187
成果三：生物质快速直接液化制生物油技术.....	188
成果四：生物基酚醛树脂胶粘剂.....	189
化学化工学院 高景星团队.....	190
团队介绍.....	190
成果一：合成(S)-(-)-1-乙基-2-氨基吡咯烷的新方法.....	191
成果二：(S)-(+)-3-羟基四氢呋喃的生产方法.....	192
成果三：(R)-(+)-4-羟基-2-吡咯烷酮的合成方法.....	193
化学化工学院 洪满水、黎四芳团队.....	194

成果一：乙烯基吡咯烷酮（NVP）和聚乙烯吡咯烷酮(PVP).....	194
成果二：月桂酰肌氨酸钠.....	194
成果三：多功能有机硅憎水剂.....	195
成果四：对苯二甲酸（TPA）合成对苯二甲酸二异辛酯（DOTP）新型催化剂.....	196
成果五：利用聚酯废弃物生产新型增塑剂 DOTP 的催化剂.....	197
化学化工学院 吐松团队.....	198
成果一：对叔丁基苯酚生产技术.....	198
成果二：乙氧基喹啉生产技术.....	198
成果三：叔丁基对苯二酚（TBHQ）生产技术.....	199
成果四：绿色表面活性剂烷基糖苷（APG）生产技术.....	200
成果五：4-羟基香豆素生产技术.....	200
成果六： γ -烷基-丁内酯(椰子醛、桃醛).....	201
化学化工学院 王野团队.....	203
团队介绍.....	203
成果一：合成气直接转化制烯烃、芳烃等大宗化学品.....	204
成果二：二氧化碳直接加氢制低碳烯烃.....	205
成果三：低碳烷烃选择氧化制低碳烯烃.....	206
成果四：甲醇光/电催化制乙二醇.....	207
成果五：生物质定向转化制乳酸等重要化学品.....	209

生物医药领域

公共卫生学院 夏宁邵团队.....	211
团队介绍.....	211
成果一：宫颈癌疫苗产业化.....	213
成果二：重组戊型肝炎疫苗国际化.....	213
成果三：新型水痘减毒活疫苗的产业化.....	214
成果四：基于溶瘤病毒的肿瘤治疗性疫苗探索.....	215
成果五：治疗性乙肝疫苗的探索.....	218

医学院 刘祖国团队	219
团队介绍.....	219
成果：眼科新药研究开发平台.....	220
医学院 李炜团队	223
团队介绍.....	223
成果：组织工程角膜上皮的基础研究和临床应用.....	224
药学院 张晓坤团队	225
团队介绍.....	225
成果一：海洋来源化合物 YXY211 抗三阴性乳腺癌临床前研究.....	226
成果二：抗肿瘤靶点新药 K-80003 开发.....	227
成果三：抗肥胖药物开发.....	228
药学院 周强团队	229
团队介绍.....	229
成果：基于深海活性物质的 HIV-1 新药物研发及关键技术.....	230
海洋与地球学院 陈铭团队	231
团队介绍.....	231
成果：蜂海绵骨针作为一种新型生物医学材料的应用.....	232
材料学院 戴李宗团队	236
团队介绍.....	236
成果：天然小麦蛋白的复合改性方法.....	237
化学化工学院 卢英华团队	238
团队介绍.....	238
成果：重组大肠杆菌生产磷脂酶 D 及转酯化产品开发.....	239

新材料领域

化学化工学院 洪文晶团队	240
团队介绍.....	240
成果一：石墨烯复合光催化自清洁涂层.....	241

成果二：芯片封装用抗静电复合材料.....	242
化学化工学院 侯旭团队.....	243
团队介绍.....	243
成果：仿生液体复合膜材料.....	244
化学化工学院 尹应武团队.....	245
团队介绍.....	245
成果：纳米碳酸钙、硫酸钙及其原位改性产品生产及应用推广.....	246
物理科学与技术学院 张峰团队.....	248
团队介绍.....	248
成果：碳化硅紫外光电探测器.....	249
材料学院 戴李宗团队.....	250
团队介绍.....	250
成果一：导电聚合物/纳米碳复合载体及抗中毒催化剂.....	251
成果二：功能性载体高分子微球.....	251
成果三：水性薄涂型钢结构防火涂料.....	252
成果四：无卤阻燃型聚氨酯保温材料.....	253
成果五：水性阻燃隔热保温材料.....	253
成果六：聚合物的无卤阻燃技术.....	254
成果七：一种透气保健鞋底材料的制备工艺及其鞋底的设计.....	255
成果八：磷、氮、硅协同阻燃的环氧树脂.....	256
成果九：丙烯酸系高吸水性树脂.....	256
成果十：POSS-环氧-碳纤维复合材料.....	257
成果十一：导电聚苯胺及其衍生物.....	258
成果十二：表面修饰导电聚合物的单分散高分子微球.....	259
成果十三：聚合物膜修饰电极电化学传感器.....	260
材料学院 解荣军团队.....	261
团队介绍.....	261
成果一：8K超高清显示器液晶背光源用新型发光材料.....	262
成果二：大功率激光照明用新型发光材料.....	262
电子科学与技术学院 游佰强团队.....	264

团队介绍.....	264
成果：新型人工电磁材料的开发与应用（左右手复合材料）.....	265

新能源和节能环保领域

化学化工学院 尹应武团队.....	266
团队介绍.....	266
成果：环保节能装备——模拟“龙卷风”技术及高效节能装备.....	267
化学化工学院 赵金保团队.....	270
团队介绍.....	270
成果：电动汽车动力电池用高安全功能隔膜的技术开发与产业化.....	271
化学化工学院 杨勇团队.....	273
团队介绍.....	273
成果一：新型锂电池多功能添加剂及功能电解液.....	274
成果二：高比能锂离子电池正极材料.....	274
成果三：铅碳电池技术.....	276
化学化工学院 董全峰团队.....	277
团队介绍.....	277
成果一：锂空电池及关键材料.....	278
成果二：锂硫电池及关键材料.....	279
成果三：基于 POMs 的新型储能材料.....	280
成果四：金属锂负极.....	281
能源学院 林鹿团队.....	282
团队介绍.....	282
成果一：秸秆制纤维素乙醇与航空燃油技术.....	283
成果二：环保型生物质组分分离产业化技术.....	283
成果三：海洋活性功能糖（低聚木糖）研究.....	284
成果四：海洋紫球藻联产花生四烯酸与藻红蛋白.....	286
能源学院 王兆林团队.....	289

团队介绍.....	289
成果一：第三代高效太阳能电池的研发.....	290
成果二：多晶硅真空感应熔炼除磷连续化生产关键技术及其产业化.....	291
能源学院 李君涛团队.....	293
团队介绍.....	293
成果：高性能动力电池电极材料研发.....	294
航空航天学院 张建寰团队.....	296
团队介绍.....	296
成果一：OBC（充电机）+DC-DC 二合一集成车载电源.....	297
成果二：客车电源智能管理系统.....	297
成果三：一种光伏组件输出 P-V 特性优化装置和其控制方法.....	298
成果四：桥式模块化开关电型五电平自平衡逆变器.....	299
成果五：动态电压调节器（DVR）及其智能控制.....	299
成果六：开关电容型电力电子变压器.....	300
航空航天学院 王培勇团队.....	301
团队介绍.....	301
成果一：户外便携式高功率无缝切换供电系统.....	302
成果二：动力电池模热管理性能模拟.....	303
成果三：动力电池热物性参数测量.....	305
成果四：动力电池包液冷结构优化设计.....	305
信息学院 姚俊峰团队.....	307
团队介绍.....	307
成果：复杂工业过程企业能效监测评估及优化控制系统应用.....	308
建筑与土木工程学院 王绍森团队.....	310
团队介绍.....	310
成果：绿色建筑与节能示范平台.....	311

厦门大学科技处
 电话：0592-2185633
 传真：0592-2180407
 邮箱：std@xmu.edu.cn
 网址：<https://std.xmu.edu.cn/>

电子信息和人工智能领域

物理科学与技术学院 陈松岩团队

团队介绍

	姓名	首席个人简介	
首席科学家	陈松岩	1995 年起在厦门大学任教至今,在俄罗斯莫斯科国立大学物理系作一年访问学者。曾获福建省科技进步二等奖,厦门市科技进步三等奖。承担国家重点基金项目、国家基金项目、国家教育部优秀青年骨干教师项目等,发表论文 100 余篇,现任福建省物理学会常务理事。	
团队成员	陈思华	系统架构师	项目经理
	黄海明	软件工程师	研发主管
	何俊杰	软件工程师	硕士生
	肖可	软件工程师	硕士生
	刘畅	软件工程师	硕士生
	洪亚德	软件工程师	研发主管
	王士奇	机械电气工程师	研发主管
联系人/联系方式	厦大科技处 0592-2185633		
首席照片			
			

成果：TFT-LCD 液晶屏缺陷工业检测机器人

一、项目简介

随着工业技术的快速发展，大尺寸、高分辨率、窄边框的液晶屏成为计算机、电视、手机等不可或缺的显示设备。薄膜晶体管液晶显示器(TFT-LCD)设备已经成为显示器工业的主流技术。由于其复杂的制作工艺，视觉缺陷检测已经成为一项极其重要的步骤。大部分的 TFT-LCD 组件集成了大量复杂的电子线路，其有缺陷的地方可能小于 0.01mm^2 并且很容易被周围的线路遮挡覆盖。缺陷包括断点和脏污等，特征具有很低的对比度，模糊的边缘，甚至连人眼都很难分辨出来。为了减少数据处理量，提高检测速度，视觉检测系统通常取得是单通道的 TFT-LCD 工业图像。图像色彩偏于黯淡，像素间的特征相关性减弱。

近年来，机器视觉已经在工业检测上取得了巨大的进步。大多数视觉系统已经达到稳定，快速和自动化的程度，但是对于复杂的图像，它们仍然有很大的误报率。因此，高效率，高精度的自动检测系统是使薄膜晶体管液晶显示器(TFT-LCD)设备能够保持竞争力的关键。

随着人工智能的发展，深度神经网络算法已经被成功运用在工业检测领域，并取得显著的效果。但是传统的神经网络算法只能用于图像的分类，不能精确地对目标缺陷进行检测和定位，这给人工智能在工业检测系统上的应用造成了一定的瓶颈。项目提出了基于快速区域神经网络(Faster R-CNN)算法对液晶屏电路板的缺陷进行识别和定位，利用实际采集的电路板图像数据构建数据集对算法进行验证，详细分析了网络层深度及卷积核大小对检测效果的影响。实验结果表明，采用 3×3 小尺寸的卷积核和 16 层网络深度的 Faster R-CNN 结构取得最好的效果，对多种类别的液晶屏电路板缺陷识别定位达到平均每张 0.12s 的识别速度和 94.6% 的准确率。

二、前期研究基础

项目组主要成员自 2004 年以来一直从事自动光学检测领域研发工作，融合国际先进的自动光学检测技术和国内的电路板贴片生产实际情况，充分考虑国内的实际生产环境和人员操作情况，研发出 Otek 品牌系列 AOI 产品，自 2005 年投入市场以来，受到众多用户的好评。为我国 PCB AOI 产品领域的国产化进程做出了重要贡献。2008 年以来，随着液晶显示行业高速发展，根据市场要求，陆续推出了柔性电路板自动光学测距仪、手机面板检测仪、液晶屏模组检测仪、台阶电极自动检测机等一系列光学检测产品。特别地在台阶电极自动检测机领域，运用自主研发的显微图像采集系统，配合独创的智能化图像识别算法，可检测液晶屏上尺寸为 $1\times 1\ \mu\text{m}$ 的微小缺陷，作为国内领先技术，获得了用户高度认可。团队拥有 30 多项专利和 20 多项软件著作权。在工业检测多年的发展沉淀过程中，以实现精准、快速、高效、智能化的工业自动检测为发展目标；

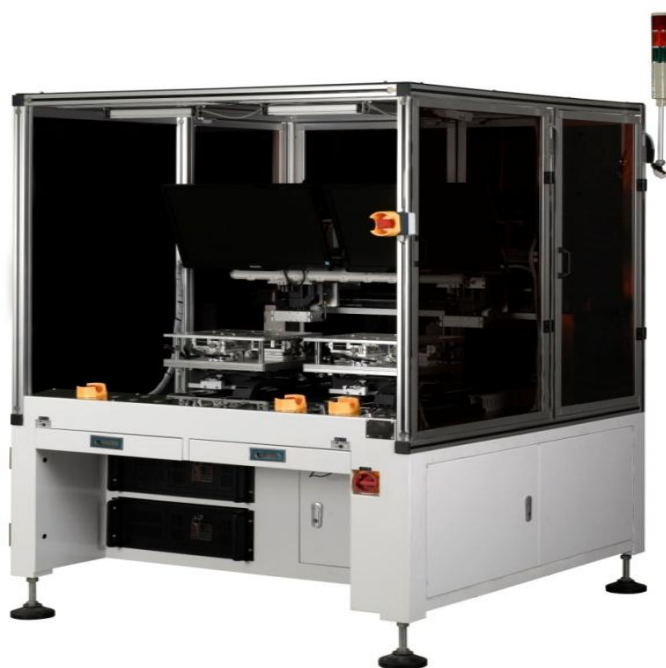
在传统的目标检测算法中，许多算法已经成功应用于工业图像处理中，取得良好的识别效果。Lowe 的 SIFT 算法提取图像的特征，它具有旋转、缩放和亮度不变性，并保持对噪声数据的稳定性。Dalal 和 Triggs 提出了梯度直方图(HOG)为特征的局部梯度方向与梯度强度分布图像描述符。Serikova 等提出的能量检测，具有检测信号之间的间隔期间的突发噪声。近年来，随着人工智能，特别是深度学习的兴起，在制造业中，利用卷积神经网络(CNN)对合格产品进行分类已经取得了令人印象深刻的效果。卡尔德隆和 CAMPOY 开发卷积自上而下螺旋结构生成数字滤波器。Xiao Lim 等人利用多尺度完全卷积网络检查飞机发动机部

件。

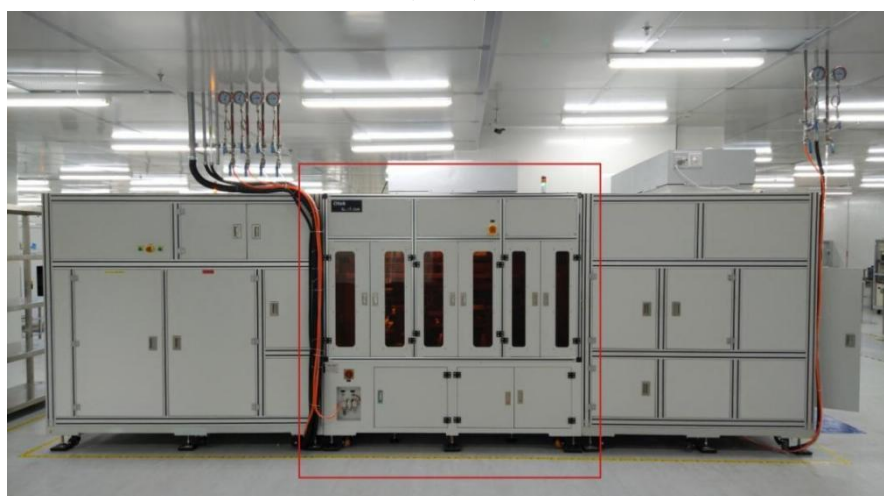
三、应用技术成果

TFT-LCD 缺陷工业检测机器人项目，团队自主研发包括基于深度学习的图像识别引擎、微米级光学平台、自动机械手臂、运动控制等在内的在线缺陷检测系统，实现精确、高效、可靠的完全替代人工的缺陷检测，保证了产品质量，作为国内领先技术，获得了用户高度认可。

项目团队提出了基于快速区域神经网络（Faster R-CNN）算法对液晶屏电路板的缺陷进行识别和定位，利用实际采集的图像数据构建数据集对算法进行验证，对比分析了网络层深度及卷积核大小对检测效果的影响。实验结果表明，采用 3×3 小尺寸的卷积核和 16 层网络深度的 Faster R-CNN 结构取得最好的效果，对多种类别的液晶屏电路板缺陷识别定位达到平均每张 0.12s 的识别速度和 95% 的准确率。



设备图



设备应用场景照

项目核心技术与创新点：

1、创新的专用图像识别引擎：自主研发识别引擎，融合了快速区域神经网络算法、模板匹配、共生灰度识别、差异分析等等图像处理算法，充分挖掘CPU/GPU等数据处理能力，智能并高效识别各类缺陷。对高分辨率图片的检测高稳定、高准确。

2、独特的高精度图像采集系统：为获取清晰、有效的高精度图像，采用了自主设计的特殊的图像采集系统，配置高分辨率相机、高亮度白色点光源、以及具有真空吸附功能的高精度载台，在图像采集中虚化液晶屏顶层缺陷、微颗粒、气泡等干扰，保证了采集到的高清晰目标图像，检测分辨率最高可达1微米/像素。

3、稳定高速采集系统：为提高检测速度，设计一套高速采集系统，使单片检测时间 ≤ 20 秒。

四、合作企业

合作企业厦门福信光电集成有限公司(母公司为福信集团有限公司——中国民生银行的大股东)成立于1999年1月，是集技术研究、产品设计、生产、销售于一体的高新技术企业。公司拥有一批从事光电器件、计算机软件和通信技术研究的教授和年轻博士，配备齐全的研发、生产、检测设备。公司与国内外著名的科研院校建立了长期合作关系，致力于实现科技成果的产业化，分别在光通信接入产品、自动化线路板检测设备等方面获得多项认证，成果显著。

公司拥有国家级高新技术企业、厦门市科技小巨人领军企业、厦门市创新型企业、厦门市专精特新中小企业、双软企业等称号，拥有30多项专利和20多项软件著作权。在工业检测多年的发展沉淀过程中，以实现精准、快速、高效、智能化的工业自动检测为宗旨，坚持“需求创新”与“技术创新”双轮驱动，为智能制造企业的不同生产线“量身定制”自动化工业检测机器人，不断拓宽产品应用领域，包括显示屏、光伏、汽车零部件、电路板、纺织机械、手机检测等，以自身的不懈努力，不断为中国智能制造的产业升级添砖加瓦。

电子科学与技术学院 陈忠团队

团队介绍

	姓名	首席个人简介	
首席科学家	陈忠	陈忠教授，电子科学与技术学院主持工作副院长。2007年起为闽江学者特聘教授，享受国务院政府特殊津贴专家。现为中国物理学会理事(2007年始)，中国波谱学专业委员会副主任委员(2004年始)，福建省等离子和磁共振研究重点实验室主任，福建省半导体照明工程技术研究中心主任，福建省半导体照明与显示行业开发基地主任，福建省光电应用产业技术创新战略联盟副理事长。	
团队成员	蔡淑惠	教授	系副主任
	蔡聪波	教授	
	屈小波	副教授	
	董继扬	教授	
	冯江华	教授	
联系人/联系方式	厦大科技处 0592-2185633		
首席照片			
			

成果：医学影像的智能处理、融合和分析

一、项目简介

磁共振成像以其具有多模态成像、高分辨及无辐射伤害等优点，在临床医学影像中具有无可替代的地位。然而较慢的成像速度及易受各种伪影干扰是其主要缺点。另一方面，随着临床上对磁共振成像需求的急剧增长，诊断医生的缺口越来越大，并严重影响病人得到及时、准确的诊断。因此，在磁共振成像中引入以深度学习为代表的智能技术，一方面用于加速成像采集速度及提高成像质量，另一方面用于进行智能诊断，解决临床医生人力不足、误诊率较高的问题。

二、前期研究基础

基于我们在磁共振成像方法设计、超分辨率重建及临床应用等方面的跨学科研究优势，我们利用深度学习技术对磁共振成像的各个方面进行整合优化设计，并取得许多重要的初步成果，具有良好的前期工作基础。

三、应用技术成果

我们在深度学习与超快速磁共振成像方面的结合进行了深入研究，并取得许多重要成果。我们研究了基于深度学习的超快速多参数磁共振成像重建，并取得良好的效果，如图 1 所示。我们还研究了利用深度学习对磁共振成像进行无参考扫描的扭曲校正，如图 2 所示。

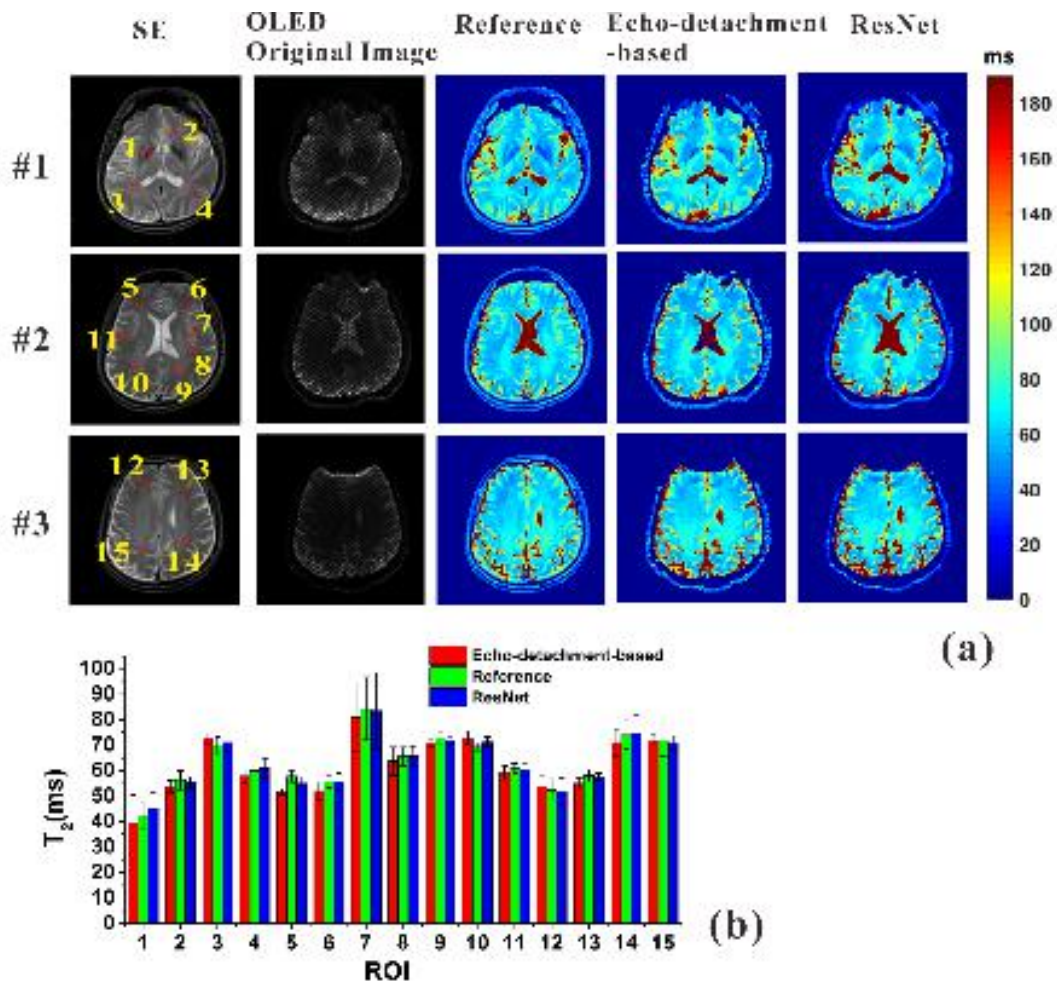


图 1 不同重建方法获得的 T2 定量成像

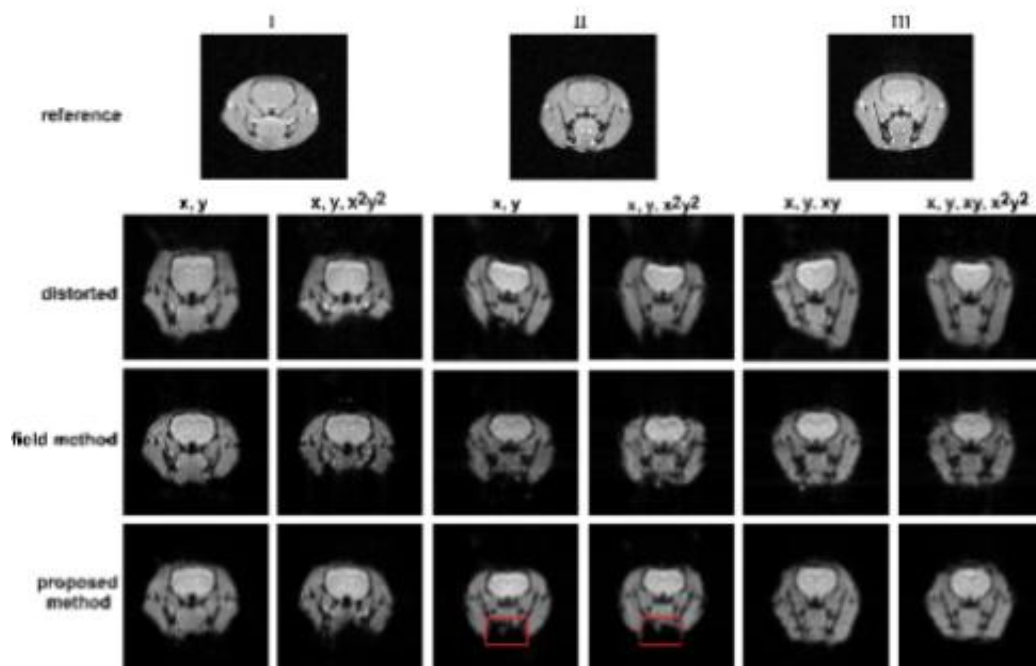


图 2. 利用深度学习进行的无参考扫描扭曲校正算法

四、合作企业

与厦门主要三甲医院及东软医疗等国内医学影像龙头企业建立实质性产学研合作，与福建国民商用软件股份有限公司在智能医学诊断方面的良好的合作。

电子科学与技术学院 郭东辉团队

团队介绍

	姓名	首席个人简介	
首席科学家	郭东辉	郭东辉教授,主要研究方向:人工智能(神经网络)、网络通讯(信息安全)、集成电路设计(功率器件、微纳电子、生物传感)	
团队成员	施芝元	教授	
	周剑扬	副教授	
	廖英豪	副教授	
	王云峰	副教授	
	李琳	副教授	
	吴晓芳	副教授	
	侯芳	助理教授	
	郭杰锋	助理教授	
	贺珊	工程师	
	李思照	博士生	
	吴阳冰	博士生	
	联系人/联系方式	厦大科技处 0592-2185633	
首席照片			
			

成果：类脑神经网络处理器芯片设计与应用研究

一、项目简介

随着 AlphaGo 及其 Zero 的相继推出，近年来以神经网络计算为基础的深度学习及相关优化算法已成为人们研究 AI 的热点。深度学习算法在 AlphaGo 中的成功应用主要是依赖神经网络监督学习的网络层次及神经元数量提升，而其 Zero 的应用不同则是在于引进了博弈优化的思想，这就给以并行计算为核心的神经网络优化算法理论研究提供新的思路。

鉴于传统神经网络优化算法面临非全局优化的难题，我们基于吉布斯分布采样优化计算，提出一种以脉冲神经元构成的混合网络结构动力学系统来实现的神经网络全局优化算法，引进纳什平衡理论来优化的神经网络计算方案，并设计一款相应的通用神经网络并行处理器芯片，以新型芯片编程架构模拟人脑功能进行感知、行为和思考新型芯。

二、前期研究基础

本团队主要是由厦门大学福建省集成电路设计工程技术研究中心、厦门大学集成电路设计与测试分析福建省高校重点实验室的教师与学生组成的，主要从事人工智能、网络通讯、集成电路设计、纳米单电子器件等方面的研究工作，并积累了深厚的研究基础。团队首席科学家郭东辉教授十多年前曾在美国加州 Berkeley 大学非线性电路实验室访问，从事有关细胞神经网络(CNN)有关课题的研究，先后主持国家自然科学基金项目五项，其中与神经网络研究内容相关的有两项，分别是《视觉神经网络光电集成系统的研究》(批准号：69686004)和《混沌神经网络加密算法及其相应集成电路的设计研究》(批准号：60076015)。

本团队同时也是厦门市集成电路设计公共服务平台的主要技术支撑单位。在厦门市科技重大专项经费的支持下，我们配备了开展模拟及数字 SOC 芯片设计所需要的各种 EDA 工具和 IC 测试设备。此外，厦门集成电路设计公共服务平台也是 TSMC、SMIC 等芯片制造厂重要合作伙伴，并与厦门联芯、三安集成等芯片制造厂也有长期的合作协议，可以进行包括射频及功率芯片在内各类模拟及数字 SOC 芯片的设计流片。同样，在学校 211 和 985 经费的支持下，本团队也独立配备了 8 台 IBM 服务器分别运行 MATLAB、OPNET、SPW、ANSYS、Silvaco TCAD 等系统设计与器件工艺仿真工具。本团队所在的微电子与集成电路学科也已列入我校“双一流”建设学科，有关类脑芯片设计相关课题研究所需要的科研环境建设将得到重点支持。特别是厦门联芯公司在量产后，已将本团队作为其先导技术开发的重要合作伙伴，也委托我们开发相应的器件模型及电路工艺库。在厦门火炬高新区及厦门市 IC 平台的支持下，厦门联芯公司还可以为我们团队提供免费的 MPW 流片业务。

自 2009 年，本团队与福建新大陆电脑股份有限公司签署“共建 SoC 联合实验室”以来，基于该平台，每年合作项目经费近百万，同时还完成了多项横向合作项目：面向金融、税控的专用信息处理与控制 SoC 芯片开发、安全密码算法研究、区块链技术研究等等，培养了大批优秀的硕士毕业生；厦门市美亚柏科信息股份有限公司是本团队的长期合作伙伴之一。

总之，不管从算法理论研究还是从应用技术开发来看，本课题组已具备相当优秀的研究基础和研究经验，以及显著的前沿技术攻关能力。

三、应用技术成果

我们的相关研究成果也得到企业界的重视和肯定，课题组先后承担过如深圳

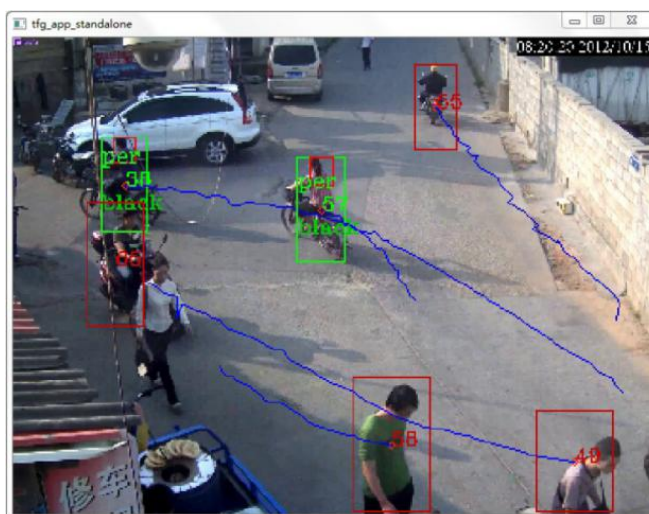
华为公司首款交换芯片项目的调度算法设计、福建新大陆首款二维码识别芯片的算法及后端版图综合设计、台湾盛群公司首款 32 位处理器及专用处理器编译器开发和厦门元顺公司多款电源管理芯片的设计。最近课题组还为我国某研究机构开发 28nm 的低功耗设计流程专门设计一款挂载加可重构解密算法协处理器的 32 位通用处理器验证芯片。



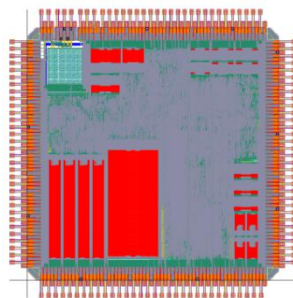
图一：华为技术有限公司与厦门大学谈项目合作



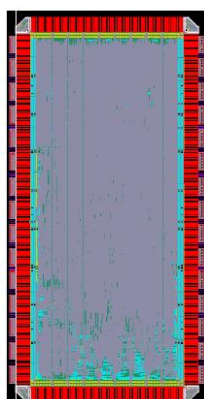
图二：项目组成员参加联芯集成电路制造（厦门）有限公司开幕庆典



图三：美亚柏科合作项目——ST-7000 视频事件分析系统的前端处理子系统



图四：新大陆合作项目——面向金融、税控应用的专用信息处理与控制 SoC 芯片开发



图五：新大陆合作项目——安全密码算法研究



图六：团队合影

四、合作企业

福建新大陆电脑股份有限公司（股票简称：新大陆），成立于 1994 年。在自动识别领域，新大陆是目前世界上少数几家拥有二维码核心技术的企业之一，设计开发了全球首台掌上多功能二维码识读产品，并率先在国内研发成功具有完全自主知识产权的二维码生成解译技术。目前，该技术已成功应用于中国移动“电子回执”项目、农业部“动物标识溯源系统”和“种公牛冻精生产管理系统”等项目，产品远销北美，欧洲、韩国等海外市场（股票代码：000997）。

厦门市美亚柏科信息股份有限公司（股票简称：美亚柏科），成立于 1999 年，是一家致力于电子数据取证、信息安全和网络空间安全领域的企业，公司于

2011年3月16日在深交所创业板正式挂牌上市（股票代码：300188）。

厦门盈趣科技股份有限公司（股票简称：盈趣科技），成立于2011年，公司经营范围包括电子元件及组件制造；其他电子设备制造；汽车零部件及配件制造等。厦门盈趣科技：工业自动化、消费电子领域的上市公司。（股票代码：002925）。

福耀玻璃工业集团股份有限公司（股票简称：福耀玻璃），成立于1987年，是国内最具规模、技术水平最高、出口量最大的汽车玻璃生产供应商，产品“FY”商标是中国汽车玻璃行业迄今为止唯一的“中国驰名商标”，股票代码：600660。

电子科学与技术学院 游佰强团队

团队介绍

	姓名	团队负责人简介
首席科学家	游佰强	教授，82年毕业于电子科技大学，99年从西安交通大学调入厦门大学，IEEE高级会员。教学科研并重，已发表学术论文100多篇，获得国家发明专利授权78项，目前正在主持建设2门国家级精品视频及多门MOOC在线开放课程。
团队成员	周建华	教授
团队成员	李伟文	副教授
团队成员	李杰	工程师
团队成员	林兵	硕士生
团队成员	朱建基	硕士生
团队成员	吴鑫江	硕士生
团队成员	王宇	硕士生
联系人/联系方式	厦大科技处 0592-2185633	
团队负责人照片		
		

成果一：面向现代通信和导航领域多应用兼容天线设计技术

一、项目简介

综观5G、智能化电子设备、导航定位、柔性可穿戴、RFID、物联网、覆盖系统、通信系统等领域，都需要不同类型的高性能换能器件—天线。对于不同的应用体系、不同的频段，天线具有不同的形貌及技术特征。随着以上多种应用日益紧密地融入人们的生活之中，多功能调控管理一体化技术研究的深入，对于这个基本器件的需求在数量上和质量上都有着持续不断增长的需求。团队具有从设计理念到器件材质选取/研发系列自主知识产权国家发明专利100多项，具有按合作方需求完成多种交叉应用的按需新产品研发天线及相关产品能力，兼顾系统EMC集成化的设计，完成一体化智能化的高端装备制造。

二、技术成熟度

围绕北斗（含GPS）、通信各频段（3G、4G、5G）、物联网（含RFID）等现代应用，完成过一批国家、省市科技项目，有20多项授权国家发明专利。可以针对不同应用解决新型天线系列核心技术问题，达到精细制作、精细控制（调控），在低剖面、小型化、多频兼容、宽带化、高度集成、共型等天线设计方面具有自己的特色。可按用户需求研发设计各频段的系列产品，也可按国内外知名厂家不同材质有针对性地优化及微调设计参数，按需调节方向增益及带宽，并可开发多频段多用途兼容产品。前期主要合作单位有福建星海通信科技有限公司等。

三、应用范围

可按合作方要求按需研发各类天线和前端系统，包括北斗二代体系、物联网、RFID、移动通信全频段、智能化电子产品配套、专用定向及天线阵列、卫星接收机配套、限定空间的小型化/一体化共形设计、多种电子产品兼容天线等，覆盖汽车、船舶、航空、集成电路等特定环境天线/无线大容量传输硬件支撑体系。

四、投产条件和预期经济效益

天线是应用面极为广泛、技术含量极高的产品，制作各类天线的材料小型化后用量有限，本身价格一般不超过成品售价十分之一，既可以通过购置知名品牌的基材满足常规需求，也可以通过本团队联合的研究团队按需开发特种基材，获取更高的天线特性。从投资的角度，天线批量制作工艺要求并不复杂，采用常规具有一定精度的机械加工设备或者高稳定度的PCB制版设备就可以完成平面小型化天线，设备寿命较长，在高科技设计技术的保障下操作调控也很方便。扣除产品的后期包装和推广成本，利润极高，需求量大，保守估计各种类别的天线年产值都会在数千万以上，前端创新的可以有数亿，属于低投入高回报的产业。

项目投资额视合作关系而定，一般前期投入每个特需专项前期 100~150 万人民币，后期再追加及提成(不包括厂房等投入)。

五、合作方式

风险投资、委托开发、技术转让、技术合作。根据合作方式，每个具体子项目 300~500 万，具体合作方式可商议。

成果二：现代天线设计制作的极化控制技术

一、项目简介

极化控制是提升系统性能、集群化MIMO设计的核心，多功能调控管理一体化技术研究的深入，对于天线这个基本器件的需求在数量上和质量上都有着持续不断增长的需求，是提升系统性能的硬件核心。团队具有从设计理念到器件材质选取/研发系列自主知识产权国家发明专利20多项，具有按合作方需求完成多种交叉应用的按需新产品研发天线及相关产品能力，兼顾系统EMC集成化的设计，完成一体化智能化的高端装备制作。

其中，应用于北斗卫星导航系统的多频圆极化微带天线已有不少研究成果，但一般存在带宽窄、尺寸大、馈电复杂等不足。本项目可提供一种适用于北斗卫星导航系统具有较宽频带、馈电简单的双频双圆极化微带天线，主要采用了新缝隙引流技术来进行极化控制。另外，MIMO 共极化多天线结构需占据较大空间，使天线系统成本增大，且各支路的平均接收功率差异变大导致天线单元间的相关系数增大。极化分集技术是在同一单元上采取不同极化来发射或接收信号，不同极化方向上的多径信号仅是部分相关的，因此，可以获得极化分集增益，分集性能与空间分集相当，并可以减少极化失配影响。本项目可提供一种结构简单、在工作频带内端口间的隔离度大于25dB且主辐射方向交叉极化比大于20dB的双极化天线，主要采用了H形缝隙结构来进行极化控制，可应用于WLAN频段的MIMO系统中。

二、技术成熟度

围绕北斗（含GPS）、通信各频段（3G、4G、5G）、物联网、大规模MIMO等现代应用，有20多项授权国家发明专利。可以针对不同应用解决新型天线系列核心技术问题，达到精细制作、精细控制（调控），部分样品通过前期合作单位测试。

三、应用范围

项目覆盖汽车、船舶、航空、集成电路等特定环境天线/无线大容量传输对高密度MIMO内容的硬件支撑需求。

四、投产条件和预期经济效益

极化的灵活控制对大规模 MIMO 天线体系是新发展方向、技术含量极高的产品。制作各类天线的材料小型化后用量有限，本身价格一般不超过成品售价十分之一，新设计理念可大大提升系统效率，获取更高的天线特性。从投资的角度，天线批量制作工艺要求并不复杂，采用常规具有一定精度的机械加工设备或者高稳定度的 PCB 制版设备就可以完成平面小型化天线，设备寿命较长，在高科技设计技术的保障下操作调控也很方便。扣除产品的后期包装和推广成本，利润极高，需求量大，保守估计各种类别的天线年产值都会在数千万以上，前端创新的可以有数亿，属于低投入高回报的产业，核心点在于极化控制及分布设计。

项目投资额视合作关系而定，一般前期投入每个特需专项前期 100~150 万人民币，后期追加及提成（不包括厂房等投入）。

五、合作方式

风险投资、合作研发、许可、技术转让。根据合作方式，每个具体子项目 300~500万，具体合作方式可商议。

成果三：阵列天线布阵及方向图技术

一、项目简介

随着现代无线通信技术的快速发展,许多应用场合要求天线的辐射方向图具有低副瓣的特性,为了能够更好的满足系统设计要求,往往需要把若干个天线按照某种方式排列构成阵列天线。排列方式可分别均匀和不均匀排列,其中等距阵列天线可以精确地控制各个阵元的激励,以产生低副瓣的辐射方向图,但是往往需要复杂的馈电网络,不仅提高了系统的辐射损耗,而且增加了天线系统的设计和制造难度。相比之下,不等距阵列天线具有独特的优势,如减少系统所需的阵元数量、避免辐射方向图出现栅瓣、实现低副瓣的辐射方向图和具有简单的馈电网络等等。然而,涉及阵元分布位置的辐射方向图综合问题是非线性的,使得不等距阵列天线的方向图综合比均匀阵列天线困难和复杂。团队围绕大型阵列天线设计、方向图优化特别是在布阵方面的应用已进行了系列化的研究领域,近年来完成了多个省级科技项目,重点研究涵盖了不等距阵列天线、泰勒-指数等多种复合函数模型和模组化激励幅度及其对阵列特性和方向图的多控优化技术等。发表相关的IEEE、EI检索论文10多篇,在新型阵列天线的结构设计、方向图优化等方面取得了系列成果。

二、技术成熟度

团队具有从阵列天线布阵技术到方向图综合方法系列自主知识产权国家发明专利10多项,具有按合作方需求完成多种交叉应用的按需研发阵列天线及相关产品能力。可以针对不同应用解决新型阵列天线系列核心技术问题,达到精细布阵、方向图可调。主要合作单位有福建星海通信科技有限公司、台湾元智大学和台湾大学等。

三、应用范围

项目覆盖汽车、船舶、航空、集成电路等特定环境天线/无线大容量传输硬件支撑需求,特别是即将到来的5G移动通信系统应用。

四、投产条件和预期经济效益

从投资的角度,阵列天线批量研制工艺要求虽相对较复杂,但采用常规具有一定精度的机械加工设备或者高稳定度的PCB制版设备,就可以完成具有一定集成度的阵列结构,设备寿命较长,在高科技设计技术的保障下操作调控也很方便。扣除产品的后期包装和推广成本,利润极高,需求量大,保守估计各种类别的阵列天线年产值都会在数千万以上,属于低投入高回报的产业,核心点在于材料结构及天线设计。

项目投资额视合作关系而定,一般前期投入每个特需专项前期150~200万人民币,后期追加及提成(不包括厂房等投入)。

五、合作方式

合作研发、许可、技术转让。根据合作方式,每个具体子项目400~600万,具体合作方式可商议。

航空航天学院 林麒团队

团队介绍

	姓名	首席个人简介
首席科学家	林麒	博士、教授、博士生导师。研究领域为机器人技术在风洞试验技术中的应用。已主持三项国家自然科学基金面上项目和三项福建省自然科学基金面上项目(结题五项, 一项在研); 主持多项航空航天部门科研院所及高校委托的科研合作项目。
团队成员	王晓光	助理教授
	刘汝兵	助理教授
	薛文东	助理教授
	殷春平	工程师
	柳汀	博士生
	彭苗娇	博士生
	吴惠松	博士生
联系人/联系方式	厦大科技处 0592-2185633	
首席照片		
		

成果：绳牵引并联康复机器人技术研究

一、项目简介

康复训练机器人是近年来出现的一种典型人机合作系统，其主要作用是协助患者保持平衡能力和帮助患者实现运动功能的恢复性训练，由于患者与机器人在同一物理空间，因此对机器人的柔顺性、安全性提出了严格的要求。鉴于绳索牵引并联机构作为一种新型的并联运动机构，具有结构简单、惯性小、柔顺性好等优点，而且不存在刚性体的碰撞、冲击等缺点，非常适合于康复机器人的驱动控制。

二、前期研究基础

目前本研究团队对绳牵引并联机器人技术已有广泛深入研究，针对飞行器标模所构建的原理样机，采用八绳牵引的六自由度冗余约束并联支撑技术，该系统具体包括机械传动子系统（采用八绳布置方式，通过万向滑轮，分别连接飞行器模型与电机驱动端）、运动控制子系统（采用伺服电机、多轴运动控制卡和伺服驱动器，基于并联机器人技术的智能鲁棒控制方法，实现对期望轨迹的高精度跟踪）、模型位姿测量子系统（采用相机、陀螺仪和加速度计等多种传感器，实现对模型运动轨迹的高精度动态测量）、绳拉力和气动力测量子系统（在试验模型设计了内置式六分量测力天平，以实现对气动力的实时监测）。

结合医疗康复的实际需求，将进行绳牵引并联康复机构方案设计，系统运动空间与运动学、动力学分析等；采用智能传感器技术与控制技术，搭建原理样机并进行实验验证，最终实现康复机构的高可靠性与高安全性运动训练。

三、应用技术成果

(1) 应用技术成果（文字加图片）



图 1 绳牵引并联机器人原理样机

截止目前，本课题团队研究的绳牵引并联机器人技术在四项国家自然科学基金的支持下，不仅在实验室搭建了多功能原理样机（图 1），更在实际风洞单位进行了试验验证（图 2），表明了相关科技的可行性和有效性。



图2 风洞试验绳牵引并联机器人支撑系统

拟将绳牵引并联机器人技术应用于医疗康复方面，如骨盆运动、步态训练以及腕关节恢复等，相关示意图如图3-4所示。

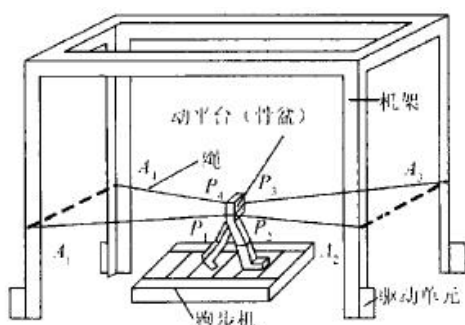


图3 盆骨运动绳牵引并联康复器

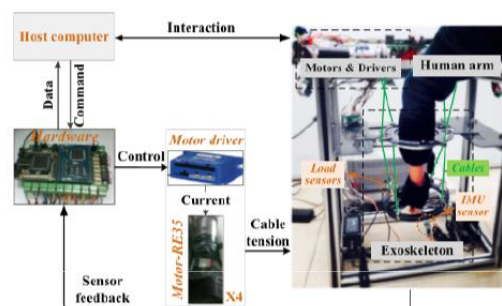


图4 腕关节绳牵引并联康复器

四、合作企业

拟与校内相关学院与附属医院合作。

航空航天学院 刘瞰东团队

团队介绍

	姓名	首席个人简介	
首席科学家	刘瞰东	刘瞰东，男，教授博士生导师，厦门大学嘉庚学院副院长。2010-2013 任泉州丰泽区政府科技副区长。加拿大卡尔加里大学访问学者，厦门市大数据智能分析与决策重点实验室主任，厦门市科协委员、常委，厦门市自动化学会理事长。	
团队成员	邵桂芳	副教授	
	高凤强	讲师	主任
	刘丹丹	实验师	
	郭一晶	副教授	主任
	陈炳飞	助教	
	周牡丹	副教授	主任
	纪艺娟	实验师	
联系人/联系方式	厦大科技处 0592-2185633		
首席照片			
			

成果一：基于工业机器人的智能生产线

一、项目简介

“中国制造 2025”发展规划的启动促使智能制造成为生产制造企业的主旋律，而工业机器人作为智能制造的重要柔性制造单元，迎来了广阔的行业发展机遇。福建省出台的《福建省实施<中国制造 2025>行动计划》，将发展智能制造视为首要任务，推广“数控一代”，开展智能制造试点示范，实施“机器换人”专项行动，发展壮大智能装备产业，开发智能终端产品和提升工业软件支撑能力。

二、前期研究基础

与泉州市微柏工业机器人研究院有限公司建立合作关系，采用企业与高校共同投资模式，建立“嘉庚学院—微柏工业机器人创新实验室”，实验室现有师生近百人，为高校师生提供研发环境，为企业进行技术难题攻关并培育人才。

与微柏签署了为期 3 年的技术服务合同（2014.12-2017.12，微柏工业机器人技术支持服务，150 万元）。



与微柏联合申报了多项科技项目：（1）工业机器人整机综合性能测试仪的研发及产业化，2016.10，国家重大科学仪器设备开发专项；（2）工业机器人的远程监控和故障预测系统的开发，2015.9，福建省对外合作项目；（3）面向瓷砖智能化分拣生产线的关键技术，2015.10，泉州市科技局燎原计划。并协助微柏完成了福建省新型科研机构、企业创新基金、厦门大学本科生校外实习基地申请。

三、应用技术成果

基于课题组自主研发的机器人控制器，结合机器视觉自动识别技术，分别开展了以下 6 个项目：（1）为四川航天世东汽车部件有限公司研发的焊接机器人焊缝自动跟踪识别系统；（2）为苏州宝丽洁公司研发的之驻守机器人湿纸中自动识别贴盖系统；（3）为泉州港威五金制品有限公司研发了铝水自动浇注系统；（4）为晋江的沃鞋服有限公司研发的鞋模自动跟踪喷胶系统；（5）为福建省锂电精密机械有限公司研制了自动搬运识别系统；（6）为江苏太仓宝祥有色金属制品厂研制了自动码垛识别系统。



机器人控制系统技术应用证明

兹证明厦门大学航空航天学院刘瞰东教授团队自主研发的机器人控制系统已在木林森股份有限公司、福建省鲤东精密机械有限公司、宁波胜荣金属制品有限公司、石狮恒宇金属制品有限公司和佛山市长庚金属制品有限公司等公司成功应用。

特此证明

公司名称 (公章):
 负责人签字: *刘瞰东*
 日期: 2018年3月26日

附:

单位详细地址: 泉州市丰泽区北峰工业区教授一代科技创新中心4楼
 单位联系人: *刘瞰东*
 单位联系电话: 16859771385

应用案例图片 (部分):



木林森有限公司



石狮恒宇金属制品有限公司

四、合作企业

泉州市微柏工业机器人研究院有限公司是福建省工业机器人研发龙头企业，从事工业机器人相关技术研发及产业化十余年，专注研发六关节与四关节自由度串并联机械手等，自主研发数十种应用在冲压、喷涂、焊接、激光加工等生产作业领域的专业机器人。自主研发了高精度 RV 减速机检测台，工业机器人零点矫正与运动精度检测装置，焊接机器人防碰撞测试装置等工业机器人核心部件与整机检测系统，获得国家发明专利 5 项，国家实用新型专利 30 项。作为福建省科技小巨人企业、福建省科技型企业泉州市智能制造示范企业等，承担了省部级科技项目 10 余项。

成果二：基于大数据的远程水质监测与分析

一、项目简介

水是维系生态系统健康的重要因子，具有调节河川经流、发展灌溉、提供工业和饮用水源、繁衍水生生物、沟通航运、改善区域生态环境以及开发矿产等多种功能，在支撑经济社会发展和维持生态环境平衡中发挥了重要作用。水质监测是水资源保护中的基础性工作，对于污染源控制、环境规划具有重要意义和作用。我国一贯主张预防优先于治理的环境保护政策，在《国家中长期科学技术发展规划纲(2006-2020)》确定的16个重大专项中，水专项是迄今为止我国资金投入总量最大的环境科研项目，投入逾百亿，旨在为中国水体污染控制与治理提供强有力的科技支撑。建立智能水质监测网络，加强水质监测能力，提升河湖管理水平，是水污染防治与水资源可持续利用的重要前提。

二、前期研究基础

项目组与联合环境技术(厦门)有限公司签署了合作课题“水环境远程监测云平台技术服务”，2017.9-2020.8，30万。利用无线网搭建水环境远程监测云平台，通过云端实时收集系统运行的过程数据，并进行统计分析，服务端和APP客户端实现实时查看数据和远程设备运行情况，并能远程控制设备启停等。



三、应用技术成果

项目组开发了膜系统远程监控维护系统(UE-MRTU)，并于2017年12月部署应用在云南昆明的一个自来水厂。



研究成果“水产养殖监控系统”已经在漳州进行应用推广。该系统可以进行养殖场 PH 值、溶解氧和温度的实时采集，并对增氧机工作情况进行实时监测。目前约有 100 台设备在进行实际应用测试。

水处理远程监测云平台技术应用证明

兹证明厦门大学航空航天学院刘敬东教授团队自主研发的水处理远程监测云平台已在云南金津实业有限公司饮用水过滤项目上成功应用。

特此证明

公司名称(公章):
负责人签字: 刘敬东
日期: 2018年03月26日

附:
单位详细地址: 厦门市湖里区枋钟路2362号金山财富广场2号楼8楼
单位联系人: 黄德昌
单位联系电话: 0592-5258199
应用案例图片:



四、合作企业

联合环境技术(厦门)有限公司于2006年6月成立,专业从事以膜法技术为核心的中水回用、固液分离、纯水制备、废水等项目的设计、研究与开发应用。作为中国最早的膜系统服务商,提供膜系统的设计、制造、安装;以及膜系统的污染检测、清洗维护、运营管理。联合环境技术公司的膜法水处理技术在工业、民用及商业领域得到广泛应用(如江苏某市政污水处理厂,福建某市政污水处理厂,外蒙古乌兰巴托某饮料厂污水处理项目和江苏某太阳能光电有限公司污水处理项目)。工业应用产品包括外压式中空纤维膜组件和浸入式膜组件,可应用于给水/污水处理、水回用、海水淡化、食品、制药、石油、化工、电力、生物分离及其它分离过程;家用/商用净水设备包括膜净水器或集成水净化系统;集装箱式一体式应急超滤设备等,成功运用于各个领域的水处理项目;扩展水生生态系统综合项目,包括提供水生态修复、水环境监测及水务投资/运营。已获得十几项国家发明和实用新型专利授权,在远程监控方面也获得了多项软件著作权。

成果三：多机器人物流拣选调度智能系统

一、项目简介

物流业是融合运输、仓储、货代、信息等产业的复合型服务业，是支撑国民经济发展的基础性、战略性产业。加快发展现代物流业，对于促进产业结构调整、转变发展方式、提高国民经济竞争力和建设生态文明具有重要意义。2014年国务院发布实施《物流业中长期发展规划（2014—2020年）》，规划中明确了加强物流信息化建设和推进物流技术装备现代化是未来物流业发展的主要任务。2016年福建省经信委、发改委和商务部联合发布《福建省加快物流业发展实施方案（2016-2020年）》，方案提出了完善物流基础设施、提升物流业信息化和标准化的主要任务。实现仓储物流的信息化和拣选自动化是实现物流信息化和技术装备现代化的重要内容。智能仓储机器人的技术进步已经成为了仓储物流的信息化和拣选自动化的标志。

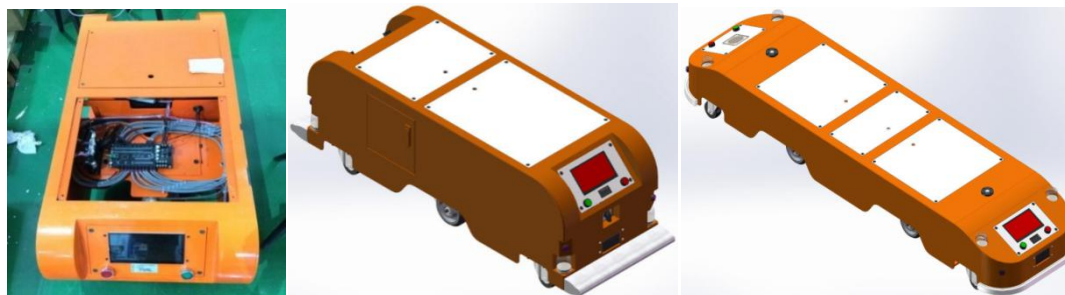
二、前期研究基础

采用企业与高校共同投资模式，项目组与厦门大学嘉庚学院及厦门市东万晟贸易有限公司联合建立了“现代物流与供应链创新研究中心”。并联合申请了福建省产学研项目“多机器人物流拣选调度智能系统”。



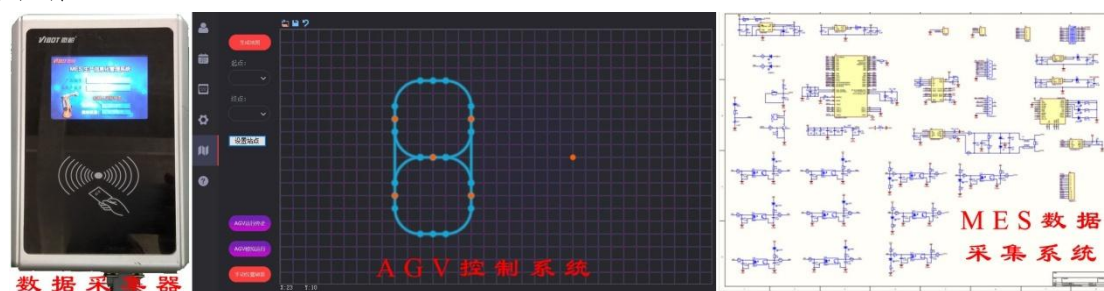
三、应用技术成果

开发了 AGV 智能小车，完成了车体和控制系统及简易的调度系统。





开发了 MES 数据采集系统，包括底层硬件采集端，中间层数据处理端，数据展示端。



四、合作企业

厦门市东万晟贸易有限公司是一家民营企业，成立于 2000 年 4 月。其股东均为深圳市东华通实业发展有限公司的主要投资人。2002 年在泉州设立分公司，2012 年已在漳州、龙岩、福州、三明、莆田、南平设立分公司。目前员工总数 200 多人。产品辐射闽南金三角的厦门、泉州、莆田、漳州地区和闽西的龙岩、三明、南平地区，闽东的福州、宁德地区，终端网络近 5000 多个，和沃尔玛、麦德龙、福建新华都、永辉、家乐福、大润发等卖场及各婴童渠道有良好的业务合作关系。目前，厦门公司年销售额近 10 亿多元。厦门翔安区新建的 5 层物流配送中心约 6000 多平米。

成果四：基于大数据与深度挖掘的工业机器人健康状态评估

一、项目简介

“中国制造 2025”与《福建省实施<中国制造 2025>行动计划》促使智能制造成为生产制造企业的主旋律,而工业机器人作为智能制造的重要柔性制造单元,2015 年中国机器人市场累积销售 68459 台。然而，工业机器人结构复杂，工作环境恶劣，保养和维护对生产企业技术人员的能力提出了极高的要求。一旦工业机器人故障得不到及时维修，将直接影响正常生产。因此，开发工业机器人故障诊断与预测系统对工业机器人的推广和应用将起到重要作用。

二、前期研究基础

与泉州市微柏工业机器人研究院有限公司建立合作关系，采用企业与高校共同投资模式，建立“嘉庚学院—微柏工业机器人创新实验室”，实验室现有师生近

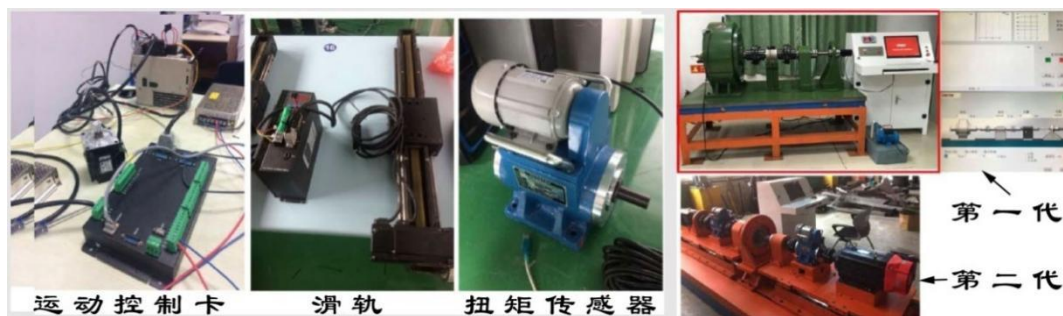
百人，为高校师生提供研发环境，为企业进行技术难题攻关并培育人才。与微柏签署了为期3年的技术服务合同（2014.12-2017.12，微柏工业机器人技术支持服务，150万元）。

得到厦门大学中央高校业务费资助“基于大数据的工业机器人故障诊断与预测方法研究，2016.1-2018.12，35万元”。

三、应用技术成果

(2) 应用技术成果

基于自主研发的数据采集设备，结合大数据分析 with 物理建模，与泉州市微柏工业机器人研究院有限公司合作研制了两代RV减速器性能测试平台。



四、合作企业

泉州市微柏工业机器人研究院有限公司是福建省工业机器人研发龙头企业，从事工业机器人相关技术研发及产业化十余年，专注研发六关节与四关节自由度串并联机械手等，自主研发数十种应用在冲压、喷涂、焊接、激光加工等生产作业领域的专业机器人。自主研发了高精度RV减速机检测台，工业机器人零点矫正与运动精度检测装置，焊接机器人防碰撞测试装置等工业机器人核心部件与整机检测系统，获得国家发明专利5项，国家实用新型专利30项。作为福建省科技小巨人企业、福建省科技型企业泉州市智能制造示范企业等，承担了省部级科技项目10余项。

成果五：人工智能与机器视觉定位

一、项目简介

由于众多工业企业存在工作环境噪音大、粉尘多、劳动强度大等问题，均不同程度面临着招工难的问题，生产规模很难扩大。同时，由于长时间重复机械工作，容易出现漏检和误检，整体工作效率不高。对于已上线成套设备的企业，其集成度仍较低，自动化程度及性能都亟待提高，很难满足市场的迫切需求。因此，机器换人可有效解决上述问题，而机器视觉是模拟人工操作的关键，综合利用视觉检测、模式识别、优化调度和综合信息管理等技术和方法提高生产自动化水平极为重要。

二、前期研究基础

项目组已与惠州高视科技有限公司签署合作协议“机器视觉定位平台开发与技术服务，2018.3-2019.3，50万元”，并联合厦门大学自动化系与高视科技有限公司建立“视觉定位联合实验室”，与厦门市自动化学会签署合作协议，联合建立“人工智能-机器视觉联合实验室”。研究了视觉对位平台如何实现两个目标物之间的精确对准。视觉系统需要对两个目标物分别进行拍摄，选择Mark点或者目

标物的边或角的特征信息。利用视觉对位技术，实现两个目标物物理坐标之间的在 X、Y 轴和角度坐标的偏差，通过驱动相关运动平台，引导平台运动到贴合位置，实现视觉引导精确对位。

<p>合同编号：</p> <p style="text-align: center;">技术服务合同</p> <p>项目名称：<u>机器视觉定位平台开发与技术服务</u></p> <p>委托方（甲方）：<u>惠州高视科技有限公司</u></p> <p>受托方（乙方）：<u>厦门大学</u></p> <p>签订地点：<u>厦门大学</u></p> <p style="text-align: center;">中华人民共和国科学技术部印制</p>	<p>决。协商、调解不成的，确定按以下第<u>1</u>种方式处理：</p> <p>1. 提交<u>厦门</u>仲裁委员会仲裁；</p> <p>2. 依法向人民法院起诉。</p> <p>第十二条：本合同一式<u>四</u>份，具有同等法律效力。</p> <p>第十三条：本合同自各方授权代表签字盖章日中较后日起生效，至双方履行完毕在本合同下的义务之日起终止。</p> <p>甲方：_____（盖章） 法定代表人/委托代理人：<u>姜明</u>（签名） 年 月 日</p> <p>乙方：_____（盖章） 法定代表人/委托代理人：_____（签名） 项目负责人：<u>刘</u>（签名） 2018年 3 月 20 日</p>
--	---



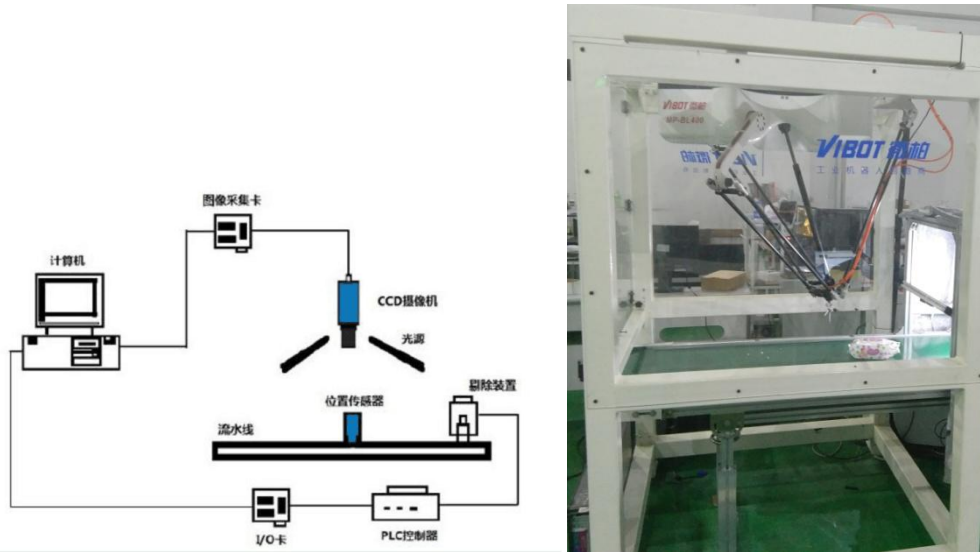
三、应用技术成果

开发了鞋模喷胶系统，采用传送带传送鞋模，利用工业相机采集图像，经图像处理算法检测鞋模边缘，再将处理过的边缘坐标数据传送给控制器，控制器控制喷胶器对鞋模进行喷胶。



开发了自动贴盖机系统，基于传送带传送产品，利用工业相机采集传送带上

的产品图像，再通过图像处理算法定位到模板图像在采集图像中的准确位置，从而通过坐标转换将图像中的坐标转换到世界坐标，然后将数据通过串口通信传送给控制系统，控制系统会控制机械手在定位到的位置坐标贴上产品标签或者封盖。



四、合作企业

惠州高视科技有限公司是一家专业从事机器视觉应用领域设备、计算机图像处理系统解决方案研发的高科技现代化企业。公司的机器视觉产品广泛应用于液晶、电子、新能源、金属加工等行业公司秉承以人为本、合作共赢的管理理念，以技术开发为中心，以客户需求为导向，致力于成为在机器视觉检测、测量、图像识别领域杰出的系统解决方案及设备供应商。拥有 11 项软件著作权和 5 项实用新型专利。

航空航天学院 彭侠夫团队

团队介绍

	姓名	首席个人简介	
首席科学家	彭侠夫 教授/博导	从事控制与导航技术、运动体智能装置与系统的研究；获省部级科技进步三等奖4项，福建省教学成果一等奖1项；出版专著5部，发表论文120余篇，SCI/EI收录50余篇；国家发明专利5项；目前承担包括总装预研项目在内的在研课题7项，经费700余万元。	
团队成员	仲训昱	副教授	博士
	仲训杲	助理教授	博士
	张霄力	副教授	博士
	林冬云	助理教授	博士
	沈少萍	助理教授	博士
	刘利军	助理教授	博士
	王靖瑶	助理教授	博士
联系人/联系方式	厦大科技处 0592-2185633		
首席照片			
			

成果一：基于视觉与惯性定位的自主导航 AGV 装置研发

一、项目简介

自动导航运输车（Automated Guided Vehicle, AGV）是装有自动导航装置，能够沿规定的路径行驶，在车体上具有编程和停车选择装置、安全保护装置以及各种物料移栽功能的搬运车辆。广泛应用于汽车制造、电子、纺织、食品、烟草、物流仓储等行业和领域。2016 年中国 AGV 市场销售量 7350 台，市场规模达 12.08 亿元，同比增长 37.7%。2017 年中国市场 AGV 销量有望突破 10200 台，同比增速超 38%。特别是新一代完全柔性的 AGV 机器人将在各种场景下得到应用，新的 AGV 增量市场正在酝酿过程中。

当前 AGV 主要导航方式为有轨导航（固定路径）和无轨导航（柔性路径）。传统有轨导航 AGV 主要采用有轨导航方式，虽然简单易行、路径跟踪可靠性好，但灵活性和柔性差；新的激光导航方式，在应用时具有更高的柔性，但目前大多数是采用反射板和三角定位原理进行，其灵活性和柔性受到限制。

无轨导航 AGV 不需要任何场地施工、具备自由路径导航和智能避让能力的 AGV，越来越受到行业的重视，是重要发展趋势和研究热点。这种无轨的自主导航系统（自由路径规划和决策）具有更高的引导柔性，能够更高效、灵活地完成物料的搬运任务。随着车间物流和生产流程日益复杂多变，对柔性配送、自主规划决策的新一代 AGV 需求迫切。

本项目致力于开发面向柔性物料搬运、内部物流的 AGV 机器人平台，具有效率高，易于操作、使用灵活且安全等特点。项目研究的这种 AGV 是第三代柔性移动机器人，综合了激光、视觉、惯性定位和自主规划决策技术，是未来的移动解决方案。（智能化工具化），适应于巡检和商城、宾馆、医院等场所的内部配送。

项目研究全新一代 AGV 属于自主导航机器人，具备全柔性：无轨导航，不需要场地布设，全软件化，应用更广（内部物流、人机协作等）。具备自主性：自动路径规划、自动避障、自动跟踪、相互协作、自动充电等智能决策。项目研究具有重要的现实意义和市场前景。

二、前期研究基础

研究团队已经开工研究面向柔性物料搬运和物流配送的新一代 AGV 机器人，服务于需混合导航与自由路径功能的新兴 AGV 市场，目前研发的这种 AGV 是第三代高级移动机器人，综合了激光、视觉、惯性导航和自主规划决策与人机交互技术，是未来的移动解决方案（智能化工具化）。累计完成投资 150 万元，已和厦门万久公司开展省高校产学研合作项目（基于视觉与惯性定位的 AGV 装置研发），设计完成了 AGV 机器人样机，正在进行驱动系统、导航系统、控制系统可靠性与性能指标的测试。

当前正在的研究工作和目标是，进一步完善 AGV 基本机型设计，实现激光 SLAM、里程/IMU 惯性定位、自主路径规划与跟踪；对 AGV 的 RGB-D 视觉系统进行开发设计，实现视觉引导与目标识别、跟踪、避让；进行终端控制软件开发，形成产品应用解决方案。

已发表的与项目相关的主要论文 SCI 论文 5 篇，EI 论文 20 余篇。主要发明专利有：

1. 仲训昱, 田军, 庞聪, 彭侠夫, 曾建平. 基于前倾 2D 激光雷达移动扫描的路面与障碍检测方法. 国家发明专利（受理中）

2. 仲训昱. 基于虚拟扫描与测距匹配的 AGV 激光 SLAM 方法. 国家发明专利

(申请号: 201710504910.7, 受理中).

3. 仲训昱, 李跃亮, 彭侠夫. 面向智能车自主充电的柔性对接装置. 国家发明专利(申请号: 201710389598.1, 受理中)

4. 仲训昱, 王祥, 陈映冰, 彭侠夫. 基于 A*提取引导点的 AGV 路径跟踪与避障协调方法. 国家发明专利(申请号: 201710043581.0, 受理中)

5. 仲训昱, 李跃亮, 刘嘉伟, 彭侠夫. 一种面向智能车自主充电的柔性对接装置. 国家实用新型专利, 专利号: 201720606992.1

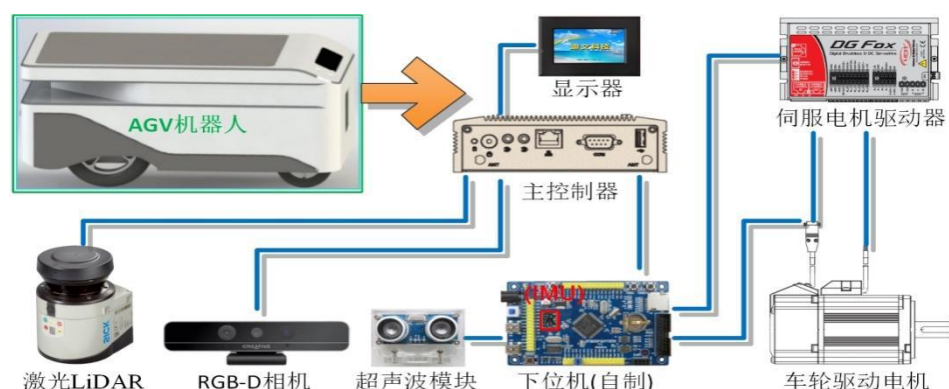
三、应用技术成果

(一) 导航控制系统设计

研究团队开发了一种全柔性自主式 AGV 机器人, 其导航控制系统如下图所示, 特点有:

1) 采用这种模块化的系统平台, 搭建激光导航 AGV 产品, 可实现降低制作成本 30%-50%;

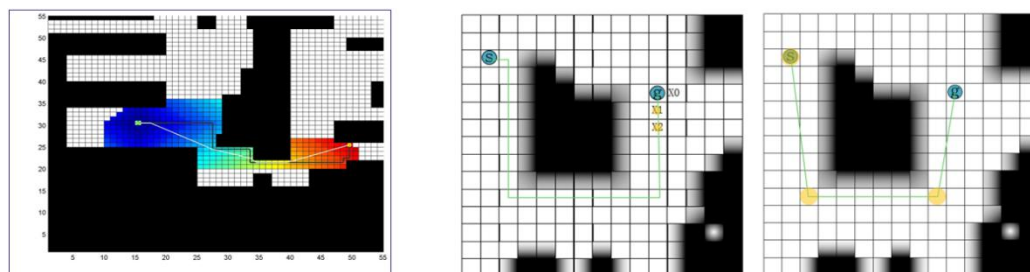
2) 结合视觉/惯性定位和特殊运动机构, 支持各种场景下的使用、简易且节省人工成本。



开发的 AGV 导航控制系统

(二) 地图表示和基于 A*提取关键路径点的全局路径规划方法

以 AGV 半径障碍进行膨胀, 建立初始栅格地图; 通过风险评估函数对障碍周围节点的风险等级进行评估, 获得带有风险区域的安全栅格地图。在安全地图上通过 A*算法规划全局路径, 在得到的全局路径上提取关键路径点。



(三) 基于位-姿交替控制的路径跟踪与避让/运动协调方法

研究了局部环境建模与自适应窗口的实时避障方法, 同时还研究了基于复合速度障碍法的分布式运动规划算法, 在各种移动服务机器人与 AGV 搬运机器人

相互协调避让的运动规划中等具有很好的应用前景。

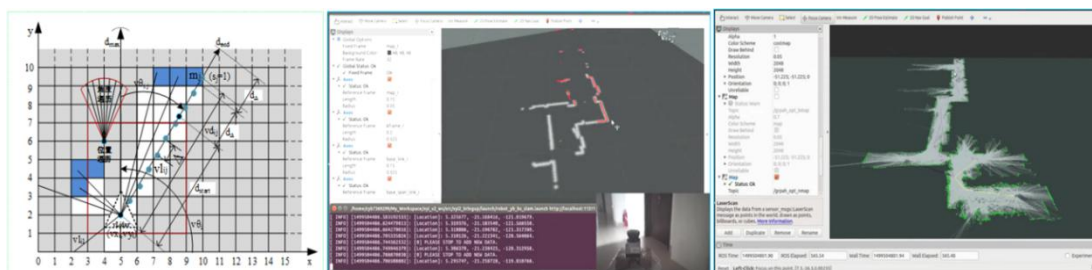
机器人以关键路径点为引导点并不断实时切换、更新引导点，进行路径跟踪与障碍避让的协调统一。



(四) 基于地图匹配的 AGV 激光 SLAM 方法

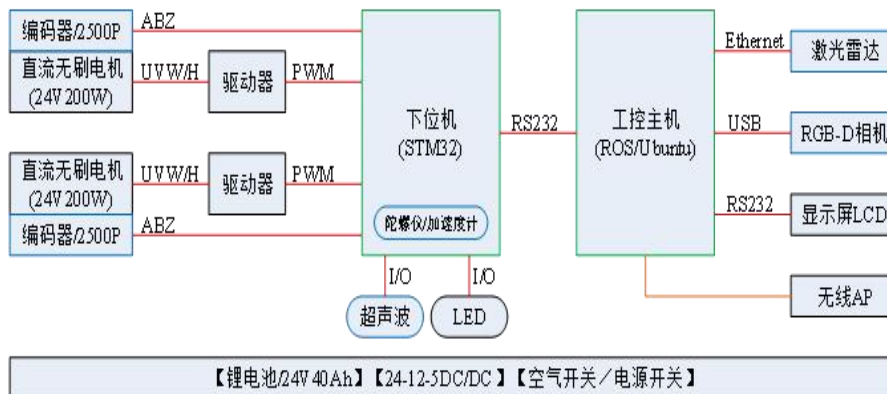
虚拟扫描与测距匹配法：增量式创建栅格地图，采用虚拟激光雷达扫描与基于测距的快速轮廓匹配。

LATTICE SLAM 方法：综合采用了高斯牛顿迭代法、地图匹配表、概率地图和高低两层地图等策略。



(五) AGV 系统特色设计

- 1) 双层控制器系统结构，提高可靠性、实时性和灵活性。
- 2) 基于 ROS 的软件设计，采用 NVIDIA 的 TK1 超级计算平台作为主控计算机。
- 3) 下位机功能模块设计：处理实时性较高的任务，如里程计 / IMU 推算定位、安全速度控制、超声波 / 防撞条避碰处理等。
- 5) 运动机构及外观设计：“两轮差动驱动+两轮随动”的四轮运动机构，比六轮机构具有更好的地面适应性；采用橡胶轮，减震和静音效果好。
- 6) 自动充电对接装置设计：通过柔性连杆的弯曲形变来实现充电接口和充电接头的柔顺对接。





四、合作企业

厦门万久科技股份有限公司是一家集销售、软件研发、技术服务、加工技术整合为一体的高新技术企业。目前公司的经营范围涉及 CNC 软件开发及数控系统销售、CNC 控制零件销售及专业维修；工艺优化、机台升级与技术改造、工程配电与软件优化、专用机控制系统开发、多轴机的设计与开发、机台精度检测与校正优化服务等。公司是国际知名生产制造企业——富士康的产品供应商和技术服务商。

成果二：机械臂无模型视觉反馈控制及其自适应操作应用研究

一、项目简介

随着科技进步和社会需求的发展，机器人手/臂除了工业生产，也越来越多用于服务人类的其它各个领域，这必然会使机器人承担比工业中更加多样的操作任务，面临更加多变的工作环境。因此，国内外对非结构自然环境下、具备自主操作能力的机器人的研究十分重视。当前，具备视觉感知能力的机器人已被公认为机器人发展的主流趋势，将视觉与机器人操作相融合，是对人类行为的模拟，由此产生的视觉伺服控制方法为机器人自主操作能力的实现带来了新的思路，代表了机器人的先进控制技术，也是促进机器人智能化发展的一个重要驱动。可以预见，未来的视觉系统将会成为机器人名副其实的眼睛，视觉伺服技术在机器人自主操作中具有不可替代的作用。

视觉伺服利用视觉传感器提供的环境信息对机器人运动进行实时反馈控制，涉及机器人机械几何设计、运动学和动力学、自动控制理论、计算机视觉图像处理和摄像机标定等，是智能机器人领域中的重要理论意义的研究课题之一。迄今为止，机器人手/臂的视觉伺服方法在太空遥操作、机器人手术、水果采摘、工业装配、焊接、抓取以及微操作等方面得到越来越多的应用。然而，现阶段可实际应用的方案主要面向特定的标定环境、模型参数已知，机器人操作是编码定式的，不具备模型未知条件下的自主操作能力，特别是当面向未来的刚-柔-软体共融机器人时，其柔型结构造成的运动模型及参数的变化与不确定性，必然使现有确定模型的研究方法失效。因此，无模型（目标几何模型，手眼标定模型，机

机器人运动模型)、非结构环境下的自适应操作对机器人提出了新挑战,是机器人手臂(尤其柔型手臂)视觉伺服控制研究的难点与前沿问题,不断深入对非结构环境下、无模型的机器人手/臂视觉伺服控制的研究具有重要的理论和现实意义。

在非结构自然环境下使机器人像人一样协调自适应操作是当今机器人研究领域的一项尚未实现但又令人感兴趣的研究工作。从理论上讲,非结构自然环境下实现机器人柔性操作,就当前研究依靠单一的控制设计是困难的。因此,本项目借鉴人的手眼协调操作是自适应学习过程,涉及智能进化和行为优化,将随机动态规划理论,结合约束规则与最优化控制,探索一种变参手眼关系,实现机器人在非结构自然环境下的自适应操作。

二、前期研究基础

研究团队一直致力于机器人视觉反馈控制的研究。在基础理论研究上,针对无标定视觉伺服控制方案与设计,均提出了一些新型方法,有扎实的理论基础和知识积累,并不断跟踪和深入在无模型视觉伺服控制的方面研究和前沿问题。目前,已经着手在无模型视觉伺服的可靠性、稳定性控制方面做了充分的探索工作:针对机器人无标定全局稳定操作问题,研究了一种鲁棒卡尔曼滤波(RKF)合作Elman神经网络(ENN)的全局稳定视觉伺服控制方法;提出了一种基于网络辅助尔曼滤波状态估计的无标定视觉伺服方法,提高伺服系统的鲁棒性。同时,立足机器人发展前沿,建立了多模特征深度学习抓取系统,在无结构环境下实现了机器人智能抓取与定位。

已发表的与项目相关的主要论文有:

[1] 仲训果,徐敏,仲训昱,彭侠夫.基于多模特征深度学习的机器人抓取判别方法.自动化学报,2016,7(42), pp:1022-1029. (EI)

[2] Xungao Zhong, Xunyu Zhong and Xiafu Peng. Robots Visual Servo Control with Features Constraint Employing Kalman-Neural-Network Filtering Scheme. *Neurocomputing*, 2015, 151(3), pp:268-277 (SCI)

[3] Xungao Zhong, Xunyu Zhong and Xiafu Peng. Robust Kalman Filtering Cooperated Elman Neural Network Learning for Vision-Sensing-Based Robotic Manipulation with Global Stability. *Sensors*, 2013, 10(13), pp:13464-13486. (SCI)

[4] Xungao Zhong, Xiafu Peng, Xunyu Zhong and Lixiong Lin. Dynamic Jacobian Identification Based on State-Space for Robot Manipulation. *Applied Mechanics and Materials*, vols. 475-476 (2014) pp: 675-679. (EI)

[5] Xungao Zhong, Xiafu Peng, Xunyu Zhong and Xueren Dong. Multi-Channel with RBF Neural Network Aggregation Based on Disparity Space for Color Image Stereo Matching. *IEEE 5th International Conference on Advanced Computational Intelligence (ICACI)*, 10(2012) PP:620-625. (EI)

[6] XUNGAO ZHONG, XIAFU PENG, XUNYU ZHONG. NEURAL-BAYESIAN FILTERING BASED ON MONTE CARLO RESAMPLING FOR VISUAL ROBUST TRACKING. *Journal of Theoretical and Applied Information Technology*, 2013, 2(50), pp: 490-496.

[7] Xungao Zhong, Xiafu Peng and Xunyu Zhong. Severe-Dynamic Tracking Problems Based on Lower Particles Resampling. *TELKOMNIKA Indonesian Journal of Electrical Engineering*. 2014, 12(6), pp:4731-4739.

[8] Xunyu Zhong, Xungao Zhong and Xiafu Peng. Velocity-Change-Space-based

Dynamic Motion Planning for Mobile Robots Navigation. *Neurocomputing*. 2014, 143(11), pp:153-163. (SCI)

[9] Xunyu Zhong, Xungao Zhong, Xiafu Peng. VCS-based motion planning for distributed mobile robots: collision avoidance and formation. *Soft Computing*,2016,5(20), pp: 1897-1908. (SCI)

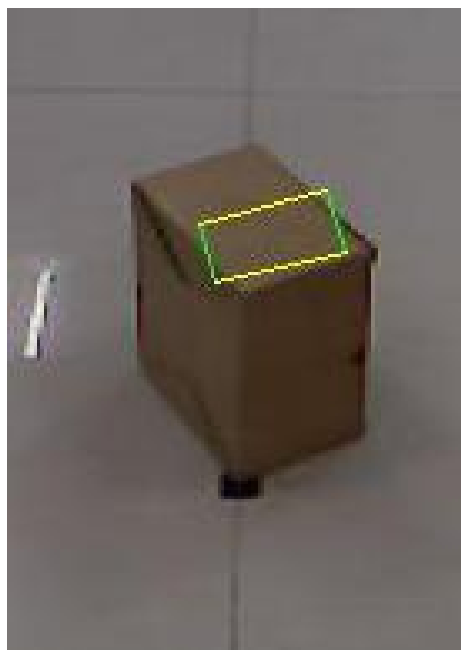
[10] 仲训杲,徐敏,仲训昱,彭侠夫. 基于雅可比预测的机器人无模型视觉伺服定位控制, 控制与决策, 已在线发表, 2018.

[11] 仲训杲,徐敏,仲训昱,彭侠夫. 基于图像的机器人非标定视觉反馈控制全局定位方法, 厦门大学学报(自然科学版), 已录用, 2018.

三、应用技术成果

(一) 基于多模特征深度学习的机器人抓取判别

研究了多模特征深度学习及其在机器人智能抓取判别中的应用,该方法针对智能机器人抓取判别问题,研究多模特征深度学习与融合方法.该方法将测试特征分布偏离训练特征视为一类噪化,引入带稀疏约束的降噪自动编码(Denoising auto-encoding, DAE),实现网络权值学习;并以叠层融合策略,获取初始多模特征的深层抽象表达,两种手段相结合旨在提高深度网络的鲁棒性和抓取判别精确性.实验采用深度摄像机与6自由度工业机器人组建测试平台,对不同类别目标进行在线对比实验.结果表明,设计的多模特征深度学习依据人的抓取习惯,实现最优抓取判别,并且机器人成功实施抓取定位,研究方法对新目标具备良好的抓取判别能力.





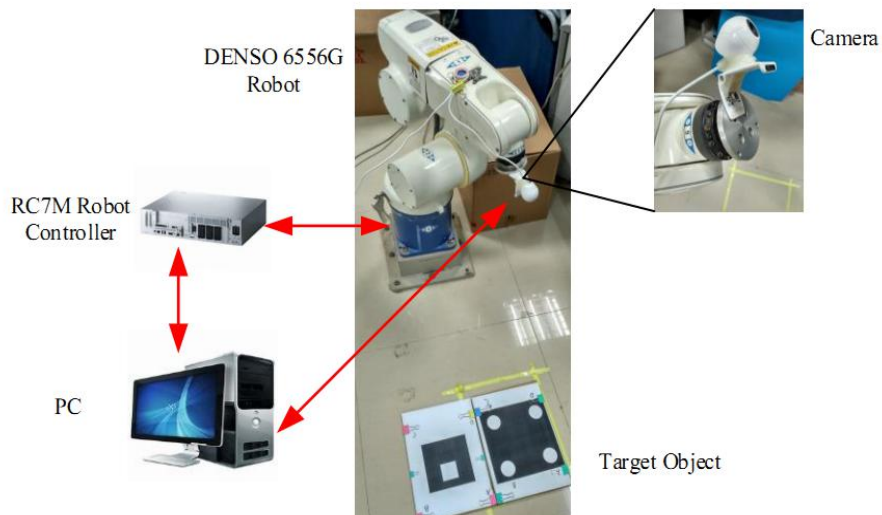
（二）无标定视觉伺服解决方案及其机器人操作应用

研究了无标定视觉伺服方法及其在机械臂任务操作中的应用。首先提出视觉伺服目标：假设机器人或者摄像节的模型参数未知或者部分未知，视觉伺服的目标是使用摄像节作为传感器，引导机械臂运动，使当前图像特征收敛到期望图像特征，从而完成定位或者跟踪的任务。

手眼协调关系描述。关节图像雅克比矩阵定量描述了机械臂关节变化引起图像特征变化，它是关节-图像映射的局部线性化矩阵。

建立图像雅克比的在线估计器。将关节图像雅克比矩阵的每一个元素作为辅助系统的状态，建立辅助系统的状态方程；摄像机提取到的图像特征作为测量值，建立辅助系统的观测方程。根据 Kalman 滤波器理论，我们设计了对关节图像雅克比的在线实时估计算法。

构建基于图像矩的目标函数。为了避免传统的基于点特征的缺陷，例如点特征的标记、提取与匹配过程复杂且通用性较差问题。构建基于图像矩的图像特征向量完成视觉伺服任务，来提高视觉伺服系统的稳定性和可靠性。



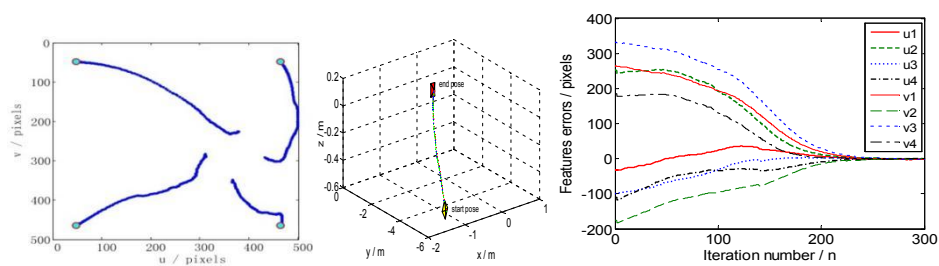
实搭建的无标定视觉伺服平台
部分实验结果如下：



起始时刻相机图像 起始时刻机器人空间图像



任务操作结束时相机图像 任务操作结束时机器人空间图像



四、合作企业

厦门万久科技股份有限公司是一家集销售、软件研发、技术服务、加工技术整合为一体的高新技术企业。目前公司的经营范围涉及 CNC 软件开发及数控系统销售、CNC 控制零件销售及专业维修；工艺优化、机台升级与技术改造、工程配电与软件优化、专用机控制系统开发、多轴机的设计与开发、机台精度检测与校正优化服务等。公司是国际知名生产制造企业——富士康的产品供应商和技术服务商。

航空航天学院 卿新林研究团队

团队介绍

	姓名	首席个人简介
首席科学家	卿新林	国家海外高层次人才，结构健康监测成果先后 5 次被美国 NASA 技术简报报道，发表学术论文 170 多篇，授权美国发明专利 18 项、中国发明专利 30 多项，获中国产学研合作创新奖、美国 NASA 原始创新奖、中国国家发明奖
团队成员	曾志伟	教授
	王奕首	教授
	李卫彬	副教授
	孙 虎	副教授
	薛文东	助理教授
	颜佳佳	工程师
联系人/联系方式	厦大科技处 0592-2185633	
首席照片		
		

成果：重大装备结构健康监测系统

一、项目简介

该项目属于电子信息、先进传感、先进制造等多学科交叉的技术领域。项目主要打破了面向飞行器结构损伤定量化监测的基于传感器网络智能层的集成化主被动结构健康监测技术壁垒，主要创新点包括多模式混杂传感网络智能层技术、单一导线连接多个驱动与传感元件的转化技术、主被动传感与监测一体化技术、传感系统自诊断与维护技术、以分布式信号处理为基础的大型传感器网络技术以及高集成度轻质化主被动健康监测软硬件系统。本项目成果在飞行器上的应用可以减轻飞行器结构重量、实现基于结构实时状态的视情维护，从而大幅提高飞行安全性、降低运营与维护成本。项目还可进一步推广应用到大型舰船、海洋工程、风力发电、汽车、以及桥梁、高层建筑、高铁、石油管道等民用基础设施中，以提高其安全性、降低检测成本，有巨大的应用市场。

二、前期研究基础

项目研究团队致力于解决重大高端装备无损检测与结构健康监测的科学与技术问题，重点开展了先进传感技术、状态评估与损伤诊断算法、系统集成开发等研究，主要进展如下：

1) 形成了一套工艺成熟、性能可靠的具有多模式感知能力的分布式传感器网络技术

该技术主要包括传感器网络智能层的设计与制造、单一导线连接多个驱动与传感元件的转化、分布式信号激励与数据采集单元的制作与集成。传感器网络智能层是一层含有分布式嵌入驱动器/传感器网络的柔性介质薄膜，不仅可集成压电传感器、光纤传感器、温度传感器、应变传感器等，而且可适应多种微纳制造技术实现印刷电路和功能节点的集成。该网络传感器网络智能层的主要技术参数如下：智能层厚度 0.1mm, EMI屏蔽，温度范围： -60°C 至 125°C ；2) 对不同物理量进行同时监测，包括离散源撞击监测，损伤监测，多点应变测量等。传感器网络智能层的优点包括：a) 柔韧性，重量轻，b) 可含多种类型的传感器，c) 适应任何复杂的几何结构，d) 在不同环境下耐用和可靠性，e) 容易与精确安装，f) 抗电磁干扰，g) 不影响结构的完整性。

上述研究成果已经获得美国发明专利授权。

2) 开发了主被动集成化结构健康监测硬件系统

该硬件系统突破的关键技术主要包括传感器网络分区与切换技术、主动信号激励设备与主被动数据采集设备集成技术。对前期开发的主被动结构健康监测系统进行改进升级，开发了高集成度的1发多收的传感器网络切换技术，显著提高了传感网络扫查效率；针对热点区域监测中的串扰过大问题，基于SPI控制总线设计了模拟开关切换矩阵和低噪声电荷放大电路，以及具有互锁隔离结构的两级衰减电路，研制了一发多收主动式超低串扰超声导波系统；基于稀疏传感网络的低功耗多通道同步采集被动式监测系统。该系统的主要技术指标：1) 主动监测通道可扩展至1000个以上；2) 被动监测通道可扩展至100个以上。该系统的优点包括：a) 重量轻、体积小；b) 可适用金属和复合材料的大面积结构损伤诊断和热点区域内微小损伤诊断。

上述研究成果已经获得了美国和中国发明专利的授权。

3) 研发了一套具有多种功能的结构健康监测软件系统

该软件系统突破的关键技术是设计了具有可扩展性的多功能信息处理与决

策平台的软件架构，不仅可以实现硬件系统驱动和功能配置，而且可以实现传感信息的处理和不同损伤诊断算法的集成，此外还具有传感器网络自诊断与维护功能。基于统一的传感信息库，可以集成研究团队开发的先进损伤量化诊断算法，利用多种传感信息的全方位整合来确定结构状态，局部数据处理、全局数据分析、以及测量数据和结果的实时显示；该软件系统的主要技术指标包括：1) 传感器网络系统自诊断与维护，环境自补偿；2) 监测大面积复合材料结构中直径 2 cm 的损伤及其增长，POD 99%；3) 监测关键部位 2 mm 微小裂纹及其增长。

上述研究成果已经获得了美国和中国发明专利的授权。

三、应用技术成果

项目研究团队在国家自然科学基金、国防基础科研计划重大项目、工信部民机预研项目、中国商用飞机有限责任公司和中国运载火箭技术研究院等委托课题的项目资助下，围绕重大装备结构健康监测系统研发，突破了突破传感器网络布设、多场信息融合、损伤监测量化、环境补偿等关键技术，成果发表在 *Structural Health Monitoring*、*Mechanical Systems and Signal Processing*、*Ultrasonics*、*Smart Materials and Structures*、*Sensors and Actuators A: Physical* 和 *Journal of Intelligent Materials and Structure System* 等期刊，并在相关重大装备的地面试验或演示验证试验进行了应用，典型成果包括：

1) 项目研究团队开发的结构健康监测技术成功应用于大型民机、火箭贮箱和飞行器复材尾翼等航空航天装备关键结构地面试验验证（图 1-图 3），获取关键参数数据，为飞行器关键结构设计和性能验证提供技术支持，得到用户单位好评。

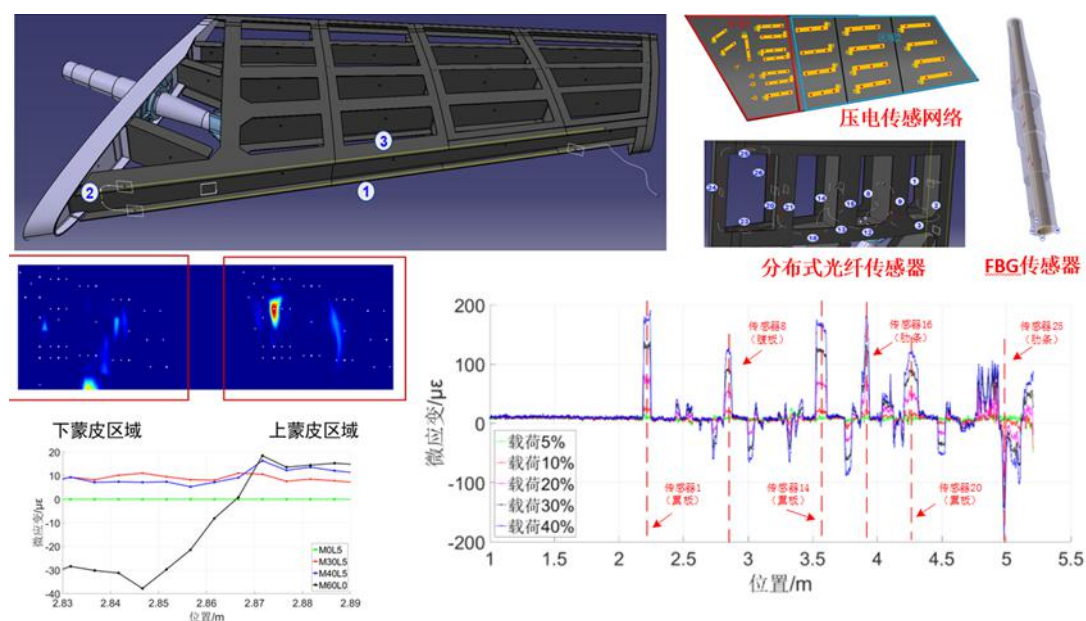
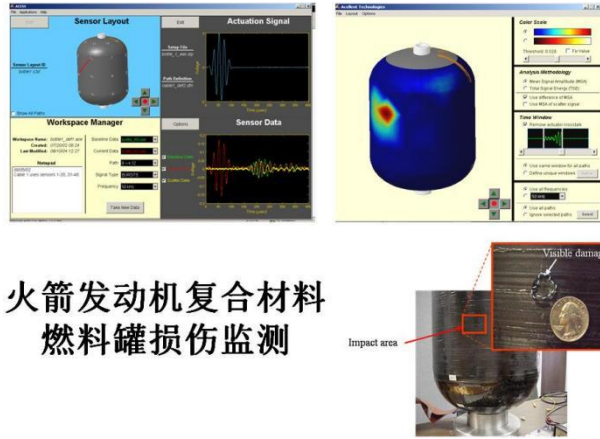


图 1 某可重复使用飞行器尾翼力热耦合试验结果



火箭发动机复合材料
燃料罐损伤监测

图 2 复合材料贮箱撞击损伤主动监测结构



图 3. F-16 上补片健康监测的飞行试验

2) 针对复合材料结构外部撞击监测存在的传感器网络布设密度高、识别算法复杂等问题, 研制了基于稀疏传感网络的低功耗多通道同步采集被动式监测系统, 并开发了基于机器学习和时间序列分析的撞击识别算法如图 4。

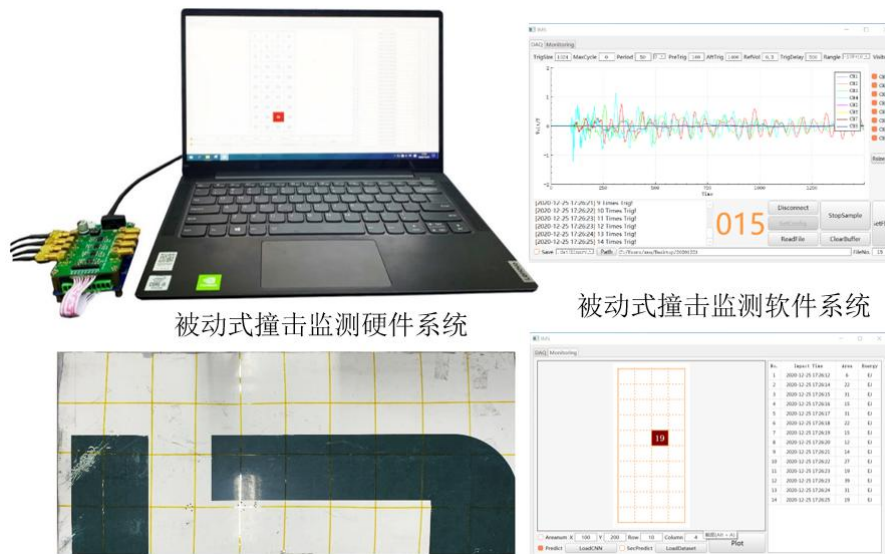


图 4 基于稀疏传感网络的低功耗被动式撞击监测系统

四、合作方式

研究团队同厦门航空公司、厦门太古飞机有限公司、厦门太古发动机有限公司建立了合作关系,承担了中国商用飞机有限责任公司、中国航发集团下属企业、中国运载火箭技术研究院等著名企业委托课题。

海洋与地球学院 张宇团队

团队介绍

	姓名	首席个人简介
首席科学家	张宇	厦门大学特聘教授，在鲸豚生物声纳和仿生技术研究取得显著成绩，提升本领域对海豚声定位机理认识。发表 SCI 论文 101 篇，获 2012 年福建省杰出青年基金、省第二批高层次创新创业人才、2015 年卢嘉锡优秀导师奖，担任 Physics Review Letters 等 13 家国际学术期刊评审。
团队成员	潘伟	教授
	杨武夷	讲师
	徐晓辉	工程师
	朱红梅	工程师
联系人/联系方式	厦大科技处 0592-2185633	
首席照片		
		

成果：基人工智能的小型水下机器人探测与识别技术

一、项目简介

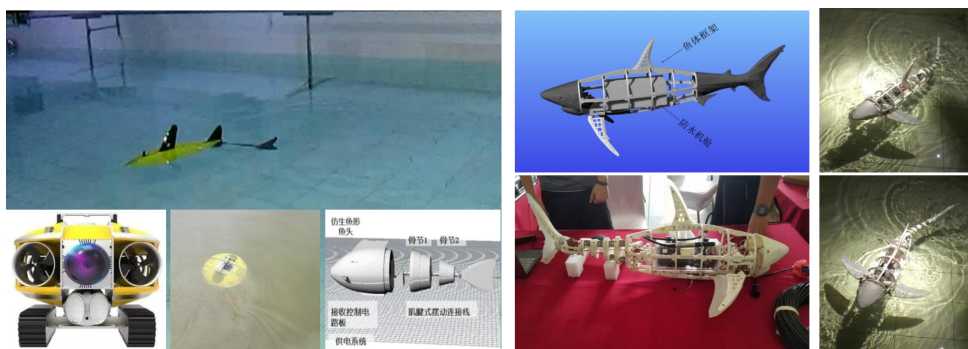
水下潜水器是海洋立体监测系统的重要移动平台，在深海工程检测、地质勘探、科学考察、环境监测与军事应用等方面有重大需求与发展前景。《国家“十二五”海洋科学和技术发展规划纲要》明确了“开发水下自航行剖面测量技术，形成近海实时、快速观测能力”的重点任务。目前国内外水下潜水器普遍采用细长或开架结构和螺旋桨驱动，具有推进效率低，转弯半径大和辐射噪声大的弱点，急需在减阻和探测能力上取得突破。本项目围绕水下小型机器人高精度探测与识别重要需求，研究基于人工智能的水下探测与识别技术，在水声仿生智能探测、目标特征提取和分类识别上开展技术攻关，并研制样机。海图公司开发多款水下机器人产品，618展示得到重要认可。基于人工智能的小型水下机器人可广泛应用于海洋与内陆，有显著产业化前景。

二、前期研究基础

科研依托厦门大学海洋与地球学院、水声通信与海洋信息技术教育部重点实验室，具备开展水声实验的良好设施：嘉庚号科考船、一艘海洋二号实验船、两处岸边实验站、一个大型水声水池、水声换能器、测量放大器、丹麦 B&K 公司的声学测量仪器谱分析仪等。已研制多款水下仿生机器人并在水池完成测试。研究团队凭借跨学科优势，把仿生声学探测与水下机器人技术相结合，取得创新成果。本项目实施所需要的实验方法与技术已经具备，并已在以往研究中得到成功应用，从而具备扎实的科研基础。

三、应用技术成果

在仿生探测方面，研究基于人工智能的水下探测与识别技术。仿生最优能量传输与波束控制、仿生目标探测与人工智能识别可以提高水声探测指向性、抑制混响并具备定向水声通信能力，能够突破现有水下机器人水声探测和通信限制。在基于人工智能的海洋仿生机器人研发方面，利用生物医学成像测量鲸豚流线体形、结构和组织特性，设计仿生机器人具有仿生形态和柔性特性，突破现有水下机器人结构和材料设计理念。研究水声仿生智能探测、目标特征提取和分类识别提升仿生机器人水下工作能力。在仿生水下机器人样机研制、传感和模式识别等取得应用成果。



厦门大学课题组已研制机器鱼、仿生鲨鱼和机器海豚等多款水下仿生机器人

四、合作企业

海图志（厦门）智能科技有限公司由福建省海洋与渔业厅批准的双创干部苏芑牵头成立，组织了西北工业大学、华南理工大学、厦门大学、福州大学、福建

师范大学等院校博士专家 40 余人组成，2015 年开始，经过了 2-3 年的基础理论研究，已经申报和取得相关的专利软著 20 项。开发过相关的水下装备设备包括水下光学成像摄像机、水下光学镜头、水声定位设备、水下潜器等等，具备一定的开发研究的基础。得到省委于伟国书记、中国工程院院长周济、国家海洋局林山青副局长等等领导的认可。相关的产品取得福建省 618 青年海洋创新创业成果奖第一名，第六届全国海洋航行器设计与制作大赛一等奖，19 届中国国际高新技术成果交易会优秀产品奖、中国创新创业大赛福州市三等奖。海图志（厦门）智能科技有限公司取得厦门海峡科创基金的以 5000 万估值的投资，在厦门设立海洋机器人创业基地。



福建海图智能科技有限公司在 2017 年福建 618 项目成果交易会展示水下机器人

海图志（厦门）智能科技有限公司小型水下产品在 2016 年深圳高交会上引起了科技部、云南省科技厅、广西省海洋局等其他省市领导的重视，2017 年福建 618 项目成果交易会上得到中国工程院院长、福建省省长（现任省委书记）、国家海洋局副局长、福建省副省长、省发改委主任等专家领导的肯定。

信息学院 洪青阳团队

团队介绍

	姓名	首席个人简介	
首席科学家	洪青阳	厦门大学副教授，天聪智能创始人，全国人机语音通讯会议（NCMMSC）常设委员，公安部安防行业标准(SAC/TC100/SC2)委员。主要研究方向为声纹识别、语音识别，先后主持国家自然科学基金2项，科技部创新基金2项，省杰出青年基金1项。	
团队成员	李琳	副教授	
	童峰	教授	
	黎荣晋	硕士生	
	赵淼	硕士生	
	周健峰	硕士生	
	颜世江	硕士生	
联系人/联系方式	厦大科技处 0592-2185633		
首席照片			
			

成果一：智能声纹识别系统

一、项目简介

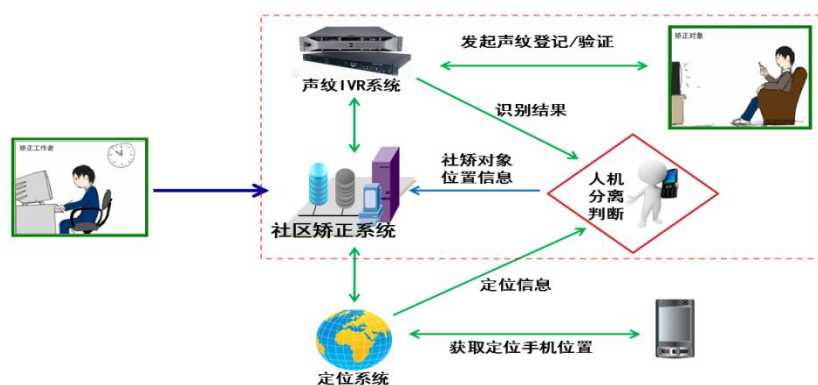
声纹识别是人工智能的核心技术，可广泛应用于司法、社保、银行等领域的身份认证，但还存在跨信道、噪声、短语音等技术瓶颈，需要持续研发改进。

二、前期研究基础

有超过 15 年的研究积累（实验室网址：speech.xmu.edu.cn），已研发 dnn i-vector, x-vector 等核心算法，达到国际一流水平，应用开发也积累了丰富的经验，在 STEW-1、POATi、OLR2017 等国内外评测名列前茅。

三、应用技术成果

课题组研发的文本相关说话人识别系统，已应用到全国 10 个省市的司法社区矫正平台。课题组与合作企业研发的文本无关声纹采集与辅警系统，应用到厦门 110 接处警系统。课题组研发的基于 i-vector 的大规模声纹检索系统，应用到市场调查电话录音的筛查中，处理语音超过 50 万条，有效降低人工成本，受到客户的好评。



四、合作企业

厦门天聪智能软件有限公司是一家成立于 2005 年的高新技术企业、公安部声纹识别行业标准制定单位，专业从事声纹识别、语音技术和人工智能软件的研发和销售。经过 13 年的发展，天聪公司已成为国内领先的语音声纹识别技术开发商。天聪公司被认定为“高新技术企业”和“软件企业”，获得软件著作权 6 项、授权和受理专利 9 项、科技鉴定成果 1 项、制定声纹标准 1 项。天聪声纹识别技术及产品已成功应用于司法鉴定、社区矫正、市场调查、公安刑侦、社保养老等领域，其中社区矫正声纹识别系统市场占有率第一。

成果二：人机语音交互关键技术

一、项目简介

随着智能硬件的快速普及，人机交互方式发生了重大变革，迫切需要语音唤醒、近/远场语音识别、语音合成等语音交互关键技术，尤其要解决复杂场景下的识别鲁棒性等问题。

二、前期研究基础

已开发实现语音唤醒、命令词识别系统、多元麦克风阵列系统、云端“自由

说”语音识别系统、基于深度学习的语音合成系统。

三、应用技术成果

应用开发方面，课题组与华为公司合作，研发语音交互关键技术，涉及语音唤醒、声纹识别、语音识别、麦克风阵列，已开发实现语音唤醒、声纹识别和麦克风阵列语音识别系统，应用到智能手机、智能机器人等平台。



四、合作企业

华为技术有限公司是一家生产销售通信设备的民营通信科技公司，于1987年正式注册成立，总部位于中国深圳市龙岗区坂田华为基地。华为是全球领先的信息与通信技术（ICT）解决方案供应商，专注于ICT领域，坚持稳健经营、持续创新、开放合作，在电信运营商、企业、终端和云计算等领域构筑了端到端的解决方案优势，为运营商客户、企业客户和消费者提供有竞争力的ICT解决方案、产品和服务，并致力于使能未来信息社会、构建更美好的全联接世界。2013年，华为首超全球第一大电信设备商爱立信，排名《财富》世界500强第315位。目前，华为约有18万名员工，业务遍及全球170多个国家和地区，服务全世界三分之一以上的人口。

信息学院 丁兴号团队

团队介绍

	姓名	首席个人简介	
首席科学家	丁兴号	教授、博导，福建省高等学校新世纪优秀人才，福建省智慧城市感知与计算重点实验室副主任。丁兴号分别于1998年、2003年获合肥工业大学学士、博士学位。2006.1-2008.10年厦门大学物理学博士后。2009.9-2011.3美国Duke大学电子与计算机工程系博士后。主要研究方向是机器学习、深度学习、医学图像处理与分析、智能数据分析与处理等。已在包括IEEE TIP、IEEE TITS、CVPR、ICCV、AISTATS等国际、国内重要刊物和会议上发表学术论文100余篇。主持国家自然科学基金3项、其他纵横向项目近20项。	
团队成员	黄悦	副教授	博士
	蔡聪波	副教授	博士
	廖英豪	副教授	硕士
	John Paisley	助理教授（哥伦比亚大学）	博士
	张晓平	教授、千人（加拿大瑞尔森）	博士
	曾德炉	副教授/博导（华南理工大学）	博士
联系人/联系方式	厦大科技处 0592-2185633		
首席照片			
			

成果一：恶劣成像环境下图像目标检测、识别与跟踪系统

一、项目简介

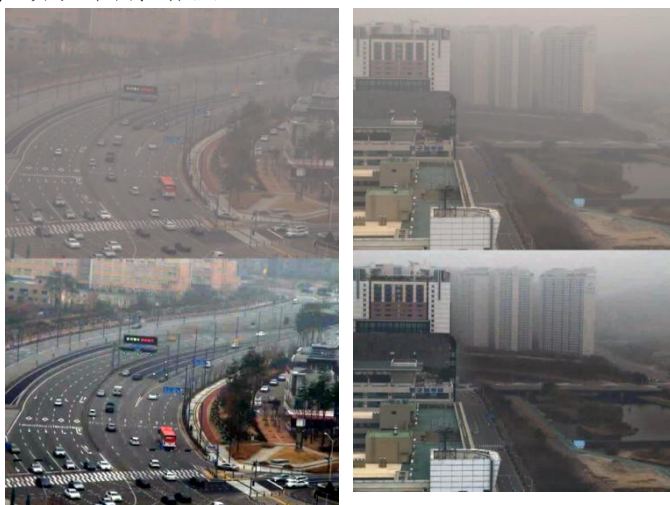
项目旨在解决现有目标检测、识别和跟踪系统易受雨天、雾天、沙尘、低光照、水下等恶劣成像环境的影响问题，使得相关目标检测、识别与跟踪系统可以全天候工作，最大程度克服相关视觉应用系统受天气和工作场景的影响的局限。

二、前期研究基础

课题组通过多年攻关，在相关核心技术方面有多项突破，提出多项拥有自主知识产权的针对恶劣成像环境下退化图像的质量提升方法。相关研究处于国内领先水平，已在包括 IEEE Trans.Image Processing, CVPR, ICCV 等计算机视觉国际顶级期刊和会议上发表论文 17 篇。授权发明专利 5 项，软件著作权 1 项。

三、应用技术成果

1) 雾天图像增强



2) 水下图像增强



3) 单幅图像去雨处理



- 4) 沙尘天气图像增强
- 5) 弱光照图像增强



- 6) 有雨图像车辆检测结果、去雨与目标检测联合优化的车辆检测结果



成果二：基于深度学习的智能计算 MR 成像

一、项目简介

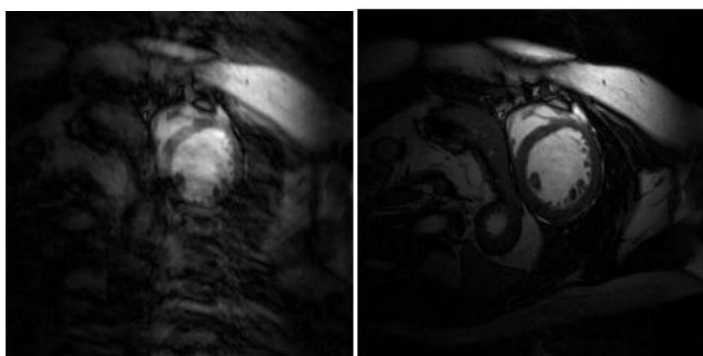
智能计算 MR 成像主要是基于脉冲序列设计、成像、重建、处理与分析的全链路优化思想，利用人工智能领域的深度学习与大数据方法，研究新体制智能计算成像理论、方法与应用，突破现有系统将成像与分析分治难以兼顾的不足，从而为医学临床和科研提供新的、更快的成像手段、更好的成像质量以及更符合实际需求的成像模式。

二、前期研究基础

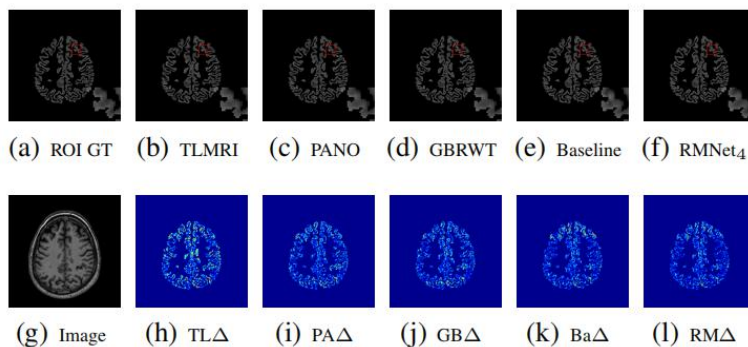
无

三、应用技术成果

- 1) 基于深度学习的信息保持压缩感知重建（左图为填零重建、右图为所提方法）



- 2) 基于深度学习的感兴趣区域重建方法研究（下图为脑灰质部分的重建结果）



成果三：基于生成图像数据的水下目标检测与识别

一、项目简介

水下目标检测与识别，是水下机器人等相关系统能够被高效应用的前提。然而现有系统难以应对水下图像能见度较低，对比度差，存在颜色漂移和边缘模糊等问题；另外，水下图像样本稀少且缺乏足够的变化性，使得相关基于机器学习的目标检测与识别系统由于缺乏训练样本而无法有效应用。

二、前期研究基础

项目利用深度学习等新的理论突破，提出两种解决方案，一种是通过结合水下成像原理与深度风格迁移、生成对抗网络等算法，由普通光学图像生成水下图像，构建水下图像目标检测与识别仿真库，该数据库一方面数据量大且具有较大的变化性，也即场景与目标均具有较大的变化性；另一方面，由于是由普通光学图像迁移获得，因而也可以直接应用普通光学图像自身的标签信息，无需再对其进行标注。另一种是研究基于水下退化图像处理算法的检测和识别系统，解决由水下图像的色彩漂移和细节丢失等退化现象带来的目标检测和识别问题。同时通过水下退化图像处理模块和检测识别系统的联合优化技术，可以实现退化图像的增强方法与检测识别系统的最佳匹配。在保证处理后的退化图像性能指标的前提下，进一步提升水下图像的目标检测识别性能。

三、应用技术成果

1) 基于深度学习风格迁移的水下图像生成效果示例



2) 基于深度学习的图像目标检测模拟示意图：



a



b



c

a 为自然场景图像中的目标检测结果；b 为模拟生成的水下风格图像及其目标检测结果；c 为图像增强后的目标检测结果。

成果四：基于深度学习和压缩感知理论的新体制水下光学成像

一、项目简介

关注、认识和经略海洋是当今世界的共识，作为认识海洋、开发和利用海洋和保护海洋的重要手段和工具，水下机器人一直是世界各主要国家科技发展的重点领域，而水下成像系统则是让机器人看的更远、更清楚，从而更为有效的感知水下世界的关键。

然而，由于水下的光学成像环境复杂而恶劣，水体对光能量的高吸收特性和水中微粒对成像光束的散射，使得水下光学成像技术的成像距离较短。采用主动照明技术等方法可以增加成像距离但同时成像质量下降。现有的各种水下成像技术难以同时兼顾成像距离和成像质量。同时同一种水下成像技术在不同的水体条件下成像距离相差很大，这又造成了针对不同水体条件成像系统调整复杂度的提高和时效性的降低。

项目利用深度学习和压缩感知等新的理论突破，结合水下距离选通技术和水下主动照明技术等构建新体制远距离水下光学成像系统，期望能够有效解决成像距离和成像质量难以兼顾的水下成像难题，使其成为继声呐成像和普通光学成像之外的第三类水下成像技术，为水下机器人、科考、资源考察、军事等领域提供一种有效的成像技术手段。

二、前期研究基础

课题组是国内最早一批从事压缩感知成像研究的课题组，在压缩感知成像领域已有多年积淀，已完成国家自然科学基金 3 项，在研 1 项。发表学术论文近 10 篇。课题组近年来在将深度学习与压缩感知相结合方面率先开展相关研究工作，并在医学成像领域取得了显著的成绩。

三、应用技术成果

合作企业已有水下机器人样机

四、合作企业

福建海图智能科技有限公司是福建省专业从事小型水下机器人、小型 ROV\AUV\ARV、声呐产品、水下光学影像产品开发设计的高科技公司，是长期专注海洋探测及水下影视领域技术前沿的技术公司。公司位于厦门和福州两地，有西北工业大学、华南理工大学、厦门大学、重庆大学、福州大学、福建师范大学等相关院系博士、教授近 40 人组成的科研团队。公司产品在欧洲、美洲及中国大陆均有销售。

信息学院 黄联芬团队

团队介绍

	姓名	首席个人简介		
首席科学家	黄联芬	教授，博士，博导，现任数字福建物联网通信和体系架构安全技术实验室主任，1984 年毕业留校至今，1997 年在清华大学做高级访问学者，2012 年香港中文大学高级访问学者和客座副研究员。		
团队成员	唐余亮	教授，博导，通信工程系主任	博士	
	施芝元	教授，校实验办主任	硕士	
	肖亮	教授，博导	博士	
	赵彩丹	副教授	博士	
	高志斌	高级工程师	博士	
	林和志	高级工程师	硕士	
	冯超	高级工程师	硕士	
	谢作生	高级工程师	硕士	
	赵毅峰	助理教授	博士	
	郭杰锋	助理教授	博士	
	高凤莲	工程师	硕士	
	庄卫华	加拿大滑铁卢大学教授，厦门大学讲座教授（长江讲座教授）IEEE Fellow 加拿大科学院士及工程院士		博士
	戴怀宇	厦门大学讲座教授（闽江讲座教授），美国天普大学教授，IEEE Fellow		博士
	赵涵捷	厦门大学兼职教授，台湾东华大学校长，IET Fellow		博士
	杜小江	厦门大学讲座教授（闽江讲座教授，青千），美国天普大学教授		博士
孙明廷	厦门大学外专局讲座教授，IEEE Fellow		博士	
李硕彦	厦门大学外专局讲座教授，IEEE Fellow		博士	
联系人/ 联系方式	厦大科技处 0592-2185633			
<h3>首席照片</h3> 				

成果一：基于云平台的虚拟助手可视对讲终端

一、项目简介

基于云平台的虚拟助手可视对讲终端，融合了先进的互联网云中大数据技术和图像及语音识别技术，将家庭室内机及门口主机、室内分机和手机智能连接等增加了图像及语音识别技术，并结合云端架构，在实现视频通话和开锁及智能家居控制等基本功能基础上，增加了更加智能的图像和语音识别技术和云服务功能（类似于家庭服务机器人），如可通过与云端语音对话达到不出家门可用语音对话即可购物、请人帮助及家庭医疗监护等增值云服务功能，相当于得到一位高智商高能力更加人性化的虚拟助手，还可通过图像视频等帮助居家老人获得帮助，解决目前社会老年化问题，并使传统智能家居系统创新，获得颠覆式技术革新。

二、前期研究基础

先期帮助企业完成了智能家居可视对讲终端的设计及私有云服务器的搭建。

1) 数字福建物联网通信和体系架构及安全技术实验室建设，福建省发改委，400 万

2) 基于开放业务平台的泛在融合智能家居系统的研制福建省科技计划重点项目福建省科技厅（NO: 2013H0048） 2013.1-2016.12

(3)数字家庭网关的研制福建省科技重点项目(创意产业发展专项(工业)), 40 万, (NO:2013H1008) 与漳州三菱电子有限公司合作 2013.9-2015.8

(4) 自组织网智能家居安防系统的研制，科技部项目 2009.9-2011.5 项目编号 2009GJC40038

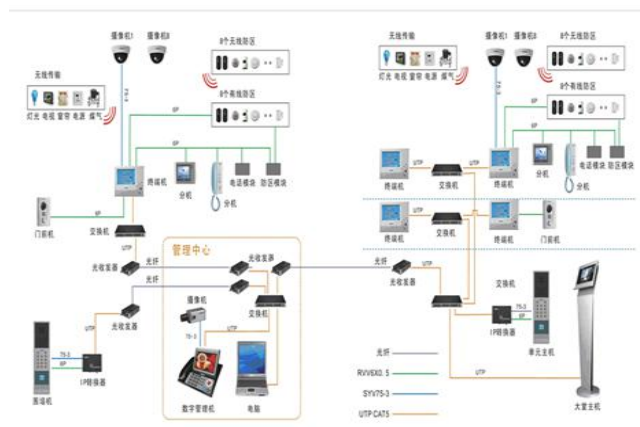
(5) 智能家居安防技术中心，厦门大学信息学院和厦门立林科技有限公司联合实验室项目 150 万

(6) 2017-2020 年物联网应用技术研究基金，福建联迪商用设备有限公司，150 万

三、应用技术成果



可视对讲终端基于云平台的虚拟助手可视对讲终端



智能安防系统

四、合作企业

厦门立林科技有限公司成立于 1993 年，总资产 1.3 亿元人民币，综合实力位居中国楼宇对讲行业前三位。在厦门拥有总占地 11 万平方米的工业园，拥有世界一流的生产、检测设备，实现了产品全套工序的自主生产。在中国拥有 3000 多万的用户群体和超过 20% 的市场份额，产品远销美国、英国、德国、法国、意大利等多个国家和地区。

成果二：特定区域无人驾驶系统

一、项目简介

特定区域无人驾驶系统主要用于特定固定的区域比如工业园区、景区、酒店、校园、厂区等需要摆渡的区域，有别于现有的百度、google 及各大汽车厂商计划开发的无人车（速度快、场景很随机），区域型的无人车场景路线相对固定、车速较低（通常只要求在 5-30 公里每小时）、通常需要部署较多的无人车才能满足要求，因此设计及实现高效低成本的无人驾驶系统和调度决策系统。

二、前期研究基础

(1) 2017-2020 年，面向沉浸式体验的空天地一体化车联网关键技术 (91638204)，国家自然科学基金重大研究计划项目，100 万。

(2) 数字福建物联网通信和体系架构及安全实验室建设，福建省发改委，400 万

(3) 汽车电子及智能应用技术厦门市马恒达汽车零部件有限公司经费 60 万，2015.4-2018.3 主持

(2) 无线车载媒体处理系统，厦门市科技计划项目 2007.1-2008.12 项目编号 3502z20073002

(3) 混合车载网络中 QoS 感知的实时多媒体传输路由机制研究，，2014.1-2018.12, 国家自然科学基金项目，编号 NO: 61371081

国家自然科学基金青年科学基金项目，61401381，面向宽带移动无定形小区的海域无线信道建模研究，2015/01-2017/12，24 万元

三、应用技术成果



无人驾驶车载单目视觉运动物体检测 车载双目视觉运动物体检测

四、合作企业

厦门市马恒达汽车零部件有限公司：厦门马恒达汽车零部件有限公司是一家集科研、生产、销售、贸易为一体的高新技术企业，公司坐落于现代化国际性港口旅游城市厦门，2007年初公司在厦门汽车工业城投资建立基地，凭借在电路控制的专业水平和成熟的技术，在汽车领域迅速崛起。公司已成功开发电源控制系统、遥控控制系统，并已广泛应用于汽车、工程机械、船舶等行业领域。

成果三：AR 医学模型教学系统

一、项目简介

随着虚拟现实与增强现实技术的快速发展，人们的学习生活将采用新的方式，进入新的领域。在医学方面，由于人体器官构造的复杂性，传统的医学教学方式是无法直观感受到人体器官细节的。AR 医学模型教学系统，是在增强现实技术和智能控制技术基础上相结合的创新设计，能够提供更真实、交互性更强的医学教学体验。AR 医学模型教学系统，用户可以通过手机摄像头识别真实世界的二维器官图像，并实时在手机屏幕上呈现该器官的三维模型，同时，结合基于蓝牙 4.0 通信与手势识别的数据手套，根据独特的手势编码，可以对三维模型进行灵活地缩放、旋转、平移等一系列操作，使用户沉浸在由多源信息融合带来的虚实结合的奇妙体验中。AR 医学模型教学系统，运用了四元数手势姿态解算、卡尔曼滤波、算术编码、增强现实渲染以及 CT 三维重建技术，是医学器官模型教学领域的跨时代创新，是该领域未来发展的重要方向，具有极为广阔的市场前景。

二、前期研究基础

(1) 2017 年国家大学生创新创业训练计划资助“AR VR 体感交互手套设计研发”

(2) “AR 医学教学系统”获 2016 年第十届国际 iCAN 创新创业大赛 VR/AR 行业赛暨首届“红谷滩杯”VR/AR 创新创业大赛一等奖

(3) “多人交互式 AR/VR 教学系统”获 2017 年第十一届国际 iCAN 创新创业大赛 VR/AR 行业赛暨一等奖

三、应用技术成果



图 1.AR 医学模型教学系统实物图

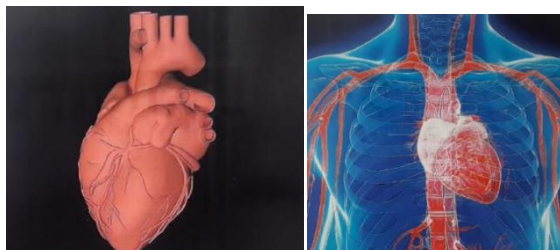


图 2.原始心脏图片

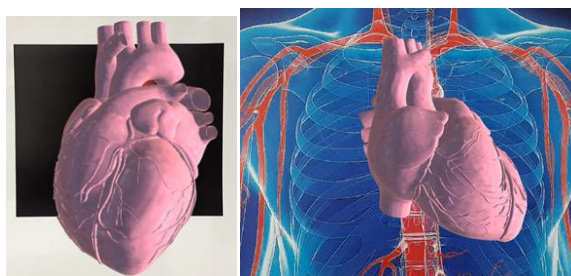


图 3.识别图片并渲染三维心脏模型

四、合作企业

目的是学生的创业公司与合作企业进行合作。

成果四：多模态人脸活体检测技术

一、项目简介

在互联网技术与人工智能技术不断进步的大环境下，快捷智能的身份认证体验已成为广大民众生活必需，人脸识别技术应运而生。比如在金融支付场景下，人们可以使用人脸识别技术代替传统的密码输入更方便快捷地完成付款。人脸支付的普及也正在逐步推进支付方式的变革，影响人们的生活方式。然而，人脸信息极易被获取，仿冒技术多样，人脸识别需要克服各类打印纸质材料、电子成像设备、人脸面具、头模的假体仿冒攻击。在金融支付领域，若人脸识别系统被攻破，就有可能造成金融账户被盗刷、账户信息被窃取等一系列灾难。因此，人脸活体检测是人脸支付领域必不可少的一项技术。

基于此背景，本项目专注于人脸活体检测，克服各类仿冒攻击，研发多模态活体检测算法，完成相关设备研制，助力智慧金融和智慧园社区等生物识别场景。项目研究开发内容包括：构建多模态全天候人脸检测算法；设计多模态轻量化活体检测的深度学习算法模型；研制支持多模态活体检测的金融支付终端设备。

二、前期研究基础

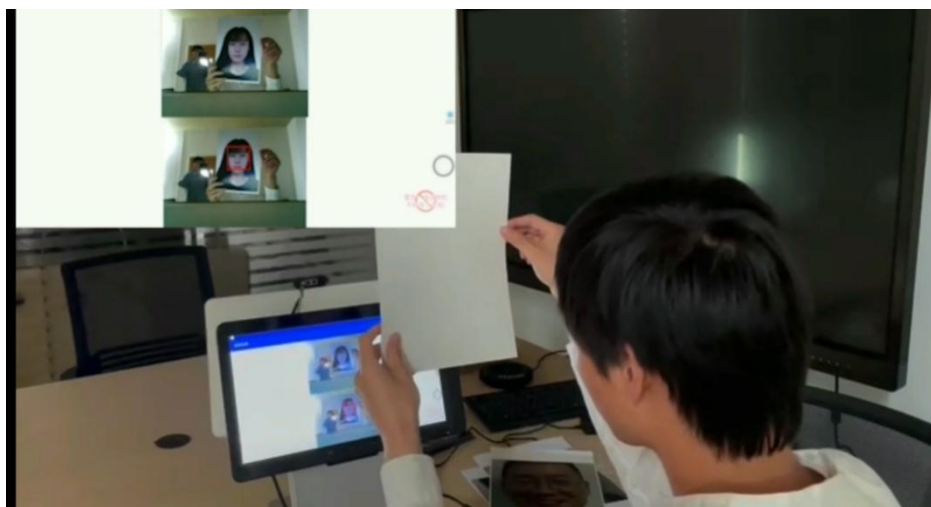
当前人脸活体检测技术被越来越多的人所关注并进行研究。最早的关于人脸活体检测的研究利用的信息是运动信息。这些方法虽然检测时间长、操作较为复杂且容易受到电子屏幕和三维面具的攻破，但这些方法为研究的继续推进提供了很好的思路。后续研究的主要思路是辨别真实人脸和攻击对象的图像细节纹理，制定特征提取算法，提取对应特征，并送入分类器进行判定。用来区分的特征主要有：颜色纹理、非刚性运动变形、材料、图像或者视频的质量。随着攻击手段的不断进步，这几年出现了一批以高质量的头部模型和面具为代表的三维攻击。2018年，Yousef Atoum团队首次把深度学习特征代入到活体检测，从此开启了通过深度学习来进行人脸活体检测的大门。随着硬件设备的不断进步，这两年业界提出将深度摄像头采集的深度特征和光学特征相结合的多模态的人脸活体检测方法。从2019年开始，如FeatherNet等多模态深度学习方法成为了目前人脸活体检测研究的主流方法，因为多模态的特征可以提取除了RGB以外的其他特征并对其进行融合，能够取得比单一模态更高的准确率。

厦门大学数字福建物联网通信和体系架构安全技术实验室项目组已在人工智能、计算机视觉、人脸识别领域有着良好研究基础。近几年实验室已与企业结为深度合作伙伴，积累了深厚的项目经验。在人脸检测技术上，项目组已实现在安卓移动端实现实时检测，检测速度可达50ms左右。在人脸识别技术上，项目组设计的算法在正常光、弱光、强光等光照条件下可达99.3%准确率，并在安卓端上予以实现。识别算法可以多人脸同时快速识别，同时也能实现在部分遮挡、多角度条件下的识别。在活体检测技术上，项目组也已经启动前期的研究，完成NIR与RGB双目摄像头的数据采集和检测算法研究，并在某多模态摄像头采集图像上进行活体检测的算法研究，算法判断的正确率达到金融支付级别的基本级要求，对研制本项目目标产品有了一定的前期积累

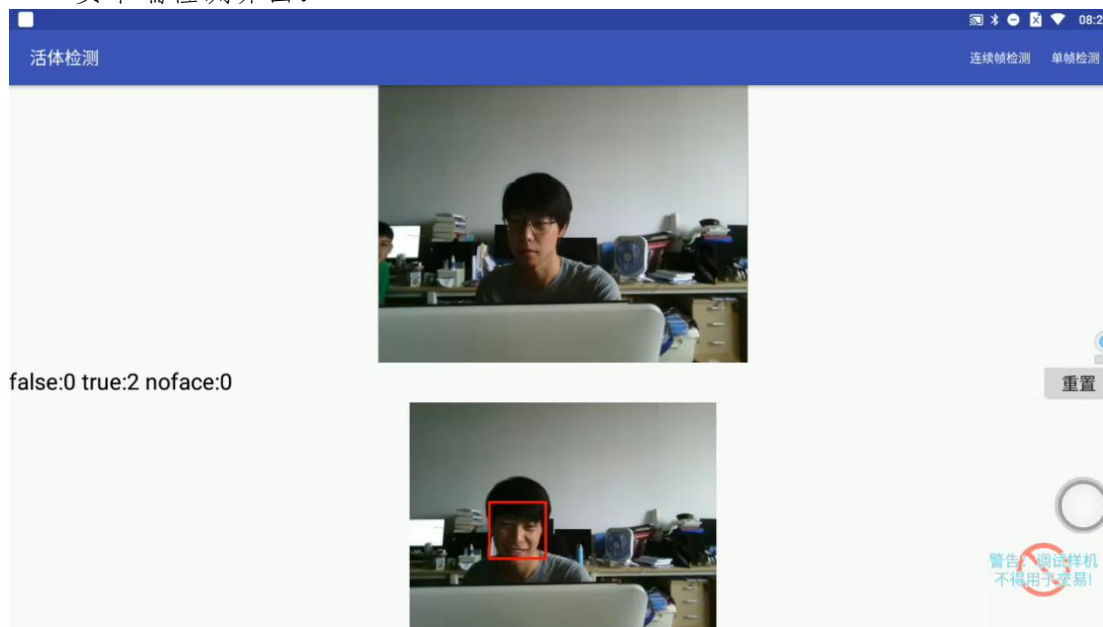
三、应用技术成果

本项目研发一款支持多模态活检的金融支付终端设备，搭载3D摄像头采集图像，经过多模态轻量化人脸活体检测算法在嵌入式设备上实时输出检测结果。其中，活体检测算法使用基于深度学习的静默式人脸活体检测方法，对网络模型进行轻量化处理，在保证准确率的情况下兼顾设备算力。

测试效果如下图所示：



安卓端检测界面：



算法方面，成功将 178MB 的模型大小压缩至 25.8MB，于此同时在公开数据集 CASIA-SURF 中，准确率由 99.73% 提升至 99.85%。根据《人脸识别线下支付安全技术规范》的环境测试要求，算法的活体检测错误接受率不高于 1%，错误拒绝率不高于 1%，达到国家级金融安全标准检测的基本级指标。

项目核心技术与创新点：

相比于传统纹理特征、深度估计、时空信息和单模态处理手段，本研究：以全天候静默式活体检测为对象，不需要用户交互验证，不需要严格的正常光照条件；以多模态多任务算法设计为手段，从而提升算法精度并提升模型效率；以轻量化边缘智能驱动为理念，将重量级云端计算的复杂人工智能深度学习网络模型，通过轻量化设计，压缩大小，并保证精度，级联调优，进一步保障了人脸数据的安全；可运行于搭载 3D 摄像头的金融支付终端设备，满足《人脸识别线下支付安全技术规范》所规定的性能指标。

合作企业推出的应用技术成果



四、合作方式

厦门大学团队与合作企业联迪商用公司自2017年起就物联网和人工智能方面建立了长期的产学研合作。



合作企业联迪商用公司是一家集研发、生产、销售和服务于一体的高新技术企业,是行业领先水平的电子支付完整解决方案供应商。产品涵盖金融支付终端、智能商用终端、新零售产品等多个种类,广泛应用于中国工商银行、中国农业银行、中国银行、中国建设银行、交通银行等银行以及银联商务、通联支付等第三方支付机构,并深入拓展到餐饮、零售、商超、酒店、电商、物流、医疗、移动收单等行业。其中,联迪商用及自主研发的智能POS终端产品,先后入选福建省制造业单项冠军企业和国家级制造业单项冠军产品榜单。经过多年技术积累,联迪商用已形成物联网、大数据、人工智能、IT支撑领域多项核心产品并规模化商用。据知名分析机构赛迪顾问数据显示,联迪商用连续多年保持高增长,POS产品占国内40%以上市场份额。

信息学院 纪荣嵘团队

团队介绍

	姓名	首席个人简介	
首席科学家	纪荣嵘	福建省“闽江学者”特聘教授（厦门大学）、国家万人计划青年拔尖人才，博士生导师。目前担任信息学院院长助理、媒体分析与计算实验室主任。	
团队成员	俞容山	教授	闽江学者
	晁飞	副教授	博士
	戴平阳	高级工程师	博士
	林贤明	助理教授	博士
	郭锋	助理教授	博士
	金泰松	助理教授	博士
	张声传	博士后	博士
	林颖	工程师	博士
	蔡岭	工程师	博士
联系人/联系方式	厦大科技处 0592-2185633		
首席照片			
 <p>Rongrong Ji 纪荣嵘 Ph.D., Professor</p>			

成果一：支持大数据理解的头戴式无障碍呈现技术装备与云服务平台

一、项目简介

当前虚实融合技术面临的重大挑战可以归结为以下两个关键科学问题：（1）非配合虚实环境的无缝融合与交互自然呈现。（2）云环境下虚实融合环境的语义理解、统一表达与应用软件快速定制。为解决上述两个关键科学问题和技术瓶颈，本项目重点研究了自然虚实融合呈现的软硬件技术和装置，构建虚实融合应用流程框架和规范，创新云软件定制和服务模式，实现应用示范。充分利用移动、穿戴式设备的多传感器优势以及云端结合方式进行三维结构的重建、语义标注、识别理解与信息关联。

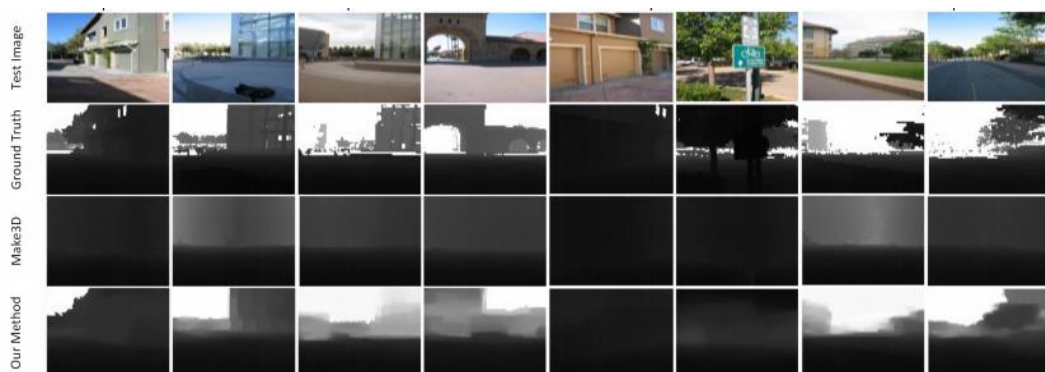
二、前期研究基础

目前已发表论文 10 篇，包括 4 篇期刊论文等（包括 TIP、TMM 等权威期刊论文）。申请专利 3 项。

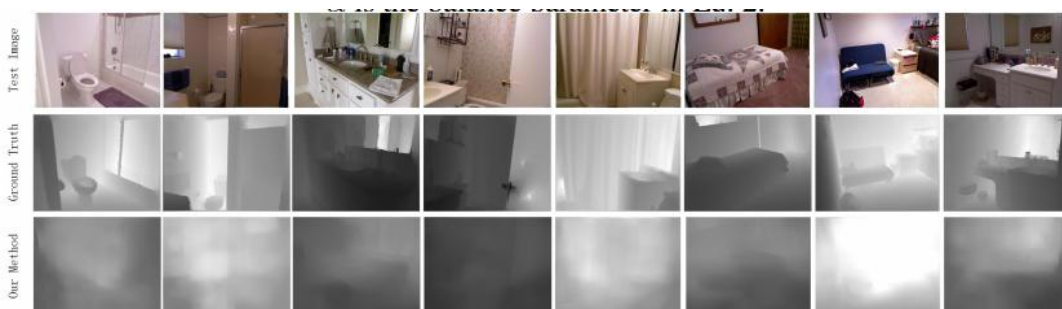
三、应用技术成果

1) 基于搜索的图像深度估计，相对误差低于传统方法，对训练集的需求小于基于深度学习的方法。

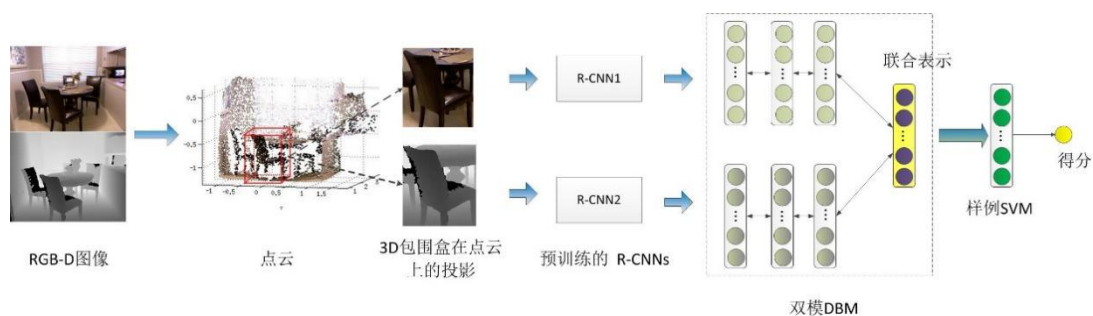
Make3D 数据集的深度估计结果



NYUv2 数据集的深度估计



2) 基于双模深度玻尔兹曼机（DBM）的三维场景物体检测框架，给出了 RGBD 训练数据不足的难题，流程如下：



3) 基于序列约束的哈希算法在不同比特率情况下均取得了很好的效果。在 LabelMe 和 Tiny100K 上使用不同哈希比特率的效果

Methods	LabelMe						Tiny100K					
	mAP			Pre@100			mAP			Pre@100		
	32	64	128	32	64	128	32	64	128	32	64	128
LSH	0.1582	0.2563	0.3555	0.2894	0.4233	0.5543	0.1231	0.1831	0.2323	0.2524	0.3845	0.4626
AGH	0.2099	0.2349	0.2297	0.3895	0.4424	0.4730	0.1176	0.1350	0.1221	0.4286	0.3751	0.3687
IsoHash	0.2606	0.3225	0.3883	0.4486	0.5211	0.5939	0.1864	0.2295	0.2599	0.4107	0.4906	0.5064
SpH	0.2481	0.3096	0.3859	0.4476	0.5244	0.6232	0.1931	0.2541	0.3193	0.4404	0.5599	0.6755
SGH	0.3012	0.3849	0.4477	0.4899	0.5920	0.6589	0.2054	0.2637	0.3038	0.4444	0.5380	0.5969
ITQ	0.3059	0.3753	0.4210	0.5012	0.5724	0.6176	0.2039	0.2436	0.2612	0.3044	0.4912	0.5164
OEH	0.2111	0.3546	0.4449	0.3693	0.5642	0.6500	0.1650	0.2495	0.3086	0.3635	0.4986	0.5954
OCH	0.3140	0.3947	0.4620	0.5072	0.6028	0.6713	0.2297	0.2919	0.3379	0.4805	0.5785	0.6314

成果二：高可信强智能的心脑血管疾病诊疗服务模式解决方案

一、项目简介

本项目以心脑血管诊疗数据为研究对象，以建立三级协同诊疗服务模式为目标，围绕心脑血管诊疗装备网络共享、多元异构医疗信息智能提取、协同诊疗、国家级协同诊疗服务模式及评价体系四个科学问题，在数据获取与资源共享，知识提取与协同诊疗，三级诊疗服务模式三个层次上开展装备网络协同共享、智能信息提取与知识发现、基于人工智能的心脑血管疾病智能诊疗、医疗服务体系及大数据安全关键技术研究 and 三级诊疗服务协作及应用平台实践等五个方面的研究，旨在建设协同诊疗公共平台，制定诊疗云服务技术应用规范，形成智能化高度协同的三级诊疗服务体系建设方案，承担起突破心脑血管疾病的传统诊疗模式的作用。

二、前期研究基础

目前已发表 6 篇论文，包括 3 篇期刊论文（包括 IEEE T-PAMI、IEEE TNN 和 IEEE TMM 等国际权威期刊），3 篇会议（国际 A 类会议 CVPR）。

三、应用技术成果

1) 在四个公开的大规模图像搜索数据集上取得了最好的结果

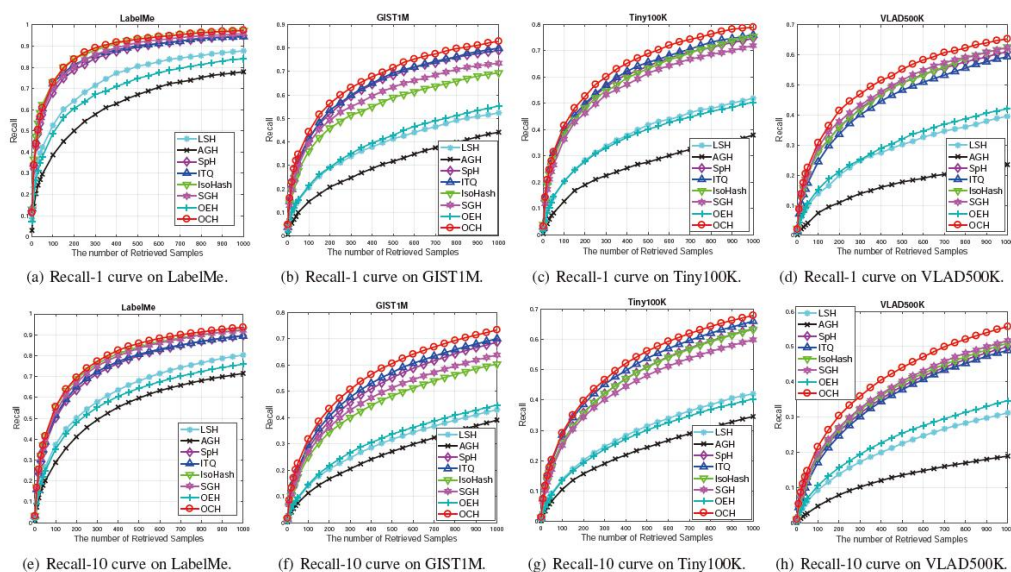


Fig. 7. The performance of Recall-1 and Recall-10 for different hashing methods on all four datasets, when hash bit is 64. (Best view in color.)

成果三：面向两岸热点事件的社交多媒体大数据协同感知与计算

一、项目简介

本项目的研究，旨在揭示阻断网络下的不对称信息传播规律，创立社交多媒体大数据的感知与计算的新理论新方法，开发面向两岸热点事件的监控技术，搭建维护国家安全和两岸稳定的支撑平台。

二、前期研究基础

持续开展在社交媒体挖掘与舆情分析领域的应用研究，在计算机学科国际一流刊物与会议（包括 TIP、TIST、IJCAI、AAAI、ACM Multimedia）上发表 10 余篇，提交申请专利 4 项。

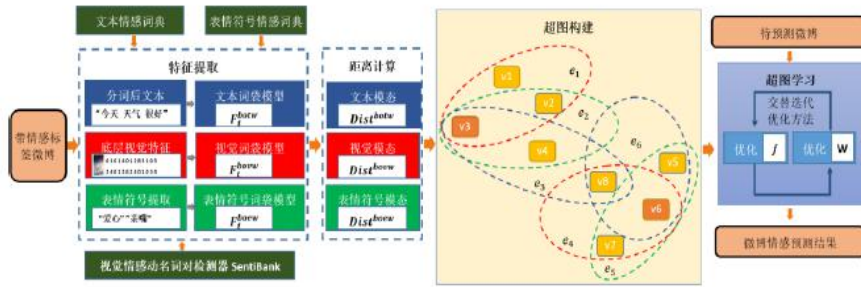
三、应用技术成果

1) 多模态事件建模。采用多假设跨空间的社会事件关联模型，根据不同空间的社会事件数据，采用其多模态信息内容进行描述，并利用协同多假设概率跟踪，实现不同空间上的事件信息协同互补，进而得到社会事件的协同关联。

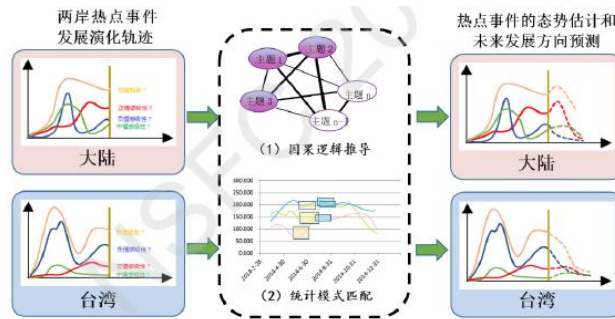


2) 基于超图学习的跨模态社交媒体舆情分类, 采用超图学习技术, 分析跨模态微博

信息的整体舆情走势，然后采用多模态超图学习技术进行跨模态舆情预测。



3) 两岸热点事件态势预测, 采用基于统计模式匹配和因果逻辑推导的预测算法。输入是热点事件在大陆/台湾的发展演化轨迹, 输出是热点事件的态势估计和未来发展方向预测。



信息学院 李军团队

团队介绍

	姓名	首席个人简介	
首席科学家	李军	教授/院长	2011年入选“福建省高校领军人才资助计划”。国际摄影测量与遥感学会移动测图工作组主席，国际制图学会遥感影像测图委员会副主席，国际测量师联合会海洋测绘委员会副主席；加拿大滑铁卢大学终身教授和校评议委员会委员。
团队成员	王程	教授/副院长	福建省新世纪优秀人才，福建省特支“双百计划”入选者
	程明	教授	
	温程璐	副教授	
	臧彧	助理教授	
	曹刘娟	助理教授	
	陈一平	高级工程师	
	杨文韬	工程师	
联系人/联系方式	厦大科技处 0592-2185633		
首席照片			
			

成果：大规模城市三维点云智能处理基础支撑平台

一、项目简介

激光扫描系统能够直接获取被测目标表面的三维空间坐标，具有采样密度高、点云分布密集等特点，正逐渐成为三维空间信息快速获取的主要手段之一，被广泛应用于文物保护、三维重建、数字地面模型生产、城市规划等领域。团队拥有世界上最先进的车载和静态地面激光扫描系统，具备在城市、海岸带、矿山等环境条件下获取三维点云数据的能力。通过研发点云分割、点云智能量测、三维目标提取、点云分析、三维场景重建等智能计算的理论和方法，可以实现三维点云数据向三维空间模型的智能转换。

二、前期研究基础

团队拥有世界领先的 RIEGL VMX-450 车载激光扫描系统、具有全波形数据采集功能的 RIEGL VZ-1000 地面激光扫描仪、Trimble TX5 地面激光扫描仪、Leica Viva Smart Station 智慧全站仪及 Leica Viva GNSS 测量系统，激光扫描设备达到国际领先水平。

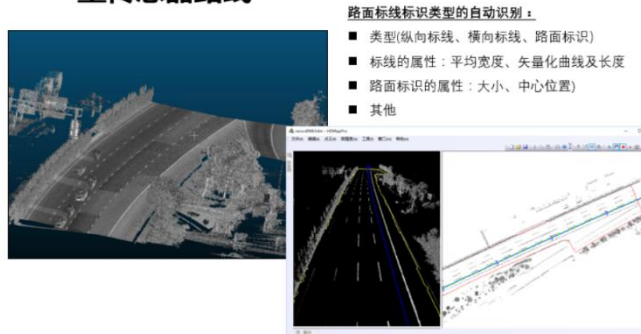


团队拥有的激光扫描设备

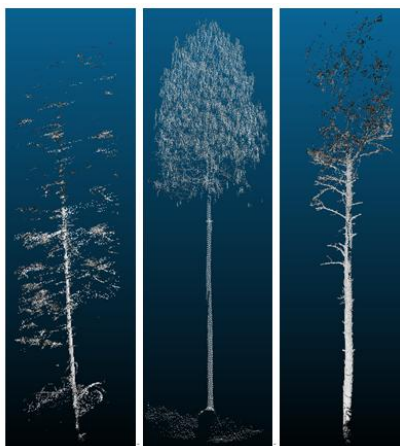
三、应用技术成果

团队与易图通科技（北京）有限公司合作，开发基于车载激光扫描的道路标记技术，基于车载激光扫描获取的道路区域及其附属物的点云数据，研究道路区域及其附属物的分类标记技术并开发相应工具集。研究成果已经应用于易图通公司的高精度地图生成系统。

高精度地图生产系统（路面标识提取及分类） ——重传感器路线



团队与福建金森集团有限公司合作，利用三维激光扫描技术重构林地的三维数据模型，利用后处理软件自动提取树木的数量、胸径、高度并进行树种分类，完成为满足伐区设计、造林设计、抚育采伐设计等而进行的森林资源调查，大幅度提高森林资源调查的效率、准确性和安全性。



利用三维激光扫描进行树种分类

四、合作企业

易图通科技（北京）有限公司：中国最早研究和制作导航电子地图的公司之一，司拥有国家测绘局颁发的导航电子地图制作甲级测绘资质，制作的导航电子地图覆盖中国全境，道路总里程为 440 万公里，通达全国 107.4 万个村，道路里程是同类产品的 2 倍。易图通是国内唯一提供地图季度更新的图商。

福建金森集团有限公司：是我国首家林业上市公司，致力于发展森林资源培育、绿化苗木、互联网+现代林业等领域，实现“资源+科技+服务”的价值链升级和多产业运营。2015 年，集团公司销售收入 24964 万元，实现净利润 436 万元。

信息学院 李绍滋团队

团队介绍

	姓名	首席个人简介	
首席科学家	李绍滋	李绍滋，博士，二级教授，博士生导师，厦门大学智能科学与技术系系主任。中国计算机学会协同计算专委会副主任；福建省人工智能学会副理事长；福建省网络计算与智能信息处理重点实验室(福州大学)学术委员会副主任；国家科技部《先进能源技术》领域评审专家，1992年入选河南省首批优秀中青年骨干教师，1995年入选原机械工业部首批跨世纪学术骨干。	
团队成员	林志明	长江讲座教授	博士
	苏松志	副教授	博士
	陈毅东	副教授	博士
	曹冬林	助理教授	博士
	林达真	助理教授	博士
	罗志明	博士后	博士
联系人/联系方式	厦大科技处 0592-2185633		
<p style="text-align: center;">首席照片</p> 			

成果一：基于人脸与人体姿态分析的智能视觉关键技术及其产业化

一、项目简介

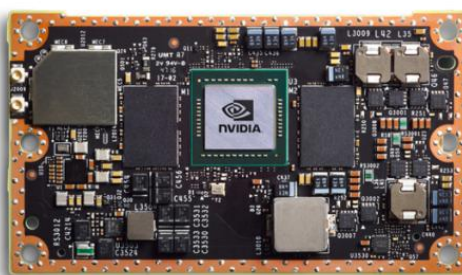
人体是视频监控、车辆辅助驾驶等应用领域中重点关注的目标。人脸和人体姿态的分析，易受光照、遮挡、穿着和复杂背景等因素的影响，研究的挑战极大。对人体的属性，尤其是人脸和人体姿态的智能分析，是计算机视觉和人工智能中的热点研究问题，也是视觉产业化急需突破的关键技术。

二、前期研究基础

目前已发表论文 12 篇，包括：计算机视觉顶级会议 CVPR 4 篇,IEEE 期刊 T-CSVT 1 篇。申请专利两项。

三、应用技术成果

[1] 基于深度学习的人脸检测技术，已成功部署在 Nvidia TX2 上，并应用在视频监控前端；



[2] 基于多特征通道聚合的行人检测器已成功应用在车辆辅助驾驶中



四、合作企业

目前，已于福建慧舟信息科技有限公司进行了深度项目合作。

成果二：以健康状态为核心的中医人工智能辅助诊疗服务平台与应用示范研究

一、项目简介

以中医学理论为依据，将采集的望、闻、问、切等信息用数据形式表达，强调客观地评价人体健康状态和病变本质，并对所患病、证给出概括性判断。另外，在中医大数据的时代背景下，完善中医人工智能辅助诊疗服务平台与应用的功能性。通过设计高效的在线信息分析技术，加强对病患终点结局的把握。

二、前期研究基础

目前已初步完成中医四诊仪器、中医人工智能辅助诊疗服务平台、与中医疗效评价系统的研发，收集临床案例 1 万余例，已发表或在投论文共计 6 篇。

三、应用技术成果

1) 中医四诊仪器展示：（下图分别对应望诊仪、闻诊仪、问诊仪以及脉诊仪）



2) 在数据融合和融合算法对比中，所提算法 MLSSO 在中医数据集上有优势。

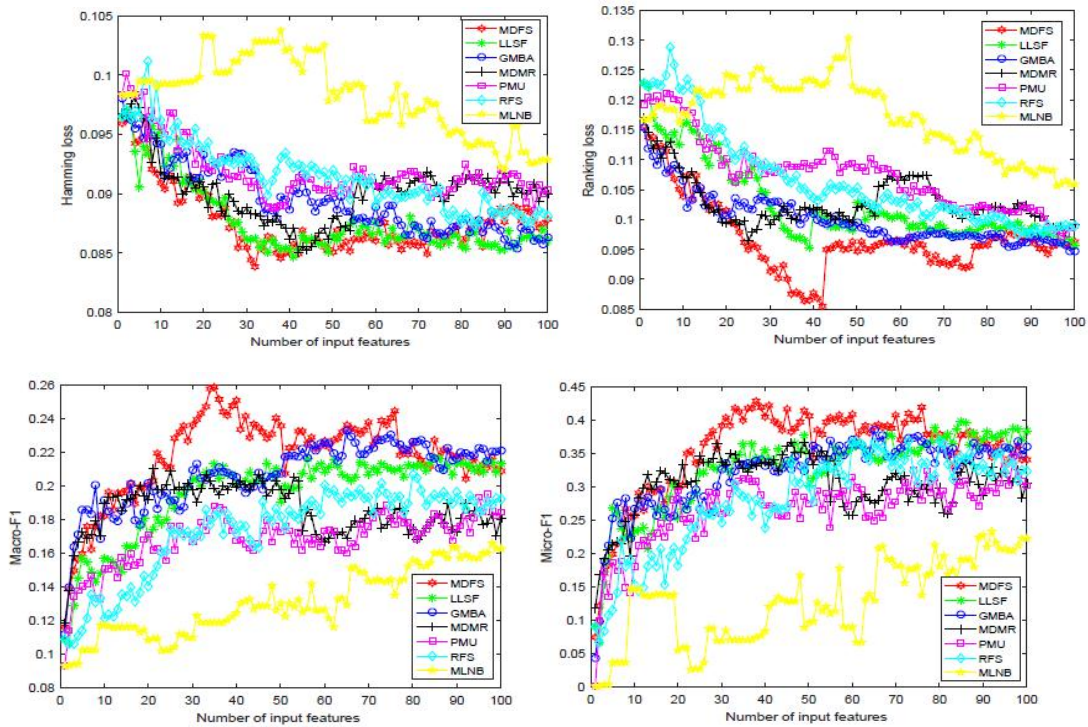
Data source	Hamming loss↓	One-error↓	Coverage↓	Ranking loss↓	Average precision↑
SYMP	0.0122±0.0010	0.1701±0.0330	0.3251±0.0435	0.0617±0.0081	0.6405±0.0265
THSV	0.0180±0.0014	0.5624±0.0657	0.4090±0.0443	0.0978±0.0071	0.3536±0.0203
TLAB	0.0181±0.0015	0.6090±0.0470	0.4122±0.0412	0.0982±0.0058	0.3447±0.0160
TRGB	0.0181±0.0015	0.5968±0.0595	0.4075±0.0413	0.0968±0.0083	0.3516±0.0241
All sources	0.0118±0.0011	0.1604±0.0272	0.3328±0.0634	0.0637±0.0108	0.6473±0.0191

Method	Hamming loss↓	One-error↓	Coverage↓	Ranking loss↓	Average precision↑
MLSO	0.0118±0.0011	0.1604±0.0272	0.3328±0.0634	0.0637±0.0108	0.6473±0.0191
BM (MLLC)	0.0164±0.0019	0.2236±0.0462	0.3575±0.0579	0.0744±0.0106	0.5146±0.0225
BM (BSVM)	0.0161±0.0019	0.2386±0.0350	0.3716±0.0578	0.0778±0.0102	0.5222±0.0190
MV (MLLC)	0.0177±0.0020	0.4156±0.0662	0.3581±0.0577	0.0766±0.0103	0.4382±0.0270
MV (BSVM)	0.0177±0.0020	0.4073±0.0621	0.3715±0.0578	0.0803±0.0101	0.4422±0.0242
BSVM (combine)	0.0123±0.0007	0.1427±0.0409	0.3473±0.0427	0.0673±0.0083	0.6343±0.0158

3) 在多标记分类学习中, 所提算法 **MLFC** 在中医数据集上的汉明损失最低。

Data Set	Rank-SVM	ML-KNN	MLNB	LIFT	MLFC	MLFC-SVM
TCM1	0.111±0.005	0.083±0.008	0.078±0.004	0.062±0.006	0.054±0.004	0.051±0.003
TCM2	0.007±0.001	0.005±0.000	0.006±0.001	0.005±0.000	0.005±0.000	0.005±0.000

4) 对于多标记数据降维, 所提算法 **MDFS** 在中医数据集上的学习性能最优。



5) 中医人工智能辅助诊疗服务平台展示:



6) 中医临床信息管理及疗效评价平台展示:

姓名	ID	职位	城市	年龄	入职日期	年薪
Angela Ramos		Chief Executive Officer (CEO)	London	47	2009/10/09	\$1,200,000
Bradley Green		Software Engineer	London	41	2012/10/13	\$112,000
Brenden Wagner		Software Engineer	San Francisco	28	2011/06/07	\$206,850
Bruno Nash		Software Engineer	London	38	2011/05/03	\$163,500
Camel Vance		Pre-Sales Support	New York	21	2011/12/12	\$138,450
Cara Stevens		Sales Assistant	New York	40	2011/12/09	\$145,600
Charles Marshall		Regional Director	San Francisco	36	2009/10/16	\$470,000
Da Rita		Financial Lead	Edinburgh	35	2012/05/25	\$217,500
Donna Sander		Customer Support	New York	27	2011/01/25	\$112,000
Dora Wilkie		Sales Assistant	Sidney	23	2010/09/20	\$95,000

四、合作企业

已有中医太空舱应用到福建省第三人民医院,并将技术用于指导福建仙洋洋食品有限公司的个性化饮料生产中。

成果三：基于多组学信息的前列腺癌人工智能诊疗系统与应用示范

一、项目简介

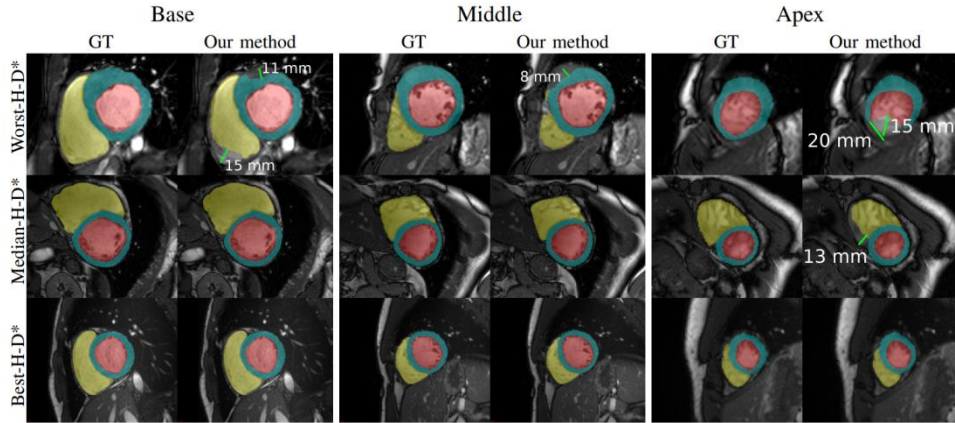
前列腺癌是西方发达国家男性肿瘤中最为常见的恶性肿瘤,在所有男性肿瘤疾病中发病率位列第二、死亡率第六。近年来,我国前列腺癌的发病率显著上升,尤其在东南沿海地区如福州已经成为最常见的男性恶性肿瘤之一。前列腺癌是指发生在前列腺的上皮性恶性肿瘤。前列腺癌病理类型上包括腺癌(腺泡腺癌)、导管腺癌、尿路上皮癌、鳞状细胞癌、腺鳞癌等。本项目是与福建省医科大学合作,旨在利用人工智能技术分析包括“影像组学”、“基因组学”、“蛋白组学”等多组学医疗数据,构建辅助分析系统及精准治疗方案推荐系统。

二、前期研究基础

目前已初步收集临床案例 100 余例,并针对其他相关疾病的放射科影像构建图像分割算法模型。

三、应用技术成果

1.在 ACDC 核磁共振心脏影像分割数据集上的结果图



2. 相应的分割准确率指标

TABLE IV: Comparison of our GridNet-MD method with ACDC challengers for the LV

	Dice		Hausdorff		corr.	EF bias	std-dev.	Volume ED		
	ED	ES	ED	ES				corr.	bias	std-dev.
Isensee <i>et al.</i> [32]	0.968	0.931	7.4	6.9	0.991	0.2	3.1	0.997	2.7	5.7
GridNet-MD	0.963	0.912	6.2	8.4	0.990	-0.5	3.1	0.997	3.7	5.1
Khened <i>et al.</i> [33]	0.964	0.917	8.1	9.0	0.989	-0.5	3.4	0.997	0.6	5.5
Jang <i>et al.</i> [37]	0.959	0.921	7.7	7.1	0.989	-0.3	3.3	0.993	-0.4	8.7
Baumgartner <i>et al.</i> [35]	0.963	0.911	6.5	9.2	0.988	0.6	3.4	0.995	1.4	7.6
Rohe <i>et al.</i> [46]	0.957	0.900	7.5	10.8	0.989	-0.1	3.2	0.993	4.2	8.6
Wolterink <i>et al.</i> [47]	0.961	0.918	7.5	9.6	0.988	-0.5	3.4	0.993	3.0	8.7
Zotti <i>et al.</i> [36]	0.957	0.905	6.6	8.7	0.987	-1.2	3.6	0.997	9.6	6.4
Jain <i>et al.</i> [48]	0.955	0.885	8.2	10.9	0.971	1.7	5.5	0.997	9.9	6.7
Tziritas-Grinias [49]	0.948	0.865	8.9	11.6	0.975	-1.6	5.0	0.992	2.0	11.7
Yang <i>et al.</i> [50]	0.864	0.775	47.9	53.1	0.926	1.5	8.1	0.894	12.2	32.0

成果四：基于社会群体智能的跨媒体内容感知与推理云平台

一、项目简介

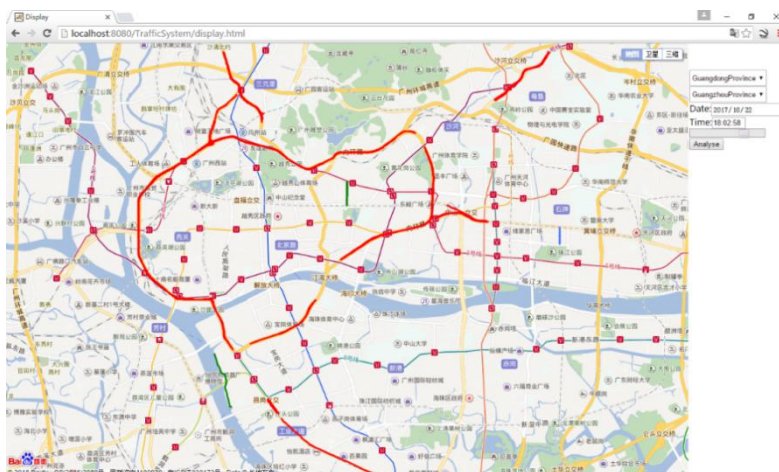
跨媒体内容的感知与推理是目前互联网信息处理的热点，基于群体智能的方式协同感知跨媒体内容并进行推理可有效解决情感分析、知识图谱关联和自然语言处理中的语义分析等问题，相关成果可应用于情感识别与生成、舆情分析和企业产业链分析等方面，因此具有重要的理论价值和应用价值。

二、前期研究基础

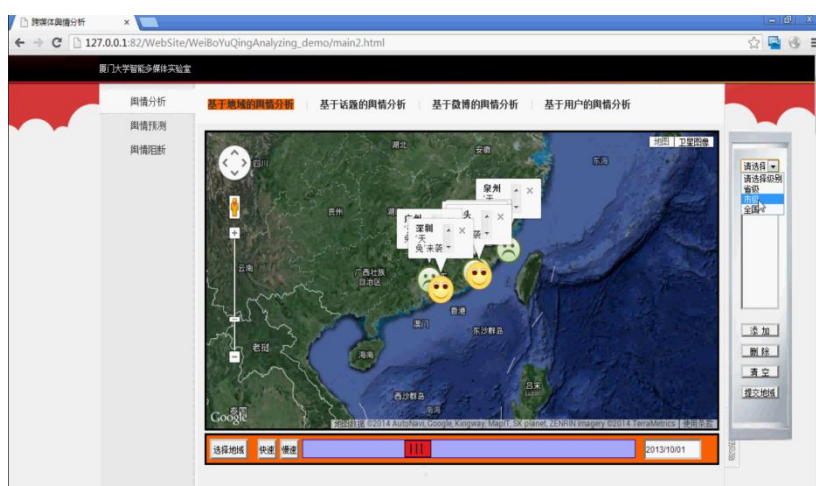
目前已发表论文 17 篇，包括 5 篇 SCI 期刊论文（2 区 2 篇，4 区 3 篇），12 篇会议论文，申请专利 2 项。

三、应用技术成果

1) 基于用户情感的交通状况分析系统



2) 跨媒体舆情分析系统



四、合作企业

相应成果已应用到厦门三五互联、绿网科技和中科院计算所福州分所的系统
中。

信息学院 王程团队

团队介绍

	姓名	首席个人简介	
首席科学家	王程	教授/副院长 福建省新世纪优秀人才，福建省特支“双百计划”入选者。在激光扫描点云自动信息提取、遥感图像自动目标识别、城市交通大数据分析等方面取得突出成绩。主持国家自然科学基金项目、863项目等共 20 余项，总经费超过 2000 万元。	
团队成员	李军	教授/院长	福建省高校领军人才资助计划，福建省引进高层次创新创业创新人才
	程明	教授	
	温程璐	副教授	
	范晓亮	高级工程师/数字福建城市交通大数据研究所副所长	
	陈龙彪	助理教授	
	杨文韬	工程师	
	李永川	工程师	
联系人/联系方式	厦大科技处 0592-2185633		
首席照片			
			

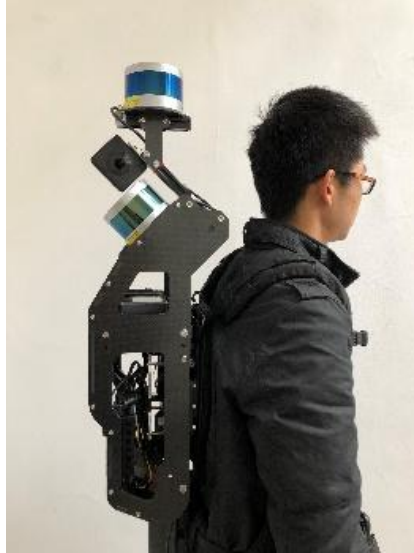
成果一：基于移动激光扫描的室内高效三维建模

一、项目简介

室内场景建模集成了计算机视觉、数据融合、视觉导航以及三维建模等技术，旨在获得室内场景精细三维模型并用于日益普及的室内导航服务，广泛应用于三维虚拟场景漫游、室内装饰辅助设计、3D 游戏开发、数字城市、智能家居、公共安全和应急响应等领域。

二、前期研究基础

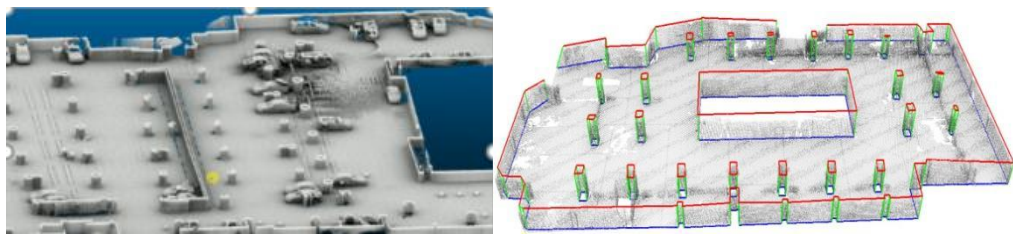
已研发成功背负式移动激光扫描高精度室内建模设备及相关软件。



高精度室内三维建模设备

三、应用技术成果

利用团队开发的高精度室内建模设备及相关软件，已经可以实现对大型室内场景（如停车场）的高精度三维建模，并快速提取带有语义信息（如天花板、地面、墙面、门窗等）的室内三维结构框架。成果已应用于辅助无人驾驶汽车自动泊车。



地下停车场三维建模结果

四、合作企业

纵目科技股份有限公司：该公司积极推动高级自动驾驶技术在汽车前装市场的推广和进步，通过和国际主流车规芯片原厂的深度合作开发，以及和高校学术界的共同合作，将基于人工智能的算法导入汽车前装产品，有多款高级辅助驾驶系统产品进入主流量产车型。

本团队研发的室内高精度建模技术，已经用于纵目科技的自动泊车产品。

成果二：城市交通脑

一、项目简介

城市交通脑集成了智能交通系统、大数据分析、城市感知与计算以及人工智能等技术，旨在研究交通大数据融合汇聚、分析挖掘、以及人工智能等领域核心理论与算法，广泛应用于城市事件感知与智能处理、公共安全和应急响应、交通拥堵与信号控制、公共出行与车辆调度等领域，以实现城市治理模式、服务模式和产业发展的技术突破。

二、前期研究基础

已研发了交通大数据分析平台以及一系列人工智能算法和应用系统，并成功应用于厦门市公安局交警支队，所开发的“厦门市交通大数据应用分析平台”入选 2017 年度工信部全国 50 个行业代表性和示范性的大数据优秀案例。

三、应用技术成果

第一，坚实的交通大数据基础和稳定的数据获取来源。团队拥有的交通大数据包含：一是通过合作企业厦门市卫星定位应用公司接入的厦门市各类交通大数据（每周产生数据量近 30 亿条，包括出租车等车辆 GPS 轨迹约 12 亿条、各类交通感知设备数据约 2 亿条、交通事故及各类交通违法数据 4 万余条，总数据量 150TB；二是通过合作企业中国交通通信信息中心获取的全国约 750 万辆营运车辆位置数据，采样频率达到 30 秒一次数据，累计每天产生约 150TB 数据，联网联控车辆覆盖 10 吨以上货运车辆、所有危险品运输车辆、所有客运车辆等营运车辆，热部署近半年总数据量达 PB 级，并存储三年以上冷备份数据。

第二，围绕福建省厦门市多个交管部门的业务数据，整合 20 多种交通类数据，并开发了“厦门市交通大数据应用分析平台”，平台入选工信部全国 50 个行业代表性和示范性的大数据优秀案例，是全国仅有的 2 个交通行业案例。同时，基于平台拓展了基于深度学习网络的城市交通流预测、交通事故时空可视化分析、基于人群移动挖掘的重点车辆缉查布控、基于动态意愿的通勤私家车拼车等 10 余个交通大数据应用。

第三，与合作企业合作，已建立了两个应用示范基地，分别是厦门市公安局交通警察支队的“交通指挥中心示范应用基地”和厦门市交通运输局的“综合交通运行信息指挥中心示范应用基地”，已支撑交管部门的各类系统调用约 5000 次/月。



交通大数据平台与应用成果

四、合作企业

厦门卫星定位应用股份有限公司：公司于 2001 年成立，2017 年 1 月挂牌新三板。始终专注于城市交通信息平台的建设与运营服务，在城市公交、出租、客货运等交通运输领域及公安交通管理等领域拥有业内领先的应用软件产品和整体解决方案。服务于全国超过 3000 家政企客户，为近 60 个城市的各级交通运输管理部门、公安交通管理部门和各类交通运输企业提供全年无休的专业信息服务，便民服务项目惠及公众用户 8000 万人口。

中国交通通信信息中心：交通运输部直属事业单位，受部委托拟订并组织实施交通运输行业通信、导航、无线电和信息化管理的技术政策、技术标准、规章制度；代部行使部无线电行政许可和行政审批职责；承担行业信息化网络的建设、运维、整合、保障等工作。中心已建设完整的全国营运车辆实时信息汇聚和网联联控系统，对全国约 750 万辆营运车辆位置信息进行实时数据采集，累计每天产生约 150TB 数据。

信息学院 张德富团队

团队介绍

	姓名	首席个人简介	
首席科学家	张德富	教授、博士生导师，博士毕业于华中科技大学。在国内外著名期刊发表 40 多篇 SCI 论文，H-index=27。主持华为等公司大数据项目多项。入选 2017 年厦门“双百计划”领军型创业人才，入选 2017 年中英创新领军人才。闽江科学传播学者，厦门市科技经济促进会高级顾问。中国大数据学术创新百人。公益慈善中国行活动专家。	
团队成员	曾湘祥	副教授	博士
	郑炜	副教授	博士
	郑灵		博士后
	雷振风		博士
	彭贺		博士
	黄添林		博士
	Yaser		在读博士
联系人/联系方式	厦大科技处 0592-2185633		
首席照片			
			

成果一：我知盘中餐大数据平台

一、项目简介

如何解决农产品销路和食品安全溯源问题，是当前两大国计民生问题。利用大数据技术对采集到的农业大数据以及物流大数据以及餐饮大数据进行分析，可以帮助农民对农产品进行智能对接和精准营销，以及食品安全溯源，具有重要的理论以及现实意义。

二、前期研究基础

华为公司项目： SmartMiner2.0 算法研究开发

2013 年度国家社会科学基金重大项目子课题： 大数据下的统计方法并行计算研究

华为公司项目： 在线决策优化

华为公司项目： APK 同质化分析

2014 年全国 SPARK 开发者竞赛冠军

华为公司项目： SOA(Hash)均衡算法合作项目

信用大数据项目（易联众公司）

农业大数据项目（北京东方润泽）

我知盘中餐大数据平台（我知盘中餐（厦门）公司） www.pzcnet.com

国家自然科学基金面上基金： 基于 Spark 的并行 Metaheuristic 算法研究。

2017-2020

国家自然科学基金面上基金： 带装箱约束的开放多车辆调度问题的模型与算法研究。2013-2017

主持教育部留学回国基金项目： 物流系统中一类关键问题的协同启发式算法研究。2012-2015

三、应用技术成果

这项成果已经孵化，网址是 www.pzcnet.com，目前流量在不断增加。



感兴趣可以关注我知盘中餐公众号：我知盘中餐 pzcnet

四、合作企业

我知盘中餐（厦门）电子商务有限公司，由厦门大学张德富带领的大数据团队创建而成，是厦门大学持股的双百企业。涉及互联网、大数据、农业、餐饮业、物流业的跨移动端和 pc 端的农餐对接大数据平台。我知盘中餐致力于精准扶贫和食品安全，结合大数据前沿科技解决农产品供销问题，免费提供强大且方便快捷的智能后台管理系统，严控把关产品质量，帮助绿色健康的农产品找到销售渠

道，利用先进的移动互联网技术和大数据核心关键技术，实现精准营销，最终实现订单式生产，更好地解决农民产、供、销的难题，让消费者吃得安心，用得放心，成为帮助农民脱贫致富和倡导绿色健康饮食的好帮手。

成果二：智能点餐

一、项目简介

智能点餐系统利用大数据和人工智能技术，对网上点餐进行个性化的推荐。大数据和人工智能技术在餐饮大数据方面的应用，对减少餐饮企业成本，提高用户点餐效率具有重要的实际应用价值。

二、前期研究基础

华为公司项目： SmartMiner2.0 算法研究开发

2013 年度国家社会科学基金重大项目子课题： 大数据下的统计方法并行计算研究

华为公司项目： 在线决策优化

华为公司项目： APK 同质化分析

2014 年全国 SPARK 开发者竞赛冠军

华为公司项目： SOA(Hash)均衡算法合作项目

信用大数据项目（易联众公司）

农业大数据项目（北京东方润泽）

我知盘中餐大数据平台（我知盘中餐（厦门）公司） www.pzcnet.com

国家自然科学基金面上基金： 基于 Spark 的并行 Metaheuristic 算法研究。

2017-2020

国家自然科学基金面上基金： 带装箱约束的开放多车辆调度问题的模型与算法研究。2013-2017

主持教育部留学回国基金项目： 物流系统中一类关键问题的协同启发式算法研究。2012-2015

三、应用技术成果



四、合作企业

我知盘中餐（厦门）电子商务有限公司

成果三：智能配送系统

一、项目简介

智能配送系统利用了团队多年研究的成果——世界领先的装箱系统以及车辆调度算法，可以在规定的时间内，完成货物的配送，达到少派出车辆，并使运行的总成本尽可能的少，不仅可以节约大量成本，而且能节能环保。世界领先的智能配送系统真正为用户省钱省心。

二、前期研究基础

国家自然科学基金面上基金：基于 Spark 的并行 Metaheuristic 算法研究。2017-2020

国家自然科学基金面上基金：带装箱约束的开放多车辆调度问题的模型与算法研究。2013-2017

主持教育部留学回国基金项目：物流系统中一类关键问题的协同启发式算法研究。2012-2015

三、应用技术成果



智能配送系统已经上线。

成果四：智慧课堂系统

一、项目简介

针对大学课堂，老师和同学存在的痛点，研发了随机点名系统，越不来上课的学生，被点中的概率更大，同时将随机抽查问题以及主动回答问题，课程答疑等统计到平时成绩中，激发学生学习的主动性。也便于通过大数据分析学生的学习状态，及时预警。

二、前期研究基础

华为公司项目： SmartMiner2.0 算法研究开发

2013 年度国家社会科学基金重大项目子课题：大数据下的统计方法并行计算研究

华为公司项目：在线决策优化

华为公司项目：APK 同质化分析

2014 年全国 SPARK 开发者竞赛冠军

华为公司项目：SOA(Hash)均衡算法合作项目

信用大数据项目（易联众公司）

农业大数据项目（北京东方润泽）

我知盘中餐大数据平台（我知盘中餐（厦门）公司）www.pzcnet.com

国家自然科学基金面上基金：基于 Spark 的并行 Metaheuristic 算法研究。

2017-2020

国家自然科学基金面上基金：带装箱约束的开放多车辆调度问题的模型与算法研究。2013-2017

主持教育部留学回国基金项目：物流系统中一类关键问题的协同启发式算法研究。2012-2015

三、应用技术成果

该系统已经在使用。



四、合作企业

香港中文大学购买过一套。目前在厦门大学一些老师中使用。后期会推广到厦门大学以及全国高校。

成果五：智能切割系统

一、项目简介

在工业领域中的许多实际问题，例如铺设瓷砖，板材的切割、服装的剪裁下料、集成电路的设计等，都可以形式化为一个切割问题：给定一块板材，如何从板上切割出所需形状的小板材（或零件），使得板材浪费最小或者给定一块地板，如何铺设瓷砖，使得地板填充率最高。实际应用领域中不少零件是用板材拼接成的，这些不同的板材是事先从标准的板材上切割而成的，不同的切割方案直接影响到废料的多少，进而影响到原材料的利用率与厂家的效益。因此如何设计切割填充等方案，使得材料浪费最小，是实际应用领域急需解决的问题。传统的解决方案是凭经验，手工操作，即浪费人力、物力，又满足不了企业信息化的需求。

切割系统为这个问题给出了一种快速而又有效的自动解决方案。该软件可以根据实际应用领域的需要，根据问题不同的约束和目标，设计出相应问题的尽可能优的解决方案。具体地说，它可以解决如下几类问题：

1) 给定板材的长宽 L, W ，要切割长度和宽度分别为共 n 块板材，如何切割使得板材利用率最高。

2) 问题 1) 中，给定板材的长度不限制，其他条件同，问如何切割，使得使用板材的长度 h 最小。

3) 上述问题，还可以对要切割板材的方向进行限制，例如切割的小板材的长度方向与大板材的长度方向一致，又如何切割？

4) 给定一块板材，问如何切割给定不同大小的圆形零件？

对于上述各种问题，我们均设计了不同的优化算法，以方便用户根据实际问题的需要进行选择。大量实际测试数据的计算结果表明，切割系统的板材利用率几乎可以达到 99% 以上，比目前市场上的切割软件的板材利用率，提高了 5% 以上。这就意味着同样一块板材，一批小板材，使用切割系统可以切出更多的板材，从而为企业节约更多的原材料以及成本。

该系统属于创新技术产品，适用于板材的切割、服装的剪裁下料、集成电路的设计等。本系统投资成本不高，但是可以产生巨大的经济效益。而且本项目组目前正在研究开发从板材上切割任意形状的物体的算法。最新研究成果可以随时改进切割系统。

二、前期研究基础

国家自然科学基金面上基金：基于 Spark 的并行 Metaheuristic 算法研究。2017-2020

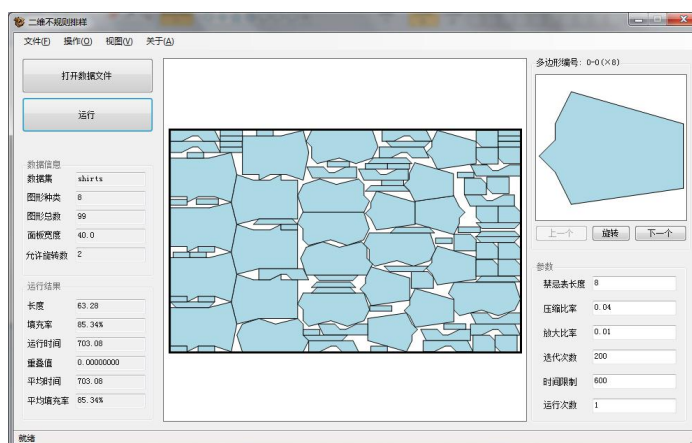
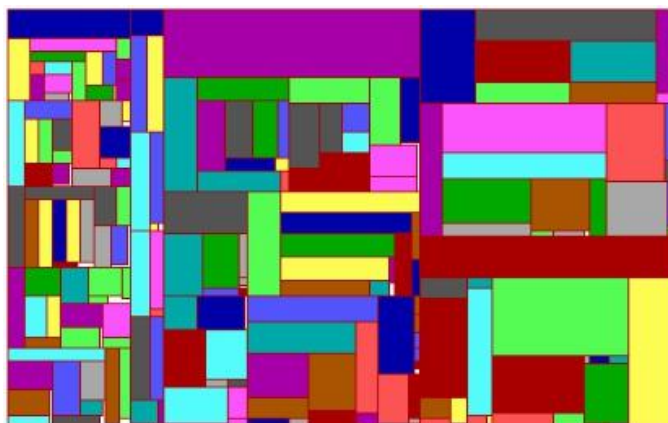
国家自然科学基金面上基金：带装箱约束的开放多车辆调度问题的模型与算法研究。2013-2017

主持教育部留学回国基金项目：物流系统中一类关键问题的协同启发式算法研究。2012-2015

深圳市唯肯科技有限公司：智能石材自动切割系统排版算法研发

三、应用技术成果

该系统已经在使用。



四、合作企业

深圳市唯肯科技有限公司。

成果六：首席装箱系统

一、项目简介

在工业领域中的许多实际问题，例如货柜装箱、纸箱装箱、卡车装箱、火车装箱等，都可以形式化为一个装箱问题：给定一个三维容器（货柜）以及若干长方体或者圆柱体，如何将长方体或圆柱体装入容器，使得容器的装箱率（空间利用率）最高。不同的装载方案直接影响到企业的成本。因此如何设计装载方案，使得装箱率最高，是实际应用领域急需解决的问题。传统的解决方案是凭经验，手工操作，即浪费人力、财力，又满足不了企业信息化的需求。

二、前期研究基础

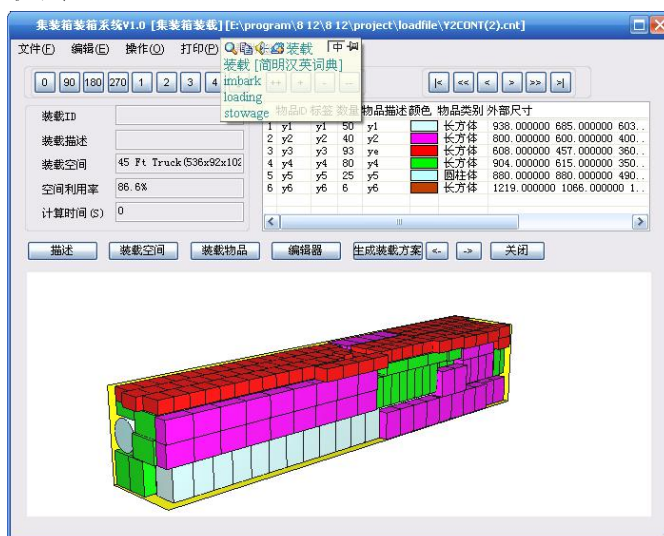
国家自然科学基金面上基金：基于 Spark 的并行 Metaheuristic 算法研究。2017-2020

国家自然科学基金面上基金：带装箱约束的开放多车辆调度问题的模型与算法研究。2013-2017

主持教育部留学回国基金项目：物流系统中一类关键问题的协同启发式算法研究。2012-2015

三、应用技术成果

该系统已经在使用。



四、合作企业

绍兴山耐紧固件有限公司。

信息学院 吴清峰团队

团队介绍

	姓名	个人简介	
首席科学家	吴清峰	吴清峰，教授，博士生导师，“福建省高等学校新世纪优秀人才”、数字福建城市公共安全大数据研究所副所长。研究领域主要有：大数据分析与应用、机器学习技术、脑机交互融合等。近年来，以项目主持人或第一合作者完成多项国家、省部级纵向科研项目以及来自企事业委托的横向研发项目，在国内外重要学术刊物和学术会议上发表论文 40 多篇；取得专利 4 项、软件著作权 10 项。	
团队成员	林坤辉	教授、硕导	副院长、所长
	黄剑	教授	国家“千人计划”，厦门市“双百计划”高层次海外人才、领军型创业人才
	董槐林	教授、博导	学院党委书记
	张志枫	教授、硕导	中华中医药学会亚健康分会常务理事
	史亮	副教授、硕导	兼学院党委副书记
	刘昆宏	副教授、硕导	
	王美红	副教授、硕导	
	郑宇辉	高级工程师	
	王晓黎 程轩	助理教授 助理教授	
联系人/联系方式	厦大科技处 0592-2185633		
首席照片			
			

成果一：i望中医：健康咨询及中医“四诊”辅助诊疗机器人

一、项目简介

i望中医项目通过前端诊疗数据智能采集机器人和腕带式移动终端，全自动、智能化采集舌象图像、面色图像、脉搏数据、体检报告等多种诊疗信息，诊疗信息被实时传入云计算诊疗平台，通过平台对诊疗信息的云存储、本体知识库构建、数据融合与统一数据自动建模、深度学习等系列处理，最终形成的中医智能诊断模型可对中医舌诊、面诊常见病种的预测诊断与辅助治疗提供决策方案。此外，项目还包含暖心帮助机器人，籍此为学校及实习辅助教学提供一种全新的教学手段，亦可为患者进行食疗保健方案、保健品等智能精准推荐。

项目围绕解决“基于舌诊数据化、智能化的中医诊断创新发展模式”关键科学问题，综合运用数据标准化采集技术、大数据分析技术、机器学习技术和机器人技术等。项目研究有以下重要科学意义：

1. 中医诊疗（主要以舌诊和面诊为主）的科学内涵和标准化技术的普适性。通过仪器工程化、智能化，解决中医诊断数据化与标准化关键问题，以客观数据揭示中医诊断的科学内涵，解决临床应用问题，提升中医临床技术普适性。

2. 创新发展大数据化、智能化的中医诊断新模式。以临床大样本数据（以舌诊为主）为切入点，面对健康需求和病证结合诊疗需求，应用人工智能、云服务技术手段，构建大数据平台，实现中西医临床数据层融合，创新发展中医诊断模式。

二、前期研究基础

项目团队是数字福建城市公共安全大数据研究所、福建省仿脑智能系统重点实验室、福建省智能信息技术高校重点实验室的骨干力量。团队早在上世纪八十年代初就已开始从事人工智能领域的研究，自2001年以来率先开展中医信息化领域的研究和相关系统开发，在中医智能诊断方面有长期的研究积累，主持或参与本项目密切相关研究项目有：国家重点研发项目子课题1项、国家自然科学基金项目4项、省重点项目2项等。申请发明专利6项和20余项软件著作权，发表高水平学术论文70余篇。

三、应用技术成果

项目主要包括：

1) 诊疗数据智能采集设备：腕带式移动终端、医用可移动舌诊面诊仪（机器人）等；



移动舌诊仪智能穿戴式设备（代工）

2) 云计算诊疗平台，包括：多源异构临床数据的采集与云存储；中医本体知识库构建；面向中医诊疗数据分析的深度学习框架；数据融合及统一数据建模；疾病诊疗模型构建等；



诊疗平台界面

4) 暖心帮学护机器人：学校及实习辅助教学系统；食疗保健方案、保健品等智能精准推荐；



机器人外观图

4) 打造产业生态圈：汇聚在线医生、问诊咨询、美容等上下游产业。

四、合作企业

与多家三甲医院、在线医生等正在寻求进一步合作。

成果二：智慧物流云平台

一、项目简介

“智慧物流云平台”旨在通过项目建设，形成商流、资金流、物流和信息流互动的良性机制；构建完善的物流信息基础设施和高效的物流运营信息化支撑体系；建立面向电商的新型仓储物流管理与智能分析系统，建立企业辅助决策系统；最终构建跨行业和区域、供需对接、产业联运的云平台。

二、前期研究基础

项目研发团队在人工智能、物流及供应链等领域有着长期的研究积累，并瞄准行业需求痛点，以人工智能、云计算和大数据技术为抓手，开发在国内具有领先水平的系统。团队围绕本项目研发，申请专利 3 项，获批 20 余项软件著作权。

三、应用技术成果

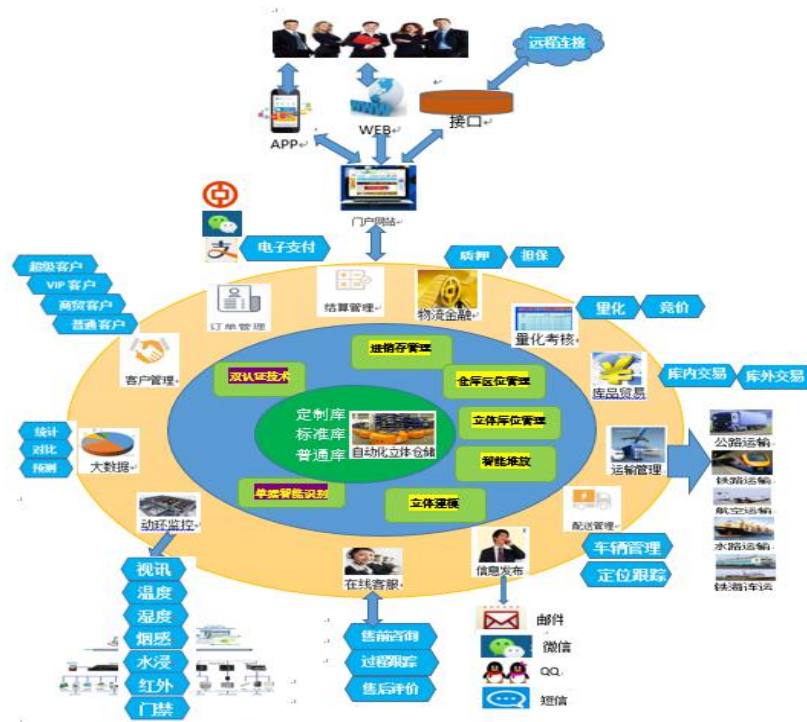
1) 软件开发方面：智慧物流云平台为全新设计及服务理念，以中国神华、中国石油、海尔、美的等为目标案例客户进行参考开发，在 1.0 版基础上，现正向动态易扩展架构、大数据支撑、辅助企业战略决策的方向发展，已申请专利 4

项，获批软件著作权 10 项。

2) 基础设施方面：已购置数据存储与计算服务器，采用具有自主知识产权的易扩展架构，现已投入项目开发使用和小规模运营。

3) 基础数据方面：搭建了物流大数据资源存储与管理平台，目前已有签约 12 家企业。

4) 辅助决策方面：初步可为企业提供个性化的辅助决策方案和系统。



系统总体架构图

四、合作企业

项目以厦门大学牵头，联合厦门来得顺物流有限公司和厦门汇仓配物联网科技有限公司共同建设。其中：

厦门来得顺物流有限公司是一家从事货物运输、仓储、搬运、配送等业务的综合性物流企业。作为第三方物流供应商，充分发挥自身管理、人才、专业及各种优势资源，以“战略同盟，利益共享”的现代物流观念和经营模式，高效整合配置社会物流资源重构、业务流程，实施供应链全程管理，实现了降低物流成本，提高经济效益的根本目标。

厦门汇仓配物联网科技有限公司是一家深耕物流行业，提供物联网解决方案的高科技公司，物联网的大产业链中，专注于探索用云服务的模式进行物联网连接服务能力的提供与优化，并着力打造为一个平台级的服务提供商。

信息学院 姚俊峰团队

团队介绍

	姓名	首席个人简介
首席科学家	姚俊峰	姚俊峰教授，博士生导师，厦门大学信息学院数字媒体工程系系主任、IEEE 与 ACM 会员，2016 年 10 月到 2017 年 10 月美国 UNIVERSITY OF WASHINGTON 访问学者，2014 年 9 月入选中国侨联特聘专家，2015 入选福建省第四批百人计划人选。研究领域为智能算法研究及工业过程仿真、数字化真人研究、虚拟现实技术开发与应用。
团队成员	Nadia Magnenat Thalmann	教授
	郭小虎	教授
	李俊	研究员
	吴清强	教授
	龙飞	副教授
	余莹莹	副教授
	苏劲松	副教授
联系人/联系方式	厦大科技处 0592-2185633	
首席照片		
		

成果一：VR 智能建模技术攻关项目

一、项目简介

在 VR 内容制作方面，传统的开发方法需要耗费大量的人力物力，并且整个开发周期较长。项目目标是打造一个供 1000 万人使用的数字创意公共服务平台，为各地的设计师提供简单实用的 VR 内容快速生成的方法。

二、前期研究基础

团队长期从事 VR 建模、人工智能的研究，团队成员包括计算机仿真、算法设计和数学专业博士，专业互补、梯队合理。

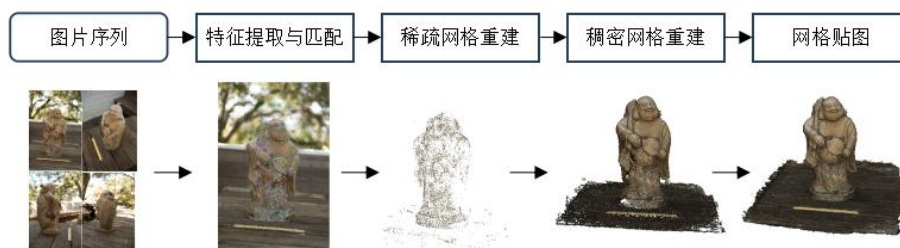
三、应用技术成果

实现了基于单张图片的三维建模



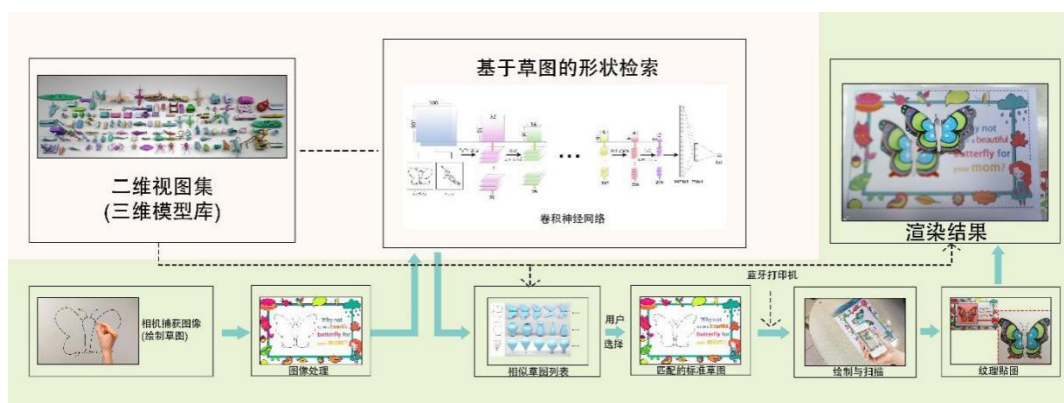
基于单张图片的三维建模

实现了基于多张图片的三维建模



基于多张图片的三维建模

实现了基于 2D 轮廓草图的增强现实三维建模



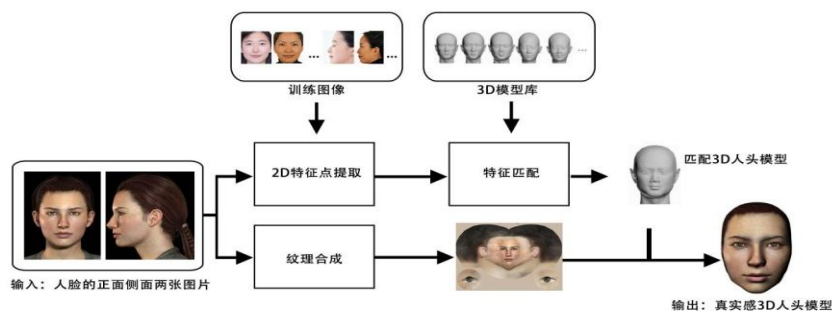
基于 2D 轮廓草图的增强现实三维建模

发明专利：

- 1) 一种虚实结合互动的方法(授权号：ZL 201410677138.5)
- 2) 一种新型全息虚拟头盔（专利号：201620406770.0）

软件著作权：

- 1) 基于多视角图片的物体三维建模系统 V1.0(软件登记号：2017SR474637)



基于多视角图片的物体三维建模

2) 基于两张图片的真实感三维衣物自动建模系统 V1.0(软件登记号：2016SR349254)



基于两张图片的三维衣物建模

3) 三维模型格式转换系统 V1.0(软件登记号：2016SR378772)

4) 3D 场景转 VR(虚拟现实)系统 V1.0 (软件登记号：2017SR051085)

5) 3D 模型转 VR(虚拟现实)系统 V1.0 (软件登记号：2017SR051111)

6) 3D 视频转 VR(虚拟现实)系统 V1.0 (软件登记号：2017SR051078)

7) Narkii AR 引擎软件 V1.0(软件登记号：2016SR394832)

四、合作企业

纳金网(www.narkii.com)平台通过免费为企业与设计师提供 2D 转 3D、3D 转 VR 的服务，聚集了 50 万名工业设计、交互设计、VR 设计专业人才，年服务企业超 10 万家，年活跃用户达 1000 人次，年交易超亿次，拥有各类专利 586 项。

成果二：基于健康大数据的 AI 医疗辅助与训练系统

一、项目简介

AI 与医疗行业的结合，会改善医院服务能力，辅助医生诊断决策，进行虚拟手术训练，将对医疗行业进行颠覆性改造。

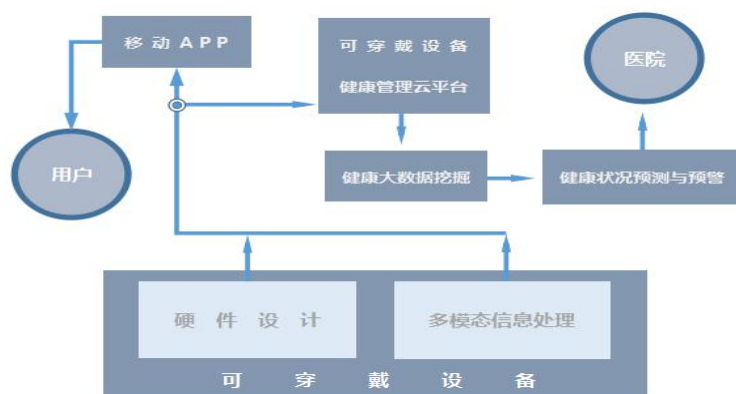
二、前期研究基础

目前我们已有包括人体八大系统在内的完整标准 3D 人体模型，进行了四大

穿刺手术模拟以及心肺复苏模拟的需求分析，总结了其手术流程；在自然语言处理方面有扎实的理论研究，为电子病历研究奠定了基础。

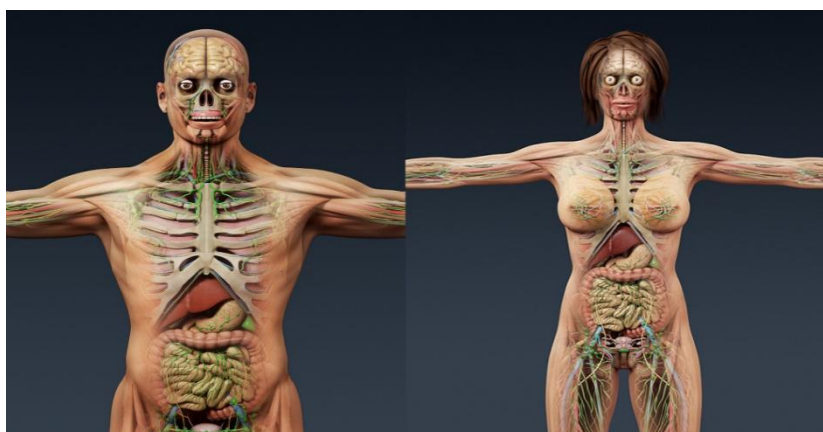
三、应用技术成果

设计了智能可穿戴设备的便携式软硬件，解决可穿戴设备的功耗与数据采集之间的关系。基于设备采集到的数据建立云平台，以此为基础进行健康大数据挖掘和预测分析，帮助用户管理自己的健康。



智能可穿戴设备研究框图

实现 3D 人体器官可视化，在网页、移动端可以浏览完整的 3D 人模型及内部器官，根据病人体检情况显示相应参数。



3D 人体器官可视化界面

发明专利：

- 1) mysql 与 MongoDB 数据同步的方法及其系统(授权号：ZL 2015 1 0779001.5)
- 2) 基于数据依赖性和访问量云数据分配存储化方法（授权号：ZL 201510779709.0）

四、合作企业

1) 泉州第一医院：是一所融医疗、教学、科研和预防保健为一体的三级甲等综合医院。现为福建省南部省级区域医疗中心、国家住院医师规范化培训基地、福建省住院医师规范化培训基地、福建省专科护士培训基地、福建高等医学院校临床教学基地、国家药物临床试验机构。

2) 厦门市中医院：现为三级甲等中医医院、国家中医药管理局地市级重点

中医院、北京中医药大学厦门临床医学院、福建中医药大学第三临床医学院、厦门大学医学院临床教学医院，是国家药物临床试验机构、国家中医药管理局中医药防治传染病重点研究室（临床基地）建设单位、全国远程病理会诊试点医院、全省三级医院中唯一的全国伤害检测中医医院。

成果三：复杂工业过程企业能效监测评估及优化控制系统应用

一、项目简介

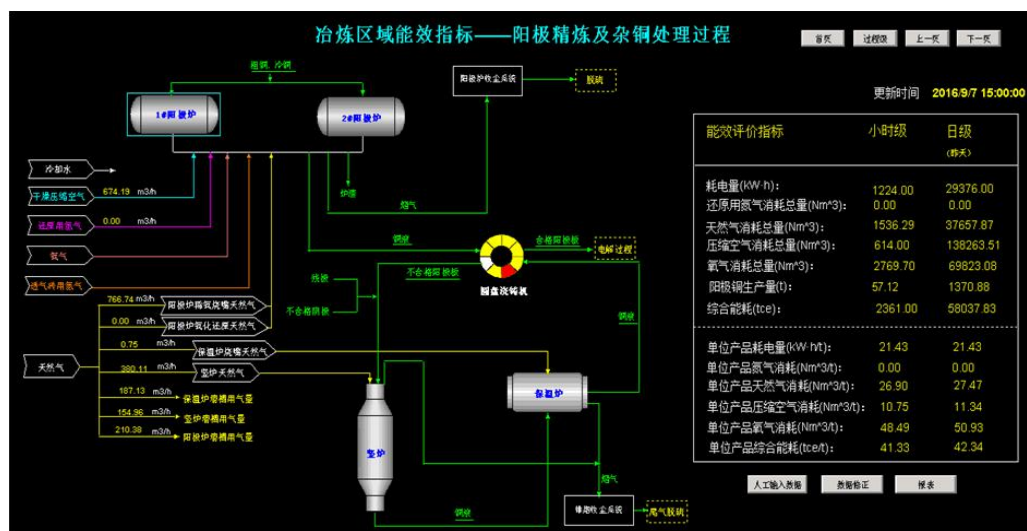
复杂工业过程生产流程中消耗的能源种类多，包括电、天然气、氧气、水、蒸汽等，而且能源使用量大，其能源成本约占到生产成本的50%—60%。加强企业能源管理、规范不同流程工艺间的能效评价体系，同时结合现代信息技术与检测技术，以实现对企业内部不同层面能源利用状况及其效率指标的监测、评估与优化调度，将有助于企业进一步降低能源消耗与生产成本，并有利于加快企业精细化管理进程。

二、前期研究基础

无

三、应用技术成果

已经完成了系统的开发并于2015年在金冠铜业有限公司投入了实际使用，取得了节约能源5065万元，增加利润5000万元，纳税1250万元的经济效益。



复杂工业过程企业能效监测评估及优化控制系统界面



生产过程系统级能效在线监测界面

发明专利：mysql 与 mongodb 数据同步的方法及系统 (ZL201510779001.5)，2015.10

发明专利：基于数据依赖性和访问量云数据分配存储化方法 (201510779709.0)，2015.10

软件著作权：闪速炼铜冶炼区域能效评估与检测系统 (软著登字第 1104015)

软件著作权：闪速炼铜硫酸区域能效评估与检测系统 (软著登字第 1104517)

软件著作权：基于模式优化的铜闪速熔炼能效优化控制系统 (软著登字第 1104025)

软件著作权：基于 SPARK 的炼铜能效系统 (软著登字第 1104059)

四、合作企业

紫金矿业集团股份有限公司是一家以金、铜、锌等金属矿产资源勘查和开发为主的大型矿业集团，位居 2017 年《福布斯》全球 2000 强企业第 1200 位及其中的全球有色金属企业第 18 位、全球黄金企业第 3 位，位居 2017 年《财富》中国企业 500 强第 82 位。公司是中国控制金属矿产资源最多的企业之一，截至 2016 年底，公司拥有权益资源储量黄金 1347.41 吨、铜 3006.38 万吨、锌铅 950.42 万吨等。金、铜、锌三大矿产品产量均居中国矿业行业前三甲，利润水平连续多年保持行业领先。2016 年实现营业收入 788.51 亿元、归母净利润 18.40 亿元。截至 2016 年 12 月底，公司总资产 892.18 亿元，净资产 311.17 亿元。截至 2016 年底，公司累计分红 178 亿元。

医学院 刘祖国团队

团队介绍

	姓名	首席个人简介	
首席科学家	刘祖国	国际著名的眼科专家、教育部“长江学者”特聘教授、国家杰出青年基金获得者、亚洲干眼学会候任主席、亚洲角膜病学会理事。在眼表和角膜病领域进行了长期系统的临床和基础研究工作,是我国眼表疾病学科的创建人。	
团队成员	李绍滋	教授, 博士生导师	现任中国计算机学会协同计算专委会副主任、福建省人工智能学会副理事长。
	陈延平	副教授, 硕士生导师	
	苏松志	副教授, 硕士生导师	
	颜黄苹	助理教授	
	曹冬林	讲师	
	罗志明	博士生	
	钟准	博士生	
	林祥	博士生	
	吴漾	博士生	
	唐丽颖	博士生	
	连盛	博士生	
联系人/联系方式	厦大科技处 0592-2185633		
<h3>首席照片</h3> 			

成果：全自动眼病诊断系统研发

一、项目简介

本项目包含硬件设计和软件研发，从数据采集、疾病诊断、推荐治疗等方面深度模拟临床医疗行为。通过内置人工智能芯片，使计算机具有人类的思维，是医疗领域全新的医疗机器人概念，具有颠覆性。此系统将可以基本解决 70%以上眼科常见病的诊断与推荐治疗。同时此系统还将深刻改变目前的医疗模式，并为其他医疗专科机器人的研发提供方向。

二、前期研究基础

本项目由厦门大学医学院眼科研究所、厦门大学航空航天学院仪器与电气系及厦门大学信息学院智能科学与技术系合作研发。该项目早于 2014 年便已开始启动，由厦门大学眼科研究所负责临床数据采集、数据标注、疾病分析及诊断思维构建；厦门大学航空航天学院仪器与电气系负责眼科智能检查设备设计和研发；厦门大学信息学院智能科学与技术系负责疾病诊断算法和人机语音交互技术的开发。合作范围涉及眼表疾病及视网膜疾病。在长期合作中，团队逐步形成默契，资源共享，目前研发出一套远程裂隙灯会诊系统，并且改进数个眼科常用检查设备，现已进入工业化设计阶段，获得授权的中国发明专利三项，软件著作权三件。

三、应用技术成果

下图为本项目目前完成的样机，包含 Web 服务器、软件客户端及改造过的眼科裂隙灯显微镜。该设备目前可顺畅完成眼科远程会诊及病例采集，无需现场医生操作，可使远程会诊医生与患者时时沟通、检查。



四、合作企业

科大讯飞股份有限公司成立于 1999 年，是一家专业从事智能语音及语言技术、人工智能技术研究，软件及芯片产品开发，语音信息服务及电子政务系统集成的国家级骨干软件企业。科大讯飞作为中国智能语音与人工智能产业领导者，在语音合成、语音识别、口语评测、自然语言处理等多项技术上拥有国际领先的成果。科大讯飞是我国唯一以语音技术为产业化方向的“国家 863 计划成果产业化基地”、“国家规划布局内重点软件企业”、“国家高技术产业化示范工程”，并被原信息产业部确定为中文语音交互技术标准工作组组长单位，牵头制定中文语音技术标准。

“腾讯觅影”，是腾讯首款将人工智能技术运用到医学领域的产品。它由腾讯互联网+合作事业部牵头，聚合了腾讯公司内部包括 AI Lab、优图实验室、架构

平台部等多个顶尖人工智能团队的能力，把图像识别、大数据处理、深度学习等领先技术与医学跨界融合，主要致力于将 AI 运用到医学相关的不同领域。目前的研究方向主要涉及食管癌、肺癌、糖尿病视网膜病变、乳腺癌、宫颈癌等疾病的早期筛查。

化学化工学院 洪文晶团队

团队介绍

	姓名	团队负责人简介
教授 国家青年千人、优青 闽江学者特聘教授 化工系系主任	洪文晶	洪文晶教授，从事新材料、智能控制和精密仪器研究，组建中国海军某部-厦门大学共建实验室和三个经费百万元以上的校企联合研发中心，其中多肽制药技术已在江苏南通建设占地 100 亩，投资 5.4 亿元的多肽智能制造工厂。
团队成员	师佳	副教授
团队成员	杨扬	副教授
团队成员	肖宗源	副教授
团队成员	刘俊扬	特任副研究员
联系人/联系方式	厦大科技处 0592-2185633	
<p>首席照片</p> 		

成果一：列车变频空调智能控制系统设计方案

一、项目简介

针对我国新型列车变频空调系统控制性能不理想、能效比较低的实际问题，提出了融合大数据分析方法的轨道列车空调系统的智能感知和智能管控技术，该方案不仅实现了全列车空调系统高性能控制，同时还为基于物联网技术的列车空调系统智能化管理以及智能制造与营运维护奠定了基础。在提供舒适的列车内环境的同时，又为列车节约了 10% 以上的空调能耗。

二、技术成熟度

研究团队发展了一系列二维时间迭代学习控制的理论与方法，有效解决了重复制造过程及生产装备中过程建模困难与高精度控制需求的理论难题，实现了重复生产过程的高性能控制，并成功地推动和实现了产业化应用。列车变频空调智能控制系统已在福建省福州市地铁系统中投入使用，控制效果达到先进水平(实测温度控制误差 $<1^{\circ}\text{C}$ ，降低能耗 10%)。相关技术的进一步推广应用正在通过团队与空调企业的深入合作逐步展开。

师佳副教授因相关的先进智能学习控制技术荣获教育部自然科学二等奖，相关技术和专利被多家大型注塑机生产企业采用，用于注塑机温度控制，实现装备的低成本高性能升级。同时该项研究成果也将用于厦门大学承建的亚洲首个无噪音精密加工和表征实验室的空调系统。本系统成熟可靠。

三、应用范围

列车变频空调智能控制系统可以应用于各类型轨道列车的变频空调系统，也可拓展到其他变频空调系统。

四、投产条件和预期经济效益

需要列车空调厂家配合，提供列车传感器设计图、各类型参数等大数据作为系统设计的基础。

根据铁路总公司规划，2020 年国内地铁运营总里程数将达到 7000km，地铁车辆总数将达到 45000 辆，今后每年新增地铁列车 7000 辆，每年地铁空调市场需求为 18 亿元左右（其中变频空调需求约为 8 亿），本设计方案在地铁列车应用方面，将对应拥有年均 0.5-1 亿元的市场规模。同理测算我国国内高铁、海外高铁年均市场规模 20 亿元左右。再根据列车空调陆续迎来维保高峰，车厢空调升级换代需求增加，预计未来几年年均空调市场将达到 15 亿左右。虽然目前高铁列车中的主要运用定速空调产品，但本设计方案将有望冲击列车定频空调的垄断格局，预计未来年均市场规模将也达到年均数千万甚至数亿元。

五、合作方式

技术转让或联合生产，具体合作方式可商议。

成果二：基于人工智能的船舶动力系统故障预测与健康管理

一、项目简介

现代船舶动力系统结构复杂，集成度高，内部之间存在很多错综复杂、强关联耦合的相互关系，使得故障的发生具有随机性、继发性、并发性。传统的故障

诊断方法难以发现组成单元之间的关联关系，误诊、漏诊的概率极大。基于大数据驱动的人工智能算法，无需手工分析数据特征且具备容错性高等优点，能够在系统运行的生命周期中不断提高故障的诊断和预测能力。

二、技术成熟度

本项目提出基于人工智能技术的动力系统故障诊断解决方案，在该方案中，故障诊断系统分为实时诊断层和智能优化层两个层次。实时诊断层主要的任务是基于动力系统的实时信息完成对系统故障的早期预测和在线诊断，并将相应的结果信息提供给舰船的综合控制系统，以便对舰船做出实时的调整，从而确保航行安全和任务达成。智能优化层主要负责对故障诊断系统核心模型的初期离线建模和后期实时在线优化，以保证故障诊断系统性能的不断改进和优化。

故障诊断系统的设计和实施大致分为三个阶段，分别为离线设计和验证阶段、在线设计和测试阶段，投运测试和优化阶段。目前已完成了故障诊断的算法可行性验证，在模拟故障数据集上 CNN 模型可实现较好分类，训练和测试集结果 98% 准确率。

三、应用范围

应用于船舶动力系统的实时在线监测，并能够对故障进行预警和诊断，通过预测动力系统的性能变化趋势，对可能的系统或部件故障，及时采取主动措施，缓解发动机的性能衰减、防止系统或者部件失效，从而达到保证动力系统的持续适航、降低维护成本的目的。

四、投产条件和预期经济效益

需提供船舶动力系统的各个传感器的参数、传感器分布图、故障记录簿等大量数据，作为人工智能研究的基础。

我国在航空动力系统健康管理领域已经充分发展，但在船舶领域的健康管理系统尚未得到重视，因此拥有巨大的市场潜力。

五、合作方式

技术转让或联合生产，具体合作方式可商议。

萨本栋微米纳米科学技术研究院 李静团队

团队介绍

其他	姓名	团队负责人简介
教授	李静	教授，长期从事微纳加工、微纳光电材料与器件等的研究，已开发了多项基于表面等离子共振耦合、光学腔调等性质的各类光学结构芯片，并形成多项专利，可应用于食品、环境、生物、医药监测或检测等领域。
团队成员	尹君	副教授
团队成员	张春权	工程师
团队成员	钟昌祥	硕士生
团队成员	应安妮	硕士生
团队成员	刘恋	硕士生
联系人/联系方式	厦大科技处 0592-2185633	
团队负责人照片		
		

成果一：一种类金属与金属复合空心腔阵列结构

一、项目简介

贵金属作为一种理想的等离激元材料，其导电性和导热性良好，但存在化学和物理性质不稳定，在空气中易被氧化，热稳定性差，因而实际应用受到限制。而 TiN 是一种新型类金属材料，在可见光和长波段具有金属特性，因而作为一种新型的等离激元材料引起了广泛的关注。其光学特性类似于金，介电常数实部为负值，具有载流子浓度大、耐火耐磨、强度大和化学稳定等优势。由于表面能低，易形成致密晶体层。且价格低廉，相较于贵金属更适合于实际应用。本项目发展的一种新型类金属/贵金属复合空心腔阵列芯片技术，涉及基于金属表面等离激元共振增强机理，以及类金属与金属接触的电荷转移机制，可实现操作简单、迅速、稳定的检测功能，在食品、生物、医药、环境监测等领域具有广泛的应用前景。

二、技术成熟度

新型类金属/贵金属复合空心腔阵列芯片，采用硅基微纳加工技术进行制备，以阵列模板为衬底，利用磁控溅射技术在阵列模板上沉积 Ag 薄膜，去除模板后，再沉积一定厚度的 TiN 形成复合阵列腔结构。所开发的工艺流程和参数稳定，已经实现晶圆级（5 寸晶圆以上）的有序制备（覆盖度达 90% 以上），工艺技术成熟可靠。

三、应用范围

这种类金属/贵金属复合空心腔阵列芯片，可广泛用于食品、化妆品、生物医药、环境监测、以及农牧业等领域。

四、投产条件和预期经济效益

主要原料硅基晶圆、贵金属 Ag 或者 Au、TiN 靶材，各种材料用量小，且国内市场供应充足，工艺加工设备均为常用国产设备，投入成本低。生产过程无环境污染，仅使用少量惰性气体，无污染物产生。对于年产值 1000 万元规模，预计设备投资 150 万元（不包括厂房、公用工程等）。

五、合作方式

技术转让或联合生产，具体合作方式可商议。

成果二：一种 ZnO 球形空壳结构纳米颗粒阵列的制备方法

一、项目简介

该项目涉及一种用于提高太阳能电池等光电器件光电转换效率的新型介质球形空壳微腔的制备技术及其应用。三维介质微腔结构是一种新型光操控介质微纳材料，在光电器件光场操控及光电转换效率提升方面具有重要的应用，利用工艺兼容、成本低廉的纳米结构制备技术即可实现器件性能的大幅提升。以太阳能电池应用为例，其原理在于，在器件表面引入介质球形空壳结构的纳米颗粒阵列后，通过引入回音壁模式（WGM: Whispering Gallery Modes）光学谐振腔，使太阳光在到达太阳能电池表面之前在此球形壳层谐振腔内共振，增强光的吸收率，从而达到提高太阳能电池的光电转换效率的目的。相比于传统光场操控微结构，该结构和方法可实现宽波段的光谱吸收增强或出光效率增强；通过进一步调控微

腔结构及光学参数,还可实现特定波段的光谱增强,如应用在光电探测芯片上等。

二、技术成熟度

该光场操控结构的制备采用纳米微腔模板法,结合薄膜沉积技术以及后续热处理或溶液处理,具备制备技术简便、效率高、成本低的优势,且兼容现有微电子制备工艺。我们以现有实验室条件为基础,该型结构及相关器件可实现>5英寸晶圆的有效制备,可满足大部分微电子器件的应用,且工艺技术成熟可靠。

三、应用范围

涉及光电转换器件的太阳能电池、光电探测器、发光LED等,可用于上述器件的光谱吸收增强、出光效率提升以及特定光谱的增强等。

四、投产条件和预期经济效益

主要原料聚苯乙烯模板、介质层沉积靶材等,各种材料用量小,且国内市场供应充足,工艺加工设备均为常用国产设备,投入成本低,生产过程无环境污染。该技术可结合相关光电器件产线,对于年产值1000万元规模,预计设备投资150万元(不包括厂房、公用工程等)。

五、合作方式

技术转让或联合生产,具体合作方式可商议。

成果三：一种硅基三维微电池纳米电极结构

一、项目简介

硅基材料,作为集成电路(IC)、微纳电子机械系统(M/NEMS)以及气体各类微电子器件制备的主要材料,具有材料来源丰富、价格低廉、加工过程标准化和成熟度高等优点,因而在各类电子器件或者材料结构中应用广泛。本项目涉及的一种瓶状六角形硅及硅基复合三维阵列结构的相关技术,可拓展应用于各种异质材料制备、器件性能提升等方面,在能源、电子信息、食品、生物、医药、环境监测等领域发挥重要作用。

二、技术成熟度

本项目涉及的一种硅基复合三维微纳米阵列结构,采用模板法,结合干法刻蚀和薄膜沉积,可实现快速、稳定制备。所开发的工艺流程和参数稳定,已经实现晶圆级(5寸晶圆以上)的有序制备(覆盖度达90%以上),工艺技术成熟可靠。

三、应用范围

一种硅基复合三维微纳米阵列结构,可广泛用于能源、电子信息、食品、生物、医药、环境监测以及农牧业等领域。

四、投产条件和预期经济效益

主要原料硅基晶圆、PS或者SiO₂微球、各类复合物靶材,材料用量小,且国内市场供应充足,工艺加工设备均为常用微纳加工设备,投入成本低。生产过程无环境污染,仅使用少量刻蚀气体。对于年产值1000万元规模,预计设备投资250万元(不包括厂房、公用工程等)。

五、合作方式

技术转让或联合生产,具体合作方式可商议。

先进制造领域

航空航天学院 孙道恒团队

团队介绍

其他	姓名	团队负责人简介
首席科学家	孙道恒	特聘教授、博导，在微纳机电系统（MEMS/NEMS）、聚合物液膜电纺直写/喷印、电场诱导纳米纤维有序化沉积、纳米液滴静电喷射、微纳米结构电纺直写系统、柔性电子制造技术、微纳 3D 打印、新能源制造技术等方面开展了深入研究工作，应用研究成果 MEMS 领域 Si 基、SiC 基器件关键工艺、柔性电路喷印制造（增材）方法、针尖、滚筒和诱导等型式批量化电纺设备等多项成功产业化或正在产业化。
团队成员	吴德志	教授
团队成员	王凌云	副教授
团队成员	赵扬	副教授
团队成员	海振银	助理教授
团队成员	陈沁楠	助理教授
团队成员	何功汉	工程师
团队成员	武超	博士生
团队成员	虞凌科	博士生
团队成员	郑跃焜	博士生
团队成员	邱彬	博士生
团队成员	张昆鹏	博士生
团队成员	崔在甫	博士生
团队成员	陈国淳	博士生
团队成员	李鑫	博士生
团队成员	卜振翔	博士生
团队成员	许丰	博士生
团队成员	吴益根	博士生
团队成员	王中宝	博士生
团队成员	张扬	博士生
团队成员	郑康	博士生
联系人/联系方式	厦大科技处 0592-2185633	
团队负责人照片		

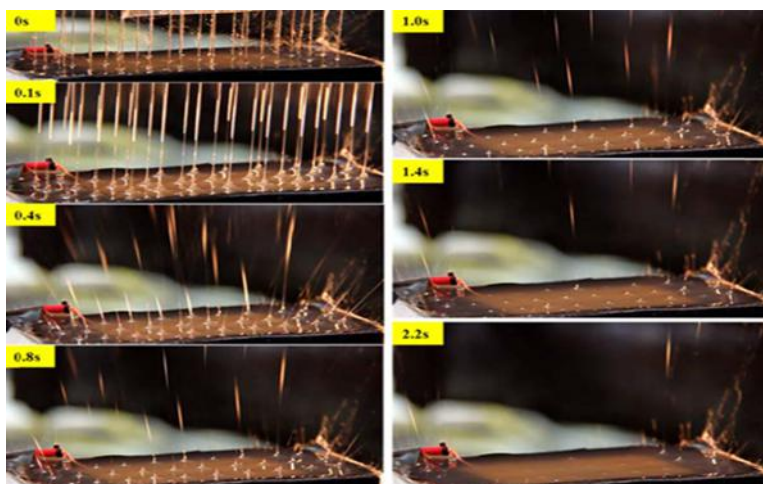
成果一：针尖诱导批量纳米纤维生产设备

一、项目简介

纳米纤维具有纳米纤维由于其优异的电学、力学、化学、光学特性和超高比表面积，在过滤、高性能传感器、生物骨架、药物传输与缓释和微纳米器件等领域有非常巨大的应用潜力和广阔市场前景。静电纺丝技术是一种简便易行、可以直接从聚合物及复合材料制备连续纳米纤维的方法,其制备的纳米纤维薄膜通常是以无纺布形式存在的,具有设备和实验成本较低、且适用于许多不同种类的材料优点。但在静电纺丝技术实现产业化之前还有一些亟待解决的问题,其中的关键问题之一是静电纺纳米纤维的批量化制造。虽然国内外其他团队研究者开发了多喷头和无喷头装置,在一定程度上提高了静电纺丝生产纤维效率,但离大规模生产还有一段距离。

二、技术成熟度

自 2005 年开始,我们团队在国内率先开展批量化静电纺丝研究,先后开发了多针尖批量电纺、滚筒式批量电纺、诱导式批量电纺和非接触诱导电纺多种批量化电纺装置,大幅度提高生产效率,研究高压电场作用下非接触流体的演化行为规律,获得提高纳米纤维产量的途径,完成了产业化生产样机的开发,样机产量达到 200g/h。

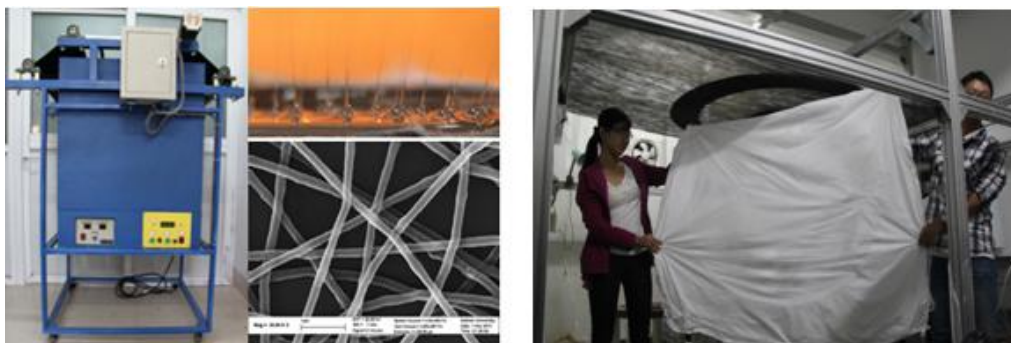


多针尖诱导射流批量化喷射过程



非接触电纺装置原理图、设备与喷射射流

在上述研究的基础上,开发了第三代电纺装备和第四代批量电纺样机。与现有其它批量电纺技术相比,该技术产量高、易扩展、可连续制造、无需频繁清洗、无阻塞和直径可控等,为纳米纤维电纺制造产业化奠定了坚实的基础。与当前国际上最先进的纳米纤维制造设备 **Nanospider** 相比,具有产量更高、粘度适应范围更大、直径更均匀和维护更加方便等优点。



第三代电纺试验设备(1.2m×1.2m×1.8m) 第四代电纺样机及其纳米纤维膜

三、应用范围

设备可用于聚乙烯吡咯烷酮(PVP)、聚氧化乙烯(PEO)、聚偏氟乙烯(PVDF)、聚酰亚胺(PI)等聚合物无纺布的制造,所制造的无纺布可广泛用于空气过滤、电池隔膜生物组织工程。

四、投产条件和预期经济效益

对于年产 15 万 m² 的纳米纤维无纺布规模,预计设备投资 150 万元(不包括厂房、公用工程等),年销售额 645 万元,年利税 150 万元。

五、合作方式

技术转让或联合生产,具体合作方式可商议。

成果二：流体包轴喷印

一、项目简介

电纺直写(近场静电纺丝)方法以其固有的原理性优势已经被学术界广泛认可和应用,但响应快速、精密、微量(~1pI级)高粘度流体的连续输运供液是制约其获得产业化应用的技术难点。本项目提出利用流体包轴效应实现电纺直写所需的微量、高粘度流体的连续精确输运的原理方案,构造电纺射流调控所需的微环境,避免黏弹性流体微管道压力输运大阻力、长时滞、喷嘴出口界面鼓胀、流形难以约束等固有问题,实现出射源点稳定、直径可控的亚微米射流的连续直写,为电纺直写技术转化为实用化的微纳制造方法奠定基础。这也是微纳压印、微纳铸造、微纳 3D 打印、微纳流体器件、点胶等一类应用面临的共性基础问题,研究结为提升溶液法制造微纳结构品质提供新的有效途径。

二、技术成熟度

针对电纺直写中高粘度流体输运的要求、典型环境特征,研究了微纳尺度、强电场作用下的流体包轴效应的静态和动力学响应问题;掌握了喷嘴结构、界面、剪切运动的对流体包轴输运的静态作用规律与动态响应规律;探明了基于包轴效应流体输运的电纺射流行为规律。构建了微量高粘度流体的连续精确输运的微环境和调控策略,实现了出射源点稳定、直径可控的亚微米射流的稳定、连续直写;并设计制造了基于包轴效应电纺直写的原理样机。并把基于包轴输运的电纺直写技术应用于微纳光纤、电子皮肤等的制造,体现了基于包轴效应的电纺直写的技

术优势。本工艺技术成熟可靠。

三、应用范围

基于包轴效应的电纺直写技术适用于有机/无机微纳结构的喷印，可被应用于制造微纳器件，如微纳传感器、微纳流控芯片、微纳光学器件、微能量收集器、场效应器件等。

四、投产条件和预期经济效益

早在 2015 年，我国喷印设备的市场规模已达到 86.6 亿元，并且在未来 15 年~20 年，全球纳米技术市场规模将达到每年 1 万亿美元左右。

五、合作方式

技术转让或联合生产，具体合作方式可商议。

成果三：非接触式液体微量喷射配给设备的研究与开发

一、项目简介

非接触式液体微滴喷射技术相比传统接触式点胶技术具有速度快、质量好、成本低及应用范围更广等优势，在微电子封装工业中得到了广泛应用，使点胶技术从接触式往非接触式微喷技术发展。液态金属微滴喷射技术可以很好的满足电子封装工艺的新需求，并在金属 3D 打印、生理电极、液态金属生物材料等领域具有巨大的应用前景。采用何种微喷技术提高液态金属微喷的稳定性和金属微滴的均匀性是目前研究的重点，也是金属微喷技术走向工业应用的前提。本项目提出了液态金属电磁微喷技术方案，针对液态金属微喷规律调控、喷射行为与控制等方面展开研究，并探索液态金属电磁微喷技术在电子封装、3D 打印等领域的应用。

本项目延续项目组与厦门力巨自动化科技有限公司的合作，进一步深化气动式微喷点胶阀的技术研究，提高产品的稳定性，提高喷射频率，减小液滴直径，实现对国外喷射阀的替代，同时开展力巨公司产品技术战略方向——液态金属微喷技术的研究。喷射阀是微量配给设备的核心部件，对其深入的研发是微量配给设备开发的关键，开发出稳定性好、精度高的液体喷射阀，并应用于新产品中，是本项目的重要目的。

二、技术成熟度

项目组重点针对液态金属微喷技术及气动式微喷点胶阀展开了研究，提高了产品的稳定性和喷射频率，并减小了液滴直径，实现了对国外喷射阀的替代。采用多场耦合理论及仿真分析，获取了非接触式液体微量喷射配给阀的设计规律，完成了设备样机的开发与测试，并形成了新产品样机，可形成的主要产品有气动微喷阀、撞针阀、压电微喷阀、高精度配比螺杆阀、金属电磁微喷阀等，流体微量配给技术成熟可靠。

三、应用范围

微流体微流配给技术可广泛应用于智能手机 Coating 喷胶，底部填充喷胶/点胶，壳体点胶，笔记本壳体点胶，喷码机械手，电路板三防漆喷胶，UV 胶喷胶，双液点胶，半导体锡膏点胶、热熔胶点胶等微电子封装方面，金属微喷技术主要应用于微电子微焊接、电路直写、金属 3D 打印等领域。

四、投产条件和预期经济效益

产品所需材料供应链完备，微量配给阀生产过程不污染环境，大部分机械零部件、PCB 制版外发加工，少量精密件自行加工，预计设备投入 300 万元（不包括厂房、公用工程等），年销售额 850 万元，年利税 100 万元。

五、合作方式

技术转让或联合生产，具体合作方式可商议。

成果四：微纳 3D 打印机

一、项目简介

微纳 3D 打印机是基于 EHD 喷印原理开发的用于微纳尺度复杂三维结构制造的微机电系统。该 3D 打印机集成多种打印模式，可以在一台设备上完成静电纺丝、静电喷印、静电喷雾等多种打印方式，实现结构材料(塑料、聚合物等)、导电材料(液态金属、纳米银导电墨水等)、介电材料(各种绝缘材料)、半导体材料等多种材料的打印，打印结构特征结构尺寸涵盖宏/微/纳多尺度和跨尺度。特别地，它突破了目前商业 3D 打印需要支撑层的约束，结合多种模式打印喷头，能够实现跨尺度多材料复杂三维结构一体化制造，如 3D 互联长流道、可动膜腔等典型的多级微纳结构。因此，它在微纳机电系统、生物医疗、组织工程、新材料、新能源、高清显示、微流控器件、微纳光学器件、微纳传感器、微纳电子、生物芯片、光电子和印刷电子等领域有着巨大的产业需求。

二、技术成熟度

该设备采用模块化、集成化设计，将不同打印模式所需喷头按模块设计，集成高压电源、注射泵等控制，三维移动平台联动控制，实现复杂结构一体化制造。目前已经实验样机已经投入生产，长期连续运行平稳，操作简单稳定，各项指标达到要求。本设备安全、成熟可靠。目前已经申请国内发明，国际专利在申请中。

三、应用范围

微纳 3D 打印机应用于微纳机电系统、生物医疗、组织工程、新材料、新能源、高清显示、微流控器件、微纳光学器件、微纳传感器、微纳电子、生物芯片、光电子和印刷电子等领域

四、投产条件和预期经济效益

微纳 3D 打印机的生产需要常规的机械加工设备，如车床、刨床、铣床、钻床、线切割等硬件条件，安装机械设备生产或者非标设备设计方式进行。预期经济效益如下：2018 年我国 3D 打印市场规模将达到 22.5 亿美元，未来六年（2018-2023）年均复合增长率约 35.25%，2023 年将达到 110.5 亿美元，因此，市场需求非常强劲。

五、合作方式

技术转让或联合生产，具体合作方式可商议。

成果五：船舶与海上工程平台减摇

一、项目简介

项目提出矢量螺旋推进舵的抗倾减摇技术，研制出满足于面向船舶倾斜姿态调整，特别是针对应用于中小排水量（1万吨至8吨位）的船舶全方位、高效率、快响应、强环境自适应的新型主动式减摇系统；开展船舶减摇内在机理探索，探究矢量推进舵的进动能力与横倾状态参数的内在控制机理与规律；设计与优化多组合、矢量螺旋推进减摇系统方案；搭建船舶姿态以及环境参数传感检测平台；掌握多环境参数控制算法，建立基于环境参数以及环境多参数的高精、闭环姿态控制系统；实现高精度检测与控制方案建立与算法；实现海况环境平台模型搭建与实验，验证矢量减摇系统性能；为后续工程试验船舶上减摇系统奠定理论与实验基础，以期全面提升远洋船舶在动、静状态下的姿态控制能力。

二、技术成熟度

基于矢量螺旋推进舵的船舶和海上工程平台减摇方法。新型基于矢量螺旋推进舵的防倾装置的出现，能够极大程度增加抗倾自由度、能够极大程度提高响应速度、能够降低船舶航行的能耗。相比于对现有抗横倾方法进行参数优化和耦合研究，采用新型的螺旋矢量推进抗倾方法，结合船舶动力定位系统的现有研究成果，能够从全新的角度推动船舶减摇技术的发展，静水实验表明安装该装置的船舶其减摇效果可达80.94%，海上实验表明0-5节航速下平均减摇效果为47.32%。经过实验验证，本技术可通过进一步算法优化及机桨配合设计后得以转化应用。

三、应用范围

海上浮式科研平台、科考船、海上重吊船、小型游艇等航速要求较低的海运载体的姿态平衡控制。

四、投产条件和预期经济效益

矢量螺旋推进式船舶减摇系统的投产需要完善动力供给问题、螺旋桨设计与机桨配合问题及姿态预测算法优化问题。投产单位需要具备螺旋桨加工能力与机械零部件加工装配能力。

项目的研究有利于促进海洋工程装备产业向高端化、专业化、规模化发展。提高海工装备的智能化、装备的自主制造比例。有利于促进福建省船舶平衡动力系统的发展，为研究船舶减摇奠定基础，为培育游艇品牌、建设游艇产业基地创造条件。《福建省海洋新兴产业发展规划》指出，到2015年邮轮游艇业增加值60亿元、海洋工程装备产业增加值240亿元，到2020年全省海洋新兴产业增加值达1000亿元。新型减摇系统的研究不仅会大大促进各个海洋新兴产业的发展，还将会带动旅游业，运输业等发生质的变化，为福建发展带来新的活力，并系统整体提高福建省船舶的综合竞争力，相对其他减摇系统成本较低，有利于增加产业净收入。

五、合作方式

技术转让或联合生产，具体合作方式可商议。

成果六：高速高精喷射点胶阀

一、项目简介

流体点胶技术针对不同的封装要求，可构造出点、线、面等形式的点胶轨迹，已成为电子封装领域中的一项关键技术。同时，作为一种能够精确分配黏性流体的技术，流体点胶技术也可以将所需的胶体（如导电胶、焊料、UV胶、环氧树脂等）分配到器件（芯片、摄像头模组等）需要封装的位置，以实现各器件之间的电气连接或机械配合。在实际工作中，流体点胶会面临各种复杂情况如防水、防静电、防腐蚀等要求，同时随着芯片涂覆、芯片倒装、芯片固定等技术的密集化应用。相比以往的喷射点胶技术，压电式喷射点胶技术拥有黏度适用范围广、喷射效率高、胶点一致性好的优势，并且已成为流体点胶技术中发展的重要方向。

二、技术成熟度

团队在过去十年里一直从事高速高精喷射点胶阀的研究，已经进行了三代点胶阀产品的开发，积累了丰富的阀体开发经验，已经掌握了高精喷射点胶阀所涉及的流体喷射、高动态精密放大机构设计、压电控制等基础理论及关键核心技术。将压电驱动和高精密喷头加工技术的有机结合，通过对胶体的黏度和喷射行为的精确控制，突破了传统接触式针头在点胶速度、胶体黏度、质量和维护成本方面的诸多限制和缺陷。产品主要技术特点和技术参数：1) 阀杆最大位移：320 μ m；2) 最高工作频率：700Hz，3) 稳定喷射频率： \leq 450Hz，4) 可适用胶体黏度范围：100~200,000mPa.s。5) 胶点直径：0.3~3mm，6) 胶点一致性： \pm 2%。7) 温控范围：室温~80 $^{\circ}$ C，8) 温度精度： \pm 1 $^{\circ}$ C。9) 供气压力范围：0.1~0.8Mpa。产品性能可靠，技术成熟。

三、应用范围

点胶阀广泛应用于光学、光电行业、生化行业、光伏太阳能行业、SMD/SMT表面贴装、半导体制造行业、医药行业、LCD/LED、电子元器件封装等行业。主要作用包括半导体封装，PCB电子零件固定及保护，LCD玻璃机板封装粘接，移动电话机板涂布或按键点胶，扬声器点胶，电池盒点胶封合，汽车零件涂布，五金零件涂布，液体填充涂布，芯片邦定等。

四、投产条件和预期经济效益

我国集成电路产品市场份额占全球的60%左右，近十年来市场规模年均增长率达10%以上。而封装占据集成电路产业半壁江山，因此产品市场前景非常广阔。普通企业采用喷射点胶系统时，生产效率增幅达到200%以上，经济效益增幅可以达到300%以上。国内的众多点胶设备厂商所销售的高速点胶机基本都采用国外设计的点胶阀，其价格约为10万元/台。若每年此类点胶阀产品销售在2000台左右，则直接经济效益可达2亿。

五、合作方式

技术转让，具体合作方式可商议。

成果七：谐振式压力传感器

一、项目简介

MEMS 压力传感器是基于 MEMS 工艺，把被测压力作用下膜的形变通过一定的规律转换成电信号的一种测压装置，众多 MEMS 压力传感器中，直接输出频率量的谐振式 MEMS 压力传感器具有最高的测量精度。高精度谐振式 MEMS 压力传感器在航天航空领域具有极大的用途。在飞机上，为了获得飞行的高度、速度等大气数据，通常需要测量压力。同时其在卫星和火箭发动控制系统、大气和宇宙数据检测系统中也是迫切需要的传感器，在国内外都有相当大的市场，在我国军事领域，谐振式 MEMS 压力传感器因其性能优越亦逐步应用到航天、航空、装甲车、舰艇等各兵种装备中。

二、技术成熟度

谐振式 MEMS 压力传感器工作于闭环激励状态来维持谐振，谐振器是其核心部件，传感器整体精度的高低在很大程度上由谐振器的机械品质决定，受电路参数变化影响较小。其次，技术体系成熟的 MEMS 技术包括硅基表面加工技术与体硅加工技术使得核心元件的加工生产变的有序可控。本课题组开发的 MEMS 谐振式压力传感器精度已经达到 0.02%FS，各项工艺技术成熟可靠。

三、应用范围

高精度谐振式 MEMS 压力传感器在航天航空领域、军事领域的各项装备上应用广泛，同时也可用于气象、地质、航海、油井和工业检测等各种不同有高精度压力需求的领域中。

四、投产条件和预期经济效益

MEMS 传感器核心的投产需要超净实验室（100 级，1000 级和 10000 级）和先进齐全的硅微加工设备，包括从制版、光刻、扩散、镀膜、刻蚀到抛光、键合等各种工艺设备。还需配备各种薄膜质量检测设备，可以完成从薄膜制备到测试分析的一系列研究，同时需要具有 SEM、TEM、XRD 等大型设备，为 MEMS 相关项目研究的顺利开展提供充分的设备保障。在经济效应方面，其市场规模在 2009 年就达到了 59.1 亿元，其中，压力传感器占据市场份额的 25%，目前国内同类传感器进口收到限制，较低端的传感器每只约 2.0 万元人民币，按照各行业每年平均所需，年产 5000 只压力传感器，可获年产值约 1 亿元人民币。

五、合作方式

技术转让，具体合作方式可商议。

成果八：SiC 高温压力传感器

一、项目简介

SiC 高温压力传感器由于碳化硅材料具有的带宽度宽的特点，在其耐高温、抗辐射性能上都有良好的特性。得益于碳化硅材料的微电子工艺的发展，以碳化硅为材料的高温压力传感器越来越多的出现在高温测量领域。在压力测量方面，相比于压阻式和光学式压力传感器，电容式压力传感器更是具有灵敏度高、温度稳定性好、动态响应快等优点。项目组采用 SiC 材料为基础的电容式压力传感器，

在加工工艺上已突破了绝大部分关键工艺，实现了样机的批量化集成化制作。

二、技术成熟度

SiC 材料在微电子工艺的技术发展，使得其在 MEMS 传感器或执行器领域出现越来越多的典型耐高温器件，尤其在于压力测量方面，压阻式、电容式、LC 谐振式等器件都可以在基于现有的微加工设备上进行制作生产。本课题组开发的 SiC 电容式高温压力传感器精度已经达到 0.5%FS，各项工艺技术成熟可靠。现有样机已通过某型火箭的测试，实现了样机的批量化生产。

三、应用范围

能够适应高温恶劣环境的气体和液体压力测量的高温压力传感器，有着广阔的应用。民用方面，可用于测量锅炉、管道、高温反应容器内的压力，军用方面，可用于核电、载人航天、深空探测等国家重大工程中。如先进的发动机内部进排气管压力监测需要在 200~300℃ 环境下进行，而涡喷发动机在不同的尾喷位置需要在 300~1000℃ 环境下进行压力监测。

四、投产条件和预期经济效益

SiC 高温压力传感器的投产需要超净实验室和先进齐全的硅微加工设备，包括 ICP 刻蚀、Lift-off 剥离工艺、金属沉积、电镀电感及阳极键合等各种工艺设备。还需配备各种薄膜质量检测设备，可以完成从薄膜制备到测试分析的一系列研究，同时需要具有 SEM、TEM、XRD 等大型设备，为相关项目研究的顺利开展提供充分的设备保障。高温压力传感器应用广泛，从航空航天领域的空气动力学实验、飞行器表面摩擦阻测量、发动机试车内部压力监测，到民用领域的锅炉、管道、高温反应容器等都有较大的需求，因此具有较为广泛的市场。

五、合作方式

技术转让，具体合作方式可商议。

成果九：高精度 MEMS 陀螺仪

一、项目简介

陀螺仪是一种将旋转物体的角速度转换成与角速度成正比电信号的测速装置。伴随着微机电系统 (MEMS) 技术的发展，20 世纪 90 年代初诞生了基于哥氏效应的电容式 MEMS 陀螺仪，实现了小型化和批量化的目标。相比于传统商业化的光学以及动力调谐陀螺，具有成本低、体积小、重量轻、功耗小和容易集成等优点，广泛应用于电子消费类产品中。

我国微机械电容式 MEMS 陀螺仪研究起步较晚，与国外同类型陀螺仪还存在不小差距。制约国内微机械陀螺仪整体性能的关键原因是传感器精度低、稳定性差，易受到正交耦合误差与漂移误差的影响。本项目基于对陀螺仪性能的影响因素的来源及其相互作用关系的分析，为实现高性能电容式 MEMS 陀螺仪必须突破如下两个方面的关键技术：一是高谐振频率、高品质因数谐振器结构的获得是实现高性能 MEMS 陀螺仪的基础，二是强环境免疫能力的结构设计和工艺方案是实现高性能 MEMS 陀螺仪的保证。

二、技术成熟度

团队在过去十年里一直从事高精度硅机械陀螺仪的研究，已经实现了电容

式和隧道式陀螺仪原理样机的设计制作，开发了相应的电路；实践并掌握相关微工艺技术；研究了信号驱动与检测技术。课题组已经具备开展 MEMS 陀螺仪的基本硬件和软件条件。积累了丰富的陀螺仪开发经验，掌握了单质量块陀螺仪结构设计及整体结构的工艺研究、温度补偿模型及工艺实现、敏感元件的封装、传感器温度模型、多参数测试平台搭建及相关检测电路的设计、传感器样机、性能测试及其他关键核心技术。开展高固有频率、高品质因数以及全解耦结构方案设计优化、平衡振动结构组合、抗冲击稳定性、温度效应抑制等核心技术的研究工作，突破温度钝化涂层、硅/硅真空封装等关键工艺技术壁垒；构建多参数测试的陀螺敏感元件测试系统，揭示各参数对陀螺性能的影响机制及规律，掌握温度以及偏置稳定性等补偿算法与技术；研究陀螺振动/冲击、噪声干扰机理。为高性能电容式 MEMS 陀螺仪的型号应用、产业化奠定坚实的基础。产品主要技术特点和技术参数：品质因子： ≥ 50000 ；偏置稳定性优于 $1^\circ/\text{hr}$ ，驱动与检测谐振频率温漂低于 $50\text{ppm}/^\circ\text{C}$ ，温度适应范围： $-40^\circ\text{C}\sim 80^\circ\text{C}$ ，全温度零位漂移 $0.05^\circ/\text{s}$ ，g 敏感度优于 $0.03^\circ/\text{s/g}$ 。产品性能可靠，技术成熟。

三、应用范围

源于导航系统对体积、隐蔽性以及高可靠性的要求，基于惯性原理的电容式 MEMS 陀螺仪在航天航空领域具有广阔的应用市场，特别是在卫星、武器和火箭姿态控制系统（AHRS）中有着极大的需求，如美国、俄罗斯、法国在航空航天领域、潜水武器中都已经开始装备基于高性能电容式 MEMS 陀螺仪的面向飞行器姿态测试、特别是短程战术级武器等领域的惯性导航系统。此外，个人电子产品，日常生活中如汽车导航、相机防抖、无人机姿态调整等领域也获得了非常广泛的应用。

四、投产条件和预期经济效益

高性能电容式 MEMS 陀螺仪是航天航空尤其以战术级武器等短程飞行器自主姿态导航的关键元件，是关系到我国发展航空航天、国防事业的战略性关键传感器。高精度、高稳定性、强环境适应性的电容式 MEMS 式陀螺仪的价格高昂，因为芯片制作难度及装配难度高，工艺费用昂贵，合格率低。美国 MEMS 应用于战术级武器的惯性导航系统中高精度电容式 MEMS 陀螺售价高达到 3000 美元/只。而国内战术武器、水下兵器等每年需要高精度陀螺仪传感器约 10000 支，按 18000 元/只计算，可获年产 1.8 亿元；国内惯性导航试验所需约 800 支，按 20000 元/只，可获年产值约 1600 万元。该类高精度电容式陀螺仪也可替代目前面向工业自动化控制领域和汽车领域的国外进口中高端陀螺仪，其市场规模总额在 2012 年就达到了 2 亿大关。

目前，国内的深迪半导体、北京中星环宇科技、中航三江集团等陀螺仪生产厂家主要生产面向是消费类电子低端 MEMS 陀螺仪或者高成本、大体积的光学陀螺仪，应用于航空领域的低价格、高性能电容式陀螺仪目前暂无成熟产品问世，本项目对 MEMS 陀螺仪核心关键技术的研究和解决，以及更高精度陀螺仪的开发极具推广价值，其产品将在国内和国际市场竞争中脱颖而出。该类高精度陀螺仪也可替代目前面向工业自动化控制领域和汽车领域的国外进口中高端陀螺仪，其市场规模广阔。

五、合作方式

技术转让，具体合作方式可商议。

成果十：柔性压力/温度传感阵列

一、项目简介

柔性压力/温度传感阵列是智能机器人和生物医疗等典型应用领域中的关键部件。针对健康监测和人机交互等多种场景对对柔性压力/温度传感阵列的高灵敏度、良好分辨率和快速响应需求，提出在柔性基底上分别构建基于电阻式和电容式的薄膜柔性传感阵列，具有灵敏度/量程大可调控、低检测限特征。柔性压力/温度传感阵列将为机器人交互、语音识别、人工假肢、医疗康复器件等提供优选方案。

二、技术成熟度

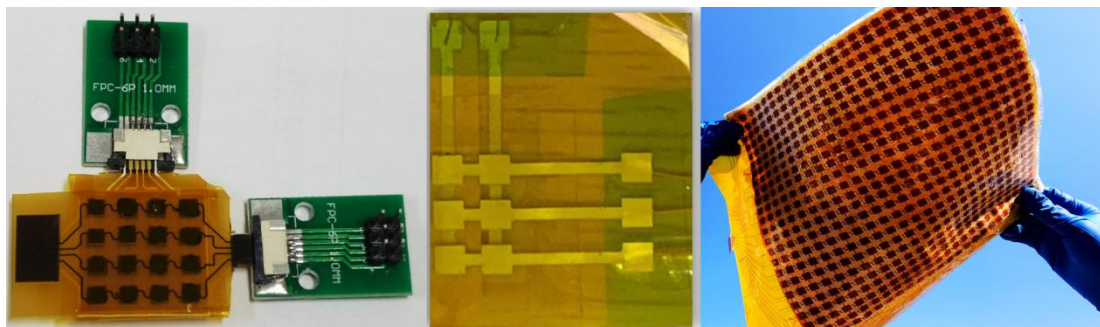
对于压阻式传感阵列，在 0~100 kPa 下，灵敏度可到 0.5 kPa⁻¹，响应/恢复速度快(约 100 ms/50 ms)；对于电容式压力传感器，在 0~500 kPa 下，灵敏度超过 5000kpa⁻¹，响应时间小于 50 ms，检测限低至~1 Pa。柔性温度传感器采用铂金的温敏特性，灵敏度达 0.02 kΩ/oC。柔性压力电子皮肤更是能对不同发声进行准确的区分识别，对不同的指压信号进行精确稳定反馈。

三、应用范围

机器人人机交互、语音识别、脉搏检测、人工假肢和医疗康复器件等诸多领域。

四、投产条件和预期经济效益

传感器阵列主要涉及电极墨水、丝网印刷、高分子材料和高能加工设备等，材料设备都可直接购买配置，生产过程无污染。根据 IDTechEx 市场报告显示，2018 年全球柔性电子市场规模为 317 亿美元，2029 年将达到 773 亿美元。以此根据现有实验设备，预计设备投资 200 万元（不包括厂房、公用工程等），按柔性传感器阵列单价 200~1000 元，年销售量达 8 万，则年销售额超过 1600 万元。



五、合作方式

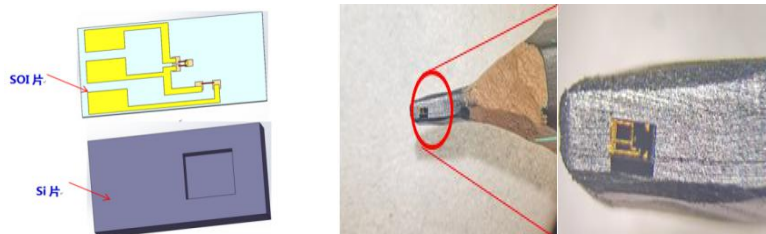
技术转让或联合生产，具体合作方式可商议。

成果十一：颅内压力传感器的研究与制备

一、项目简介

颅内压的临床监测对颅脑疾病的治疗至关重要，基于硅体微加工技术的压阻式植入式颅内压(ICP)传感器在颅内压的测试中具有重大医疗意义。本项目研究

的ICP压力传感器的外形尺寸为0.9X0.4X0.3mm（长X宽X高）保持较小尺寸的情况下，该ICP传感器的灵敏度也维持较高的水平。该传感器芯片制作在n型单晶硅片上，包裹在生物胶囊中。该传感器的包装材料具有良好的生物相容性和良好的工作性能。在室温下的灵敏度为0.07mV/V/kPa，在-10—60kPa的工作压力范围内有着良好的线性响应，输出非线性小于0.13%。与之前开发的植入ICP传感器相比，该结构在漂移特性、绝对精度和灵敏度方面具有优势。该传感器具有体积小、可靠性好、生物相容性好等优点，在生物医学领域具有广阔的应用前景。



图：芯体设计机构及实物图

二、技术成熟度

微型压力传感器的研制的主要难点就是其流片制作的工艺风险性过高，很难同时保证其良率和芯片性能，课题组经过多年的MEMS工艺经验积累，课题组提出和完善了一种全新的芯片制作工艺方案，本题组开发的颅内压力传感器精度已经达到了0.1%FS，各项工艺技术成熟可靠。

三、应用范围

本课题组开发的颅内压力传感器除了可以利用在生物医学领域以为，还可以广泛利用在所需微型传感器的广泛实际领域，其体积小、响应快、灵敏度高的特点在不断微型化的未来社会有着远大的应用前景！

四、投产条件和预期经济效益

MEMS 传感器核心的投产需要超净实验室（100 级，1000 级和 10000 级）和先进齐全的硅微加工设备，包括从制版、光刻、扩散、镀膜、刻蚀到抛光、键合等各种工艺设备。还需配备各种薄膜质量检测设备，可以完成从薄膜制备到测试分析的一系列研究，同时需要具有 SEM、TEM、XRD 等大型设备，为 MEMS 相关项目研究的顺利开展提供充分的设备保障。在经济效应方面，其市场规模在 2009 年就达到了 59.1 亿元，其中，压力传感器占据市场份额的 25%，目前国内同类传感器进口收到限制，较低端的传感器每只约 2.0 万元人民币，按照各行业每年平均所需，年产 5000 只压力传感器，可获年产值约 1 亿元人民币。

航空航天学院 周伟团队

团队介绍

	姓名	个人简介
首席科学家	周伟	厦门大学教授、博士生导师，国家优秀青年科学基金获得者。已主持国家自然科学基金4项、装备预研项目3项、福建省杰青项目、广东省杰青项目等。已入选福建省特殊支持“双百计划”青年拔尖创新人才、福建省新世纪优秀人才、厦门市引进重点人才、厦门大学南强青年拔尖人才A类等。获得教育部技术发明二等奖、厦门市科技进步一等奖等。
团队成员	褚旭阳	副教授
	连云崧	副教授
	秦利锋	副教授
	罗 涛	助理教授
	陈松月	副教授
	谢 瑜	副教授
联系人/联系方式	厦大科技处0592-2185633	
首席照片		
		

成果一： 高效制氢与燃料电池技术

一、项目简介

针对当前氢源供给难题，以甲醇为燃料，发明利用微反应器技术实现了高效制氢过程，解决当前氢动力专职在线制氢技术的难题。开展燃料电池双极板、膜电极、测试系统等方面的研究工作，具有自主知识产权的燃料电池的生产技术。

项目组在国际上首次提出以切削纤维多孔反应载体构建制氢微反应器，显著提升制氢反应性能；开发多孔流场结构、静电喷涂膜电极的质子交换膜燃料电池，在电池性能和成本上具有明显优势。

二、前期研究基础

目前已经完成高效制氢样机、氢气纯化系统样机、燃料电池电堆的生产与装配，技术成熟度相对较高。

三、应用技术成果

在氢动力装置，如在航空航天、船舶、汽车、移动电站、发电系统、武器装备、电子信息器件等领域具有非常广阔的应用前景。

四、合作方式

厦门金龙联合汽车工业有限公司（简称“金龙客车”）成立于1988年12月，隶属于厦门金龙汽车集团股份有限公司，是国内客车领域的重要企业之一。目前项目组与厦门金龙展开了密切的合作。

可以接受技术转让、委托开发、合作研发、共建平台、资本投资等方式。

成果二： 高效传热散热技术

一、项目简介

针对当前高密度热流电子器件散热方案散热效率不高、难以灵活组装与变形等难题，开发了高性能环路热管、高效换热微通道结构和高性能柔性热管等散热技术。发明了利用多尺度形貌铜纤维作为高效吸液芯结构，交错式微通道作为冷凝器核心的高效环路热管。开展多尺度微通道结构的强化换热研究，增强微通道结构的传热传质效果。设计具有分段和分形结构的柔性热管，提高柔性热管的柔顺性和传热性能。

二、前期研究基础

采用多齿刀具切削技术大批量生产具有粗糙表面多尺度微形貌纤维，利用低温固相烧结技术制造高性能吸液芯；采用多刀铣削技术高效低成本加工交错式微通道冷凝器，实现环路热管高效散热。采用多刀铣削与激光溶蚀联合加工方式实现复杂微通道的高效制造，提高微通道结构的传热传质性能。在金属-聚合物复合柔性热管管道设计中引入分形设计理念提高传热效率，同时采用多段刚性结构铰接的方式实现刚性热管的大柔性变形，以提高柔性热管的综合传热性能。相关结构与制造方法已通过仿真与实验验证，可直接应用于相关的传热传质场合。

高功率环路热管技术较成熟，可以进入工业化试验阶段，经过少量工艺和技术参数的改进和完善即可实现产业化应用；高效换热微通道结构已通过理论、仿真和实验验证，结合具体应用对象进行参数、结构优化即可开展工业化试验；高

性能柔性热管目前仍处于技术积累阶段，仍需开展大量计算和实验工作以验证其功能效果。

三、应用技术成果

高性能环路热管可以应用于大功率、高密度热流电子器件的散热领域；高效换热微通道结构可用于燃料电池、制氢微反应器的多场耦合协同作用场合；高性能柔性热管可解决柔性/可折叠电子器件的高效散热问题。

电子元器件的工作温度在70-80℃的基础上每增加1℃，其可靠性就会下降5%，70%以上的失效是由热引起的。本技术高效、低成本的散热方案能有效降低热源温度，防止大功率电子器件的热失效，具有广阔的市场前景和较强的经济效益。

四、合作方式

寻求具有高效传热散热需求的企业进行合作开发，合作方式包括但不限于相关技术转让、委托开发、合作研发、共建平台、资本投资等。

成果三： 柔性传感器与智能机器人技术

一、项目简介

针对当前柔性传感器在智能机器人领域的迫切需求，基于压电或压阻效应原理，利用微结构阵列设计开发出具备高灵敏度的三维力检测的柔性压力传感器；以柔性聚合物为载体，对聚合物进行表面标刻、改性，研制出具有柔性微结构的多功能压力传感器。面向智能机器人实际应用需求，研制触觉传感器设计、加工与测试的核心技术。

二、前期研究基础

柔性传感器是实现机器人特别是仿人机器人智能化的核心部件，研究高性能的柔性压力传感器将促进我国向柔性压力传感器“卡脖子”技术领域迈进的步伐，改变对昂贵进口技术的依赖性。

提出以嵌入方式引入刚性微结构阵列，属于一种提升传感器灵敏度的新方法，采用五电极和独立式传感单元设计可实现高灵敏度的三维力检测，同时提出一体式结构设计方法解决传感器封装和稳定性问题，关于柔性传感器设计、理论模型建立、性能优化及制备方法探索等方面的研究工作均具有新颖性。结合先进的激光加工技术，可以实现柔性传感器高效批量化制造，有效降低加工成本，在柔性传感器加工方面具有创新性。

三、应用技术成果

柔性传感器可应用的领域有：智能机器人触觉感知与控制、语音识别、脉搏检测、呼吸监测及指纹识别等。

四、合作方式

已开展基于微结构阵列的柔性传感器应用于智能机器人手压力的检测，通过识别滑动信号可实现机器人手抓取动作的控制，与北京理工大学智能机器人高精尖中心开展产业化合作研究。可以接受技术转让、委托开发、合作研发、共建平台、资本投资等方式。

信息学院 孙海信团队

团队介绍

	姓名	团队负责人简介
副教授	孙海信	副教授,长期从事水声通信、先进制造领域。
团队成员	周小平	高级工程师
团队成员	齐洁	讲师
团队成员	苗永春	博士生
团队成员	成垦	工程师
联系人/联系方式	厦大科技处 0592-2185633	
团队负责人照片		
		

成果：感知腔体形变传感器复位检测装置

一、项目简介

随着科学技术的不断进步和发展,医疗检查设备亦不断更新、完善,高科技含量越来越高,从而推动了医疗诊断水平和诊断质量向更高的方向快速发展,并促进了现代医学向更新、更好、更精的方向前进。本团队的研究成果可广泛应用在医疗设备的精细化制造上面,例如腔体穿刺、下针、检测定位等。另有“一种基于惯导系统的腔体形变复位检测装置”、“基于惯性系统的腔体形变复位检测装置及复位检测方法”等类似成果两个。

二、技术成熟度

目前已掌握腔体形变和检测关键技术,可以用来生产相关医疗设备,但是缺乏相关生产条件。

三、应用范围

该技术成果可广泛用于医药辅料、医用高级设备等领域。特别是用于医疗手术器官定位、穿刺、组织取样、扫描等,作为辅助使用。

四、投产条件和预期经济效益

该成果主要用于生产医疗辅助设备或检测设备,预计设备投资 2000 万元,年销售额 500 万元,年利税 100 万元。

五、合作方式

技术转让,具体合作方式可商议。

海洋技术领域

海洋与地球学院 王克坚团队

团队介绍

其他	姓名	团队负责人简介
首席科学家	王克坚	厦门大学海洋与地球学院院长，“闽江学者”特聘教授，福建省首批“海西产业人才高地创新团队领军人才”，海洋生物制备技术国家地方联合工程实验室主任，近海海洋环境科学国家重点实验室（厦门大学）首席科学家，中国海洋学会海洋生物资源专业委员会副主任委员；曾主持国家“863”重点目、国家自然科学基金重点项目、海洋公益专项、省重大专项等40多项课题；曾获国家、省部级科技进步二等奖5项；已获国家发明专利授权12项，已发表SCI论文70多篇；在海洋动物抗菌肽研究方面取得多项创新性成果，已获得我国首个海洋动物抗菌肽生产应用的安全证书，并已示范应用。
团队成员	陈芳奕	副教授
团队成员	彭会	高级工程师
团队成员	陈铭	副教授
团队成员	郝华	工程师
团队成员	林智勇	工程师
团队成员	陈慧芸	工程师
联系人/联系方式	厦大科技处 0592-2185633	
首席照片		
		

成果：新型海洋动物抗菌肽的研发与应用

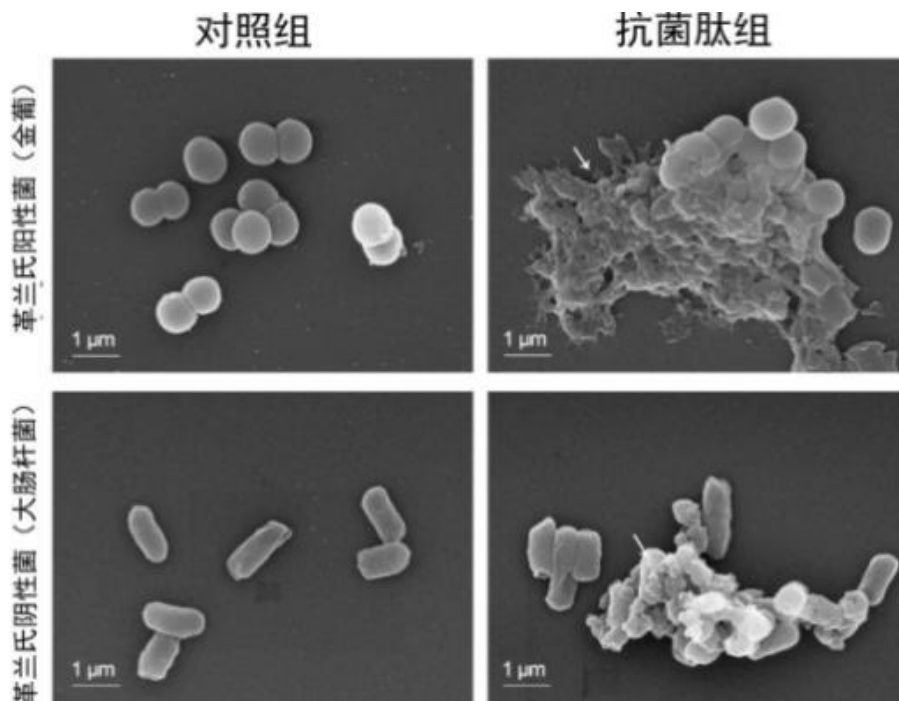
一、项目简介

抗生素污染问题是影响我国水产养殖业可持续健康发展的重大科技问题,而普遍存在于生物体内的抗菌肽,被认为是最有希望替代抗生素的天然药物,具有广阔应用前景。王克坚教授领衔的海洋动物抗菌肽基因工程产品研发团队,针对我国水产养殖业中抗生素污染的重大科技问题,自2002年起深入开展了海洋鱼类和蟹类新型抗菌肽的系列研究,取得了一系列创新性成果,部分研究成果处于国内外领先水平。已先后从我国鱼类青蟹等经济动物获得了多个新型抗菌肽基因和多肽,其中源于青蟹的10种新型抗菌肽由课题组首次发现并命名;已获得海洋动物抗菌肽相关国家发明专利授权13项,发表相关抗菌肽相关SCI文章80多篇;已研制出多个高效抗菌肽基因工程产品,海洋动物新型抗菌肽产品对多种水产病原菌、耐药菌、真菌、病毒等都具有显著抗性;

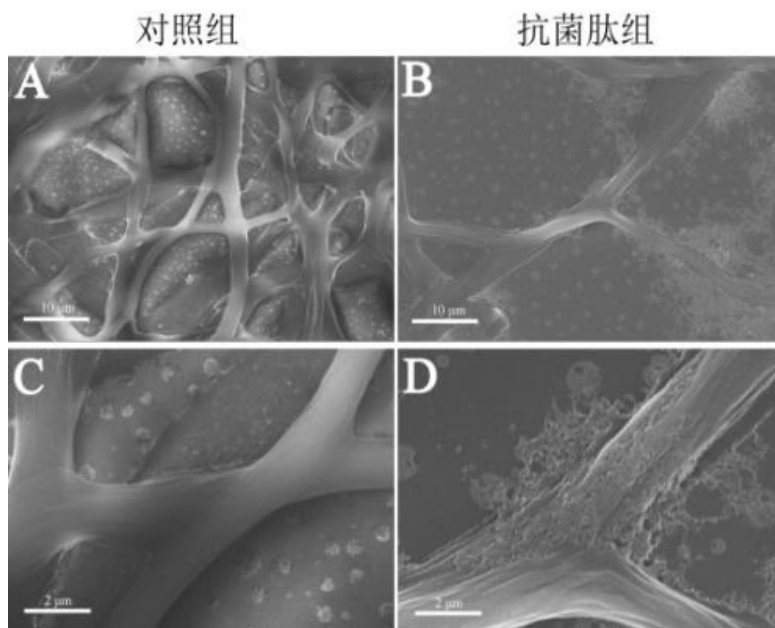
二、技术成熟度

已先后研制出多个高效抗细菌、真菌、病毒的抗菌肽基因工程产品,先后突破抗菌肽规模化发酵生产工艺以及抗菌肽基因工程产品的加工工艺,并与企业密切合作已建设了一条制备含海洋动物抗菌肽的环保型饲料中试生产线。已有2种海洋动物抗菌肽产品分别于2015年和2016年获农业部批准的生产应用安全证书,其中大黄鱼抗菌肽是我国迄今批准的首个海洋动物抗菌肽生产应用的安全证书,目前该抗菌肽产品已在福建浙江多个海水养殖场示范应用,取得了显著效果。对大黄鱼、石斑鱼、虾等海水养殖动物具有促生长、免疫增强与抗病效果。抗菌肽产品具有抗菌效果好、不易产生耐药性、无残留等特点,可作为抗生素的安全有效替代品,应用于医药、食品和畜牧水产养殖业。

三、应用技术成果



电镜下观察海洋动物抗菌肽的对细菌的抑杀菌效果



电镜下观察抗菌肽的对真菌的抑杀菌效果



海洋动物抗菌肽中试产品



海洋动物抗菌肽产品在大黄鱼、石斑等养殖场的示范应用

四、投产条件和预期经济效益

预计设备投资大型发酵系统及其产品后续加工系统 2000 万元以上（不包括厂房等）。该项目的研究成果可减少和替代部分抗生素在我国畜牧水产养殖业的大量使用，同时对我国畜牧水产养殖产业链中的相关产业具有重要的提升和带动作用。

五、合作企业

合作企业：福建省华龙饲料有限公司，是福建省农业产业化省级重点龙头企业、高新技术企业和福建省首批创新型企业，由华龙集团作为依托企业的“福建省养殖动物营养与新型饲料企业工程技术研究中心”被福建省科技厅列入“2010 年省级企业工程技术研究中心”。该中心具有专门从事功能性饲料的研发团队，构建了功能性饲料研究平台。与厦门大学抗菌肽研发团队具有十几年的合作研究关系。福建省华龙饲料有限公司已将抗菌肽添加剂作为主要的开发产品之一，并于 2008 年双方签定了 1 项专利实施许可，近年来福建省华龙饲料有限公司不断增加研发投入，在福建省闽清县金山工业区建立的“福建省金华龙饲料有限公司”，已建立抗菌肽饲料添加剂加工和饲料产品生产车间。

合作企业：厦门海嘉成生物科技有限公司于 2019 年入驻厦门市南方海洋研究中心创新创业基地，主要从事海洋生物活性物质的开发利用和产业化。与厦门大学合作成立“厦门大学海洋与地球院-厦门海嘉成生物科技有限公司海洋动物抗菌肽研究中心”，已有 1 项抗菌肽专利在该企业进行成果转化，积极开展密切合作模式，实现研发创新、技术转移、信息交流、科技服务等产学研用融合发展，为海洋动物抗菌肽的研究与产业化开发顺利进行建立了强有力的保障，促进行业科研与创新水平。

海洋与地球学院 柯才焕团队

团队介绍

	姓名	首席个人简介
首席科学家	柯才焕	柯才焕教授、博导，海洋与地球学院副院长，国务院政府特贴专家。长期致力于贝类生物学和遗传育种研究，迄今主持或参与 863 计划、973 计划、国家自然科学基金、海洋公益性行业科研专项等重大项目及地方科研项目数十项，在鲍、东风螺等的育种和育苗方面取得创新性成果。培育出“东优 1 号”杂色鲍和“西盘鲍”2 个国审水产新品种并推广应用，创造了显著的社会经济效益，其中“东优 1 号”杂色鲍新品种还在台湾地区推广，深受好评。迄今已发表论文 230 多篇（SCI 论文 110 多篇），获国家发明专利授权 25 项，获省部级科技进步二等奖 3 项。2014 年被评为全国优秀科技工作者，2015 年被国际鲍鱼协会授予“论文发表杰出贡献奖”。2018 年担任第十届国际鲍鱼学术研讨会组委会主席。
团队成员	徐 鹏	闽江学者特聘教授，博士生导师，国家优秀青年科学基金获得者。
	叶海辉	教授，博士生导师
	毛 勇	教授级高级工程师，“十三五”国家虾产业技术体系日本囊对虾育种岗位科学家。
	陈仕玺	副教授，博士生导师
	艾春香	教授
	游伟伟	副教授
	骆 轩	高级工程师
联系人/联系方式	厦大科技处 0592-2185633	
		
首席照片		

成果一：贝类遗传育种与健康养殖

一、项目简介

贝类产量占全国海水养殖产量的70%以上,优良品种是支撑贝类产业可持续发展的关键因素。以我国东南沿海常见贝类养殖种为研究对象,重点突破基因挖掘、经济性状遗传解析、全基因组选择、杂交组配、分子设计和基因组编辑等核心技术,完成重要养殖种的全基因组解析,获得具有育种价值和产权的重大新基因和标记,创制高产、抗病、抗逆、优质且具有市场竞争力的突破性重大新品种,对于提升我国贝类育种自主创新能力,提高良种在养殖增产中的贡献率和覆盖率具有重要的意义。

二、前期研究基础

在鲍、东风螺及牡蛎的遗传育种研究方面取得了一系列成果:发表了100多篇相关论文,其中SCI收录80多篇;授权相关贝类育种国家发明专利5项;获省、部级科技奖2项;获批国家认定的水产新品种2种。依托“福建省鲍鱼种质资源保存与遗传育种中心”,保有丰富的鲍种质资源,拥有一系列丰富的育种材料。已完成3种鲍的全基因组测序工作,正在开展鲍的基因组选择育种研究。

三、应用技术成果

国审水产新品种——“绿盘鲍”



绿盘鲍

国审水产新品种——方斑东风螺“海泰1号”



方斑东风螺“海泰1号”

国审水产新品种—“西盘鲍”



西盘鲍

国审水产新品种—“东优1号”杂色鲍



杂色鲍“东优1号”

四、合作企业

晋江福大鲍鱼水产有限公司位于晋江市金井镇，占地面积 60 多亩，是一家专业的鲍苗育苗与养殖企业。年产鲍苗 2000 多万粒，养殖种鲍 100 万粒，产值 3000 多万元。该公司是福建省鲍鱼种质资源与遗传育种中心建设单位，国家贝类产业技术体系鲍鱼育种岗位的育种研究基地，农业部水产健康养殖示范场、福建省现代渔业产业园区、福建省级皱纹盘鲍良种场、福建省水产品可追溯试点企业和泉州市农业产业化龙头企业。

福建闽锐宝海洋生物科技有限公司，企业总部位于厦门，是一家集鲍鱼新品种研发、良种繁育与推广为一体的水产企业，在福建漳浦、东山和广东等地拥有多个育苗与养殖基地，公司年可培育新品种鲍苗 5000 万粒，养殖 500 万粒。

成果二：日本囊对虾遗传育种

一、项目简介

水产优良品种是海水养殖增产的核心要素，是养殖业发展的命脉。大力发展水产育种技术，强化科技创新，创制新品种，推动我省优势养殖品种良种化，对驱动我省水产业生产方式转型发展、保障养殖安全和水产品有效供给具有重大战略意义。

日本囊对虾是我国四大对虾养殖品种之一，其味道鲜美，价格昂贵，年养殖

产量近 5 万吨，其中 90% 以上的种虾来自于台湾海峡。然而，我国日本囊对虾育种科技严重滞后于养殖产业的需要，优良种质挖掘创新及应用不足，种质近交衰退，生长、抗病抗逆性状下降的情形时有发生，良种配套的产业链技术不够完善，已成为影响到对虾养殖产业可持续发展的严重问题。

充分利用海峡西岸的水产种质资源，开展日本囊对虾遗传育种，形成以种质创新为技术核心、以健康养殖为目标的技术体系，通过示范养殖和规模化推广应用，具有重要的产业应用价值。

二、前期研究基础

厦门大学进入了国家现代虾蟹产业技术体系，承担着我国日本囊对虾良种培育的岗位科学家任务，在解析我国日本囊对虾种质资源的基础上，于 2014 年培育出日本囊对虾快速生长新品种“闽海 1 号”；在分子育种领域，开展了转录组、简化基因组和宏基因组等组学研究，构建了日本囊对虾遗传连锁图谱，探索了对虾转基因的基因验证技术平台；此外，还建立了对虾育种管理系统，在育种过程中引入了机器视觉技术，辅助开展性状测评。这些前期基础为继续深入开展日本囊对虾遗传育种奠定了坚实的基础。

三、应用技术成果



日本囊对虾“闽海 1 号”新品种证书

成果三：蟹类工厂化养殖技术

一、项目简介

蟹类传统养殖模式为池塘养殖，由于蟹类的自相残杀行为，其养殖产量较低，一般不到 100 公斤/亩。本团队建立了一种蟹类工厂化立体养殖模式，单位产量可提高 150 倍，约为 15000 公斤/亩，显著提升了蟹类养殖技术和养殖效益。

二、前期研究基础

根据蟹类生活习性和生长发育特点，已经研发了一种陆基工厂化立体养殖设

备，并与 2 家企业合作开展软壳蟹和红膏蟹养殖。

三、应用技术成果

蟹类工厂化养殖模式具有集约化、标准化、程序化等工业化生产特征，其创新性显著，属于水产养殖中的新方向、新模式、新技术、新设备、新产品。目前软壳蟹和红膏蟹的养成率分别为 70%和 90%。该技术目前已经在浙江、福建、广东、海南等地推广应用。



四、合作企业

厦门蟹逅水产科技有限公司、宁德市鼎诚水产有限公司

成果四：潮间带滩涂养殖鱼类的生态生理研究

一、项目简介

海洋潮间带湿地滩涂介于海洋与陆地之间，由于潮汐变化的原因而交替地暴露于空气和淹没于海水中，是一种特殊的生态环境。我国海洋滩涂总面积 217.04 万公顷，海洋滩涂养殖面积占海水养殖面积的四成多，滩涂养殖鱼类具有独特的生活习性。本项目组以我国重要滩涂养殖鱼类——大弹涂鱼（*Boleophthalmus pectinirostris*）和中华乌塘鳢（*Bostrychus sinensis*）为研究对象，针对其生活史中各个阶段的行为生态特性进行了研究。研究结果为滩涂养殖鱼类的遗传育种与健康养殖提供了丰富的科学理论和实践技术。

二、前期研究基础

在行为生态方面，主要以具有两栖习性的的大弹涂鱼为研究对象，揭示了大弹涂鱼的洞穴产卵行为模式；明确了大弹涂鱼幼鱼从浮游阶段转变到底栖阶段时对小生境因子的选择过程；首次发现并解释了大弹涂鱼冬季在养殖池内建造领地的生物学意义。在生理生态方面，申请者初步探索了大弹涂鱼与月运周期相关的产卵节律的生理机制；揭示了大弹涂鱼在洞穴内产卵的生殖免疫机制；阐明了中华乌塘鳢嗅觉器官感受性信息素的分子机理；以及滩涂洞穴鱼类胚胎对洞穴内低氧环境的适应机理。

三、应用技术成果

无

成果五：海洋动物营养免疫研究及其功能性配合饲料研发

一、项目简介

近年来，有关海洋动物免疫与营养的研究得到了蓬勃发展，为海洋动物健康养殖打下了坚实的理论基础。基于蛋白质及氨基酸、脂类（包括脂肪酸）、碳水化合物、维生素、微量元素以及各类生物活性物质对海洋动物免疫的影响及其作用机理的研究成果，构建海洋动物营养与其免疫关系动态模型，研发并推广其功能性配合饲料，有助于推进海水动物健康养殖业的发展，提升海产品安全，促进海水养殖绿色生产发展、海洋生态文明建设和美丽渔村建设。

二、前期研究基础

前期已开展了海水养殖动物基础免疫以及蛋白质等部分营养素、姜黄素、牛磺酸、多糖、益生菌等生物活性物质对海水养殖动物免疫的影响及其作用机理研究，开发了大黄鱼保肝利胆，增强机体免疫功能的高效大黄鱼功能性配合饲料（获2015年度福州市科技进步二等奖）；开发了花鳗鲡功能性配合饲料（2015年福建省海洋高新产业发展专项项目，闽海洋高新2015【09】号）；开发了高效环境友好型卵型鲳鲆配合饲料（获2014年度福州市科技进步三等奖），开发了鳗鲡系列专用配合饲料（获2012年度厦门市科技进步奖二等奖，2016年度福建省科技进步奖三等奖）。

三、应用技术成果

开发了大黄鱼功能性配合饲料、花鳗鲡功能性配合饲料、高效环境友好型卵型鲳鲆配合饲料、青蟹系列配合饲料。

四、合作企业

福建天马科技集团股份有限公司是一家研发、生产、销售特种水产配合饲料的农业产业化国家重点龙头企业 and 国家级高新技术企业，是中国饲料工业协会副会长单位，于2017年1月17日在上交所主板挂牌上市。公司经营范围涉及特种水产饲料、生物工程、国际贸易等领域。鳗鲡配合饲料产销量稳居全球首位，大黄鱼配合饲料产销量位居全国第一，主营的种苗料及石斑鱼、鲟鱼、鲑鳟、鲆鲽、鳎、龟、鳖、加州鲈等特种水产动物配合饲料产销量位居全国前列。

公司坚定不移地推行科技战略和品牌战略，不断开拓创新。成立了以中国科学院桂建芳院士为主任委员的科技委员会；与厦门大学、上海海洋大学等达成产学研的战略合作；创建了院士专家工作站、福建省省级企业技术中心、福建省特种水产配合饲料重点实验室、福建省特种水产配合饲料企业工程技术研究中心等研发平台。

公司坚持“自主创新，科技兴业”的科技理念，开发了具有自主知识产权的高科技产品，玻璃鳗配合饲料、鳗鲡膨化颗粒配合饲料等的产品技术填补多项国内空白；已获得41项授权发明专利；主导和参与制修订国家、行业及地方标准8项；荣获省、市科技进步奖12项。先后荣获了“农业产业化国家重点龙头企业”、“国家火炬计划重点高新技术企业”、“全国三十强饲料企业”、“中国名牌产品”和“中国驰名商标”等殊荣。

成果六：大黄鱼基因组选择育种

一、项目简介

随着基因组资源和育种工具的日益丰富，依托基因组信息开展重要经济鱼类的遗传选育，大大提高了遗传选育的准确性和选育效率，对于创制经济鱼类优质高产抗逆抗病新品种，推动养殖产业健康、生态、绿色和可持续发展具有重大意义。

二、前期研究基础

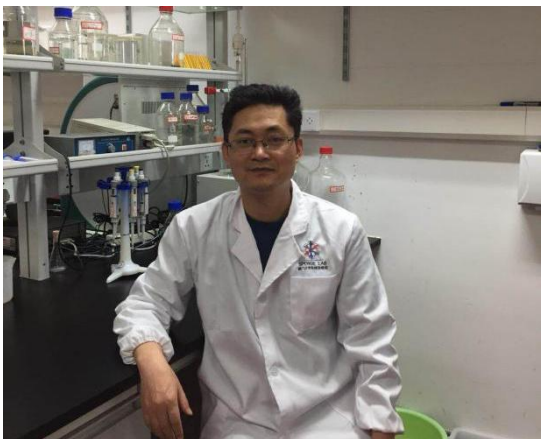
近年来，团队与大黄鱼育种国家重点实验室合作，系统开展了大黄鱼基因组资源深度挖掘、遗传育种工具开发和基因组选择育种遗传育种技术的创新研究。全面完成基于第三代测序技术的高精度大黄鱼基因组参考序列图谱的绘制工作，获得了染色体尺度的高精度大黄鱼基因组参考序列，为全面开展大黄鱼基因组选择育种奠定了重要基础；建立了基于简化基因组测序技术和低覆盖度全基因组测序技术为核心的大黄鱼基因组尺度基因型分析技术体系，为全面开展大黄鱼选择育种奠定了工具基础；构建了由 600 尾亲鱼随机混群繁殖的大黄鱼基因组选择参考群体，正在开展大黄鱼一揽子重要经济性状的遗传基础解析工作，以及以速生和抗虫为目标的大黄鱼基因组选择育种工作，以期为大黄鱼种业健康和可持续发展提供创新驱动。

三、合作企业

福鼎海鸥集团；宁德富发水产有限公司

海洋与地球学院 陈军团队

团队介绍

	姓名	首席个人简介
首席科学家	陈军	陈军教授，1973年8月出生，2003年在北京大学获得博士学位，2004年赴美国西北大学做博士后，2007年回厦门大学任职晋升为副教授，2015年晋升教授。研究方向为海洋生物转录组学和分子遗传学，自2008年以来，主持过福建省青年科技项目1项，国家基金项目1项，厦门市其他局（委）科技项目1项等，并参与完成了多项重大项目包括福建省科技重点项目、973计划项目、国家海洋局海洋公益性项目等。已发表论文20余篇，申请国家发明专利4项，其中已授权3项。
团队成员	丁少雄	教授
	王德祥	副教授
	高祥	副教授
	赵晶	副教授
	周强	教授
	艾春香	副教授
	陈铭	副教授
联系人/联系方式	厦大科技处 0592-2185633	
		
首席照片		

成果：海绵及其共附生微生物的高值化利用

一、项目简介

海洋是天然活性产物资源的宝库。海洋天然产物虽然种类繁多但含量稀少，如何克服海洋天然产物含量稀少的问题是海洋天然产物资源开发利用的重大科学和技术问题。团队以天然产物种类最丰富的两类海洋生物---海绵和海绵共附生微生物为研究对象，突破海绵规模化培育技术的基础上，建立了海绵规模化培育基地，筛选其共附生微生物，突破了药源海绵开发的生物量供给瓶颈问题，构建了克服海洋天然物含量稀少的解决方案，并形成了从资源到产品的科研体系。

二、前期研究基础

由于海绵动物和海洋微生物的天然物种类在海洋生物中最为丰富，最具有药物开发潜力，团队于 2009 年确定以海绵养殖和海绵共附生微生物为突破口，通过建立规模化海绵养殖体系来稳定供给海绵生物量、通过建立海绵共附生微生物的分离、筛选、发酵体系来支撑海绵天然物开发；2011 年，海绵小规模养殖试验成功，确定了海区挂养增殖海绵生物量的可行性；2013 年以来得到南方海洋研究中心的持续资助，以药源海绵和海洋放线菌为主要研究对象开展一系列研究工作，并将海洋天然物的研究从刚开始的种质分离保存和生物量扩繁向中下游的天然物库构建、活性筛选、药学研究和产品开发不断拓展。团队在海绵生物学、海洋微生物、化合物库和活性筛选方面获得以下进展：

1. 海绵动物的种质保存、规模化养殖、繁殖生物学及生理生态研究获得重大突破，首次实现药源海绵的吨级可控养殖，为解决来源稳定的药源海绵开发的生物量供给瓶颈问题提供了可靠的方案；发展了可控的海绵有性繁殖，并首次获得了一批人工干预下的海绵有性繁殖后代成体。研究成果申请海绵相关专利 6 项，发表相关文章 11 篇。

2. 在海洋微生物方面建立了以海绵共附生微生物为核心的海洋微生物菌种库，其中包括 400 余株海洋放线菌；建立了培养基诱导、射线诱变和基因组编辑等技术，诱导出 180 多株具抑菌活性的菌株，为开发生产新型抗生素和潜在药物的工业菌株打下坚实基础。

3. 构建了源于海绵和海洋微生物的化合物库和多肽库，通过活性筛选获得抗多耐药肿瘤细胞株增殖活性化合物 2 个、抗胰岛素耐受活性化合物 1 个、抗金黄色葡萄球菌活性多肽类化合物 3 个、抗耐药性肺结核分支杆菌系列化合物 10 余个，其中多数为新结构化合物，相关研究成果已发表论文 4 篇，申请专利 5 项，为后续海绵源新型海洋药物的研发奠定了的坚实基础。

4. 发现了癌症及艾滋病基因转录新机制研究。团队骨干周强教授研究组发现蛋白激酶中含有的组氨酸富集结构域 (Histidine-Rich Domain, HRD) 可以通过相位分离 (Phase separation) 对细胞基因转录进行调控的分子机制 (图 5)，并于近期发表于国际顶级学术杂志《自然》。证实了 CycT1 通过“刚柔并济”的方式富集 CDK9 和 Pol II 到相位分离形成的液滴状结构中，从而最大化地促进 Pol II CTD 磷酸化及转录延伸活性。该研究成果为进一步阐释该机制提供了全新的视

角和概念；为以依托此机制进行的抗肿瘤和艾滋病药物设计、筛选和开发提供了新思路、新靶点和新模型。

5. 开发了以海绵骨针和海绵硬蛋白为生物材料的多种产品，并开发了如海洋益生菌等微生物产品，拓展了海绵动物、海洋微生物的利用途径。

三、合作企业

无

海洋与地球学院 严晓海团队

团队介绍

	姓名	首席个人简介	
首席科学家	严晓海	国家“千人计划”特聘教授，教育部“长江学者”，美国特拉华大学冠名讲席教授、国家海外名师，福建省高校领军人才，厦门市双百计划入选者，厦门大学海洋与地球学院学术委员会副主任。曾获“美国总统学者奖”、NASA 杰出中心奖、《中国科学：地球科学》优秀编委等奖项。先后在 Science、JPO、JGR、JOC、Earth's Future 等期刊发表 SCI 论文 200 余篇。现任 US-CLIVAR 计划科学指导委员会委员，AMOC 科学工作组成员，IJO 杂志主编，JRS、《中国海洋大学学报英文版》、《中国科学：地球科学》以及 Nature 旗下《Scientific Reports》等期刊编委。2007 年以来，主持、参与的项目累计 2400 万、10 项国际合作项目。	“千人计划”特聘教授
团队成员	庄伟	博士，研究方向：大尺度海洋环流、海平面变化及中尺度涡旋。近年来的研究主要关注热带太平洋、南海以及印度洋上层海洋过程的年际和年代际变化，结合现场观测、卫星遥感和数值模拟结果开展动力诊断研究。	副教授
	耿旭朴	博士，厦门大学海洋与地球学院高级工程师。研究方向为卫星海洋遥感和合成孔径雷达（SAR）等，负责厦门大学联合遥感接收站的建设和运行。	高级工程师
	张玮玮	博士。厦门大学近海海洋环境科学国家重点实验室杰出博士后。研究领域包括大尺度海洋环流，中尺度海洋过程，目前从事的是北大西洋副极地环流热容量变率及其与对北极海冰融化的影响。	博士后
	于鹏	博士，厦门大学海洋与地球学院博士后研究人员。研究方向为海岸带资源与环境遥感，水动力数值模拟等，目前主要从事 SAR 卫星遥感的应用研究。	博士后
	李诗卉	助理工程师。负责联合海洋遥感中心日常行政管理、财务报销，联合遥感接收站建设、数据管理与维护。	工程师

联系人/联系方式	厦大科技处 0592-2185633
 <p data-bbox="740 734 868 770">首席照片</p>	

成果一：中深层海洋遥感与全球气候变化

一、项目简介

面向当前国际前沿科学问题，采用中深层海洋遥感技术，反演高精度的次表层和中深层海洋水温，用于年代际气候变化研究。研究在全球增暖和增暖减缓等气候变化过程中中深层海洋响应的时空分布特性，以及热量从上层海洋传递到中深层海洋的物理机制，揭示中深层海洋对气候变化的调控和对全球季风气候的影响，提高我国应对气候变化及极端事件能力。

二、前期基础研究

研究团队发现，西太平洋暖池在过去三十年中不断地向西迁移，且其水体体积自 1982 年以来增长了近 14%。科学家们认为暖池是驱动气候变化的“引擎”，因为其巨大水体具有相当大的吸热和储热能力，且在厄尔尼诺期间在太平洋中发生大范围移动。因为水体较暖，其温度的轻微变化都会对全球海洋产生显著影响，尤其是风和海洋环流的模式以及水团的体积。同时，海洋上层的冗余热量也会向下传递到深海，引起海表以下约 300-2000 米的海水增暖。由于海洋深层海域的热量再分配、存储，在 1998-2013 年间观测到的全球海表增暖停滞期间，全球几乎所有的海盆都出现了增暖。

团队对拉布拉多海上观测到的海表温度和与海洋洋流模式相关的湍流能量进行了研究，发现在“停滞”时期，在西格陵兰洋流附近的湍流能量有着明显的年际变化，这可能是受北大西洋涛动和副极地环流变化所驱动。涡的数量越多，拉布拉多海中央出现的湍流数量也越多，这使热量加速向深海传输，从而引起海表冷却效应。通过将温度的变化分解为自然升降（起伏）和由风和海洋混合作用造成的变暖，进一步确定，在北大西洋副极地环流西部的温度变化主要是由海表热量从表面转移到深海造成的。科学家们认为是气候变化的“开关”，因为它把热量从海表面转移到深层海域。

团队整合大量海面高度，温度，盐度，和风场等卫星遥感数据和“Argo”浮子（目前主要的海洋热容量监测手段）的温度数据，利用机器学习领域的“随机森林算法”来估算次表层温度异常，通过深海遥感-机器深度学习-数据挖掘技术，打破海表面对电磁波选择吸收的限制，把空间遥感对海观测有效地拓展到深海。

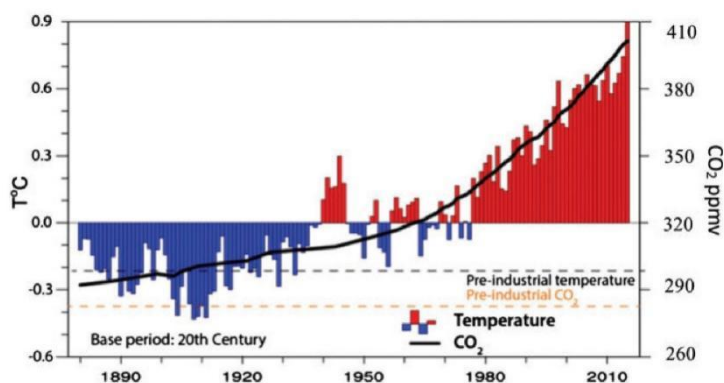


Figure 1. Time series of annual values of global mean temperature anomalies and carbon dioxide concentrations at Mauna Loa and from the ice core record. Time series of annual values of global mean temperature anomalies (red and blue bars) in degrees Celsius, and carbon dioxide concentrations at Mauna Loa, both from NOAA. Data are relative to a baseline of the 20th century values. Also given as dashed values are the preindustrial estimated values, with the scale in orange on the right for carbon dioxide, where the preindustrial value is 280 ppmv (parts per million by volume). The latest values exceed 400 ppmv. For temperature, the 2015 value is more than 1°C above preindustrial levels. Updated from Trenberth and Fasullo [2013].

Yan, et al., Earth's Future, 2016

成果二：卫星海洋遥感及其大数据应用

一、项目简介

传统的海洋数据获取手段主要包括船舶走航、固定观测站、浮标、水下机器人等，对于广阔的海洋，这些手段只能得到有限观测点或观测区域的数据，而且成本不菲，易受恶劣天气条件的影响，有些海域还根本无法到达。

卫星遥感具有覆盖面广、时效性高、操作便捷等优势，在海洋科学研究、海洋环境监测和海洋资源开发利用等方面发挥了非常重要的作用。自美国 1978 年美国发射世界上第一颗海洋卫星 Seasat-A 以后，俄罗斯、日本、法国和欧空局等相继发射了一系列海洋卫星。我国也发射了 HY-1A、HY-1B 和 HY-2A 等多颗海洋卫星，还将在 2020 年前发射 8 颗海洋系列卫星，形成对我国全部管辖海域乃至全球海洋水色环境和动力环境的遥感监测能力。

随着遥感技术的发展，其空间分辨率和时间分辨率不断提高，卫星传感器种类及其获取的数据类型也越来越丰富，与此同时数据量也越来越大。遥感大数据对传统遥感数据处理方式提出了挑战，“数据密集型科学”成为继早期的“实验科学”、几百年前的“理论科学”和数十年来的“计算科学”之后科学研究的最新方法，大数据成为我国研究和利用海洋资源必要的科学工具和条件。

二、前期研究基础

厦门大学-特拉华大学联合海洋遥感中心建设了天线直径为 7.5m 的遥感卫星地面接收、处理和数据可视化系统。作为我国东南地区最新的面向教育与基础研究的接收站，该系统可获得多种卫星的实时/准实时遥感数据，为海洋调查、环境监测、海洋管理与研究等提供高精度的遥感观测与数据支持。目前正在接收的卫星包括：Terra、Aqua、NPP、Himawari-8 等；



厦门大学联合遥感接收站

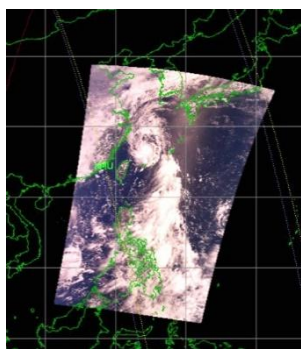


联合遥感实验室全景图

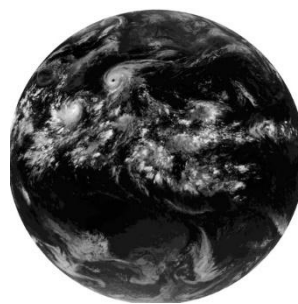
结合物理海洋学、海面电磁散射和 SAR 成像技术,研究 SAR 海面成像机理、成像特征与相应海洋物理参数的反演方法,深入理解海表动力环境和特征演变的过程与相互关系。

三、技术应用成果

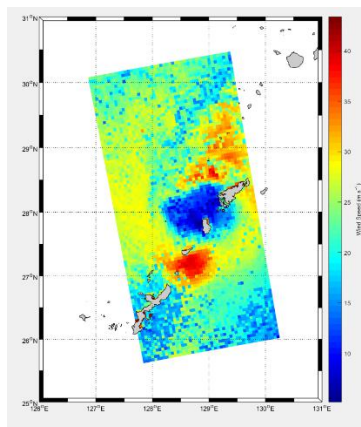
以厦门大学联合遥感接收站为基础,通过接收站系统设备的升级改造及与国内外卫星研制和航天发射单位的合作,扩展卫星数据接收来源,获取可见光、红外和雷达等多种类型的卫星遥感数据。建立海洋遥感大数据存储与处理平台,结合大数据技术和人工智能的国际发展前沿,开展海洋遥感关键工程技术攻关和应用研究,组建海洋遥感大数据应用人才团队,组织海洋动力学遥感、海洋生态环境遥感、海洋灾害遥感监测和海岸带遥感等四个方面的海洋遥感大数据综合应用示范。



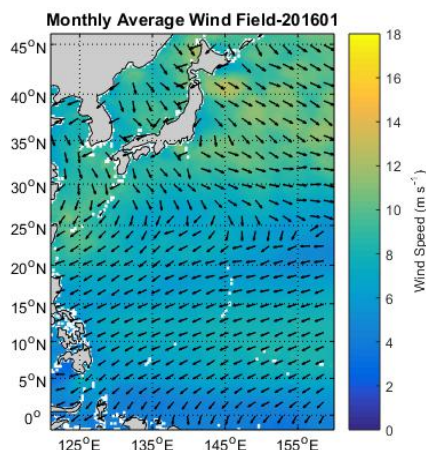
联合遥感接收站接收的 Terra 卫星过境图



联合遥感接收站接收的 Himawari-8 气象卫星图



基于 Sentinel-1 的台风苏拉风场反演, SAR 由于其高精度的特性,风场反演结果能够更加细致的描述台风风场结构。



西北太平洋风场数据融合得到了覆盖全面的分辨率较高的风场数据,为研究和预报工作提供了技术支持。

四、合作企业

正在与福建省地震局、厦门精图信息技术有限公司、厦门蓝海天信息技术有限公司等开展合作,发挥社会服务能力。


福建省地震局是福建省人民政府负责管理防震减灾工作的职能部门,是遥感及大数据在“速报与预警”工程项目内的应用示范单位;

厦门精图信息技术有限公司是国内领先的空间信息综合服务企业,近年来承担了国家发改委一系列卫星产业化专项。综合应用国家地方联合工程研究中心开展卫星应用关键技术和产品研发,推动卫星技术在海西的综合应用深度和广度促进卫星应用产业自主创新和市场化、规模化发展;

厦门蓝海天信息技术有限公司是专注于海洋领域的科技型服务企业,长期从事海洋领域信息化平台建设及产品服务提供,积累了丰富的行业经验与技术能力。蓝海天是中国海洋工程咨询协会、中国海洋学会、福建省海洋学会等海洋行业协会的会员单位,积极参与并推动海洋领域的智能化、市场化发展。

海洋与地球学院 李忠平团队

团队介绍

	姓名	首席个人简介
首席科学家	李忠平	李忠平教授、博士生导师，2014年入选中组部“千人计划”。李忠平教授长期从事海洋光学和海色遥感领域的研究，研究成果覆盖了海洋光学理论模型、遥感算法、现场实测和遥感产品的最终生产和应用，已发表了>120篇SCI论文,其学术成就得到了国际同行的广泛跟踪(经Google Scholar检索,总引用次数近1万次,超过20篇论文的引用次数在100次以上,单篇最高近1000次),为此领域的权威学者。其主要学术贡献在于建立了以海水固有光学量为核心的模式关系,据此创建了如QAA, HOPE, SBA等一系列国际推行的遥感反演和测量算法,研究成果代表了该领域的最高水平;于2012年获得美国主流光学杂志Applied Optics 50周年历史“Most Influential Paper”奖。
团队成员	商少凌	教授
	张彩云	副教授
	董强	高级工程师
	吴璟瑜	高级工程师
	李永虹	工程师
	闫静	工程师
	王道生	工程师
	林供	工程师
	武秀玲	科研助理
林丽霞	科研助理	
联系人/联系方式	厦大科技处 0592-2185633	
		
首席照片		

成果一：以固有光学量为核心的水色遥感研究体系开发

一、项目简介

传统的水色遥感是主要关注于水体叶绿素浓度反演的研究,使用经验模型进行大洋开阔水体(也称为 I 类水体)叶绿素浓度反演已取得了一定的进展,但也存在可移植性差等方面的缺陷。为解决这一问题,厦门大学团队提出了以水体固有光学量为中心的一系列半分析研究方法,对光学海洋学和水色遥感的理论体系、水色遥感产品种类以及数据的应用范围等方面都有了大幅度的提升。

二、前期研究基础

a) 理论基础研究

- 发展了使用遥感反射率精确分解分子散射和颗粒物散射效应的相函数的理论模型(Lee et al 1994, 2004), 阐明了对于开阔海域水体, 波长较短的蓝光波段反射率主要由分子散射影响, 而波长较长的波段反射率则主要受到颗粒物散射的影响。

- 开发了适用于全球范围内大部分光学浅水的光学理论模式(Lee et al 1998)。

- 提出了基于辐射传输理论的水体漫衰减系数模型(Lee et al 2005a, 2005b), 对于光在上层水柱传播的准确估算有重要意义;

- 获得了纯净海水在 350-550nm 的吸收系数(Lee et al 2016), 促进了对海洋水体最基本光学性质的了解。

b) 反演算法开发

- 提出了用于反演水体固有光学性质的半分析算法 (Quasi-Analytical Algorithm, QAA), 被美国太空总署开发的水色遥感数据处理系统 SeaDAS 用于卫星水色产品的处理。这一成果还被评选为 (2012 年) 光学领域国际著名期刊 Applied Optics 50 年历史以来最具有影响力的文章之一, 迄今为止已经被独立引用~1000 次, 是光学遥感分析算法中被引最多的文献之一;

- 发展了高光谱优化求解算法 (Hyperspectral Optimization Processor Exemplar, HOPE), 可以利用海洋水色数据反演光学浅水的底层性质(Lee et al 1999, 2001, 2007), 该方法被广泛应用于近岸的浅水和珊瑚礁等区域的底层性质分析, 目前已经累计被引用~700 次;

- 设计了基于水体固有光学特性的水色辐射传输二向性效应校正方法(Lee et al 2011);

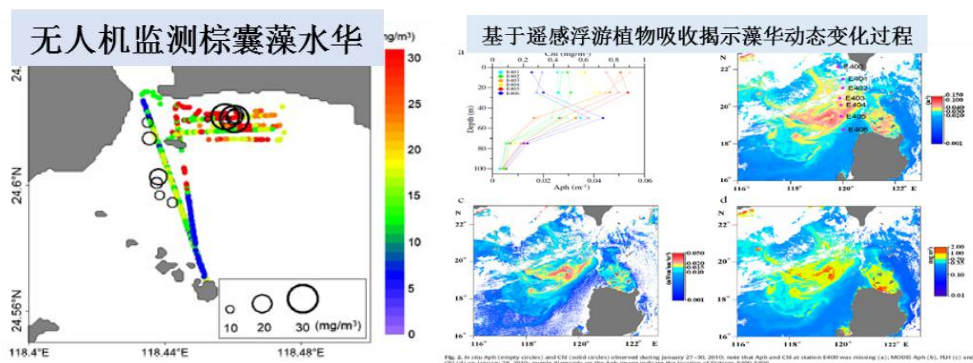
- 开发了水色遥感中的拉曼效应校正算法 (Lee et al 2013)。

- 建立全新的海水透明度理论(lee et al 2015)

c) 模型应用

- 提出基于浮游植物吸收的海洋初级生产力估算模型, 该方法能够合理契合光合作用过程, 因此可以大幅度地提高海洋初级生产力的遥感估算准确度; 基于无人机监测棕囊藻水华, 采用巧妙的优化校正方法获取可靠的遥感反射率数据, 反演获得 30 米空间分辨的棕囊藻水华期港湾叶绿素浓度分布; 基于遥感浮游植物吸收揭示藻华动态变化过程

三、应用技术成果



成果二：水色辐亮度测量方法改进

一、项目简介

水色辐亮度，或称离水辐亮度，是光学算法构建和卫星水色产品校正/验证的关键光学参数。但由于野外实测条件，如波浪、云、船只，会对观测精度产生不可避免的影响，因此难以获得水色辐照度精准的测量结果，这也是几十年来困扰光学海洋学领域的重要难题。

二、前期研究基础

李忠平团队开发了一个名为 SBA (skylight-blocked approach) 的创新性观测系统，可提高水色辐亮度的观测的精确性和稳定性。SBA 既保持有传统水色测量方法中易于操作的优点，又能同时提高观测精度（不确定性小于 5%）。这项研究被美国光学学会出版社的著名刊物 *Spotlight on Optics* 作为亮点进行了报道。

三、应用技术成果



SBA 系统在不断的改进中

海洋与地球学院 商少平团队

团队介绍

	姓名	首席个人简介	
首席科学家	商少平	教授、博导。1993年获国务院特殊津贴，1996年入选国家教委跨世纪优秀人才。长期从事海洋环境数值预报方法和海洋监测系统集成应用技术研究，十次获得国家级、省部级科技进步奖。“十一五”、“十二五”国家863计划重大项目“区域性海洋监测系统技术”、“深远海海洋动力环境观测系统关键技术与集成示范”总体专家组组长、首席专家。	
团队成员	贺志刚	副教授	中心副主任
	董强	高级工程师	
	吴璟瑜	高级工程师	
	戴昊	工程师	
	谢燕双	工程师	
	魏国妹	工程师	
	刘轲	工程师	
	雷发美	工程师	
	辛磊	工程师	
	关宏梅	工程师	
	章伟婕	工程师	
	林锐	助理工程师	
	杨帅	助理工程师	
联系人/联系方式	厦大科技处 0592-2185633		
			
首席照片			

成果一：风暴潮系列项目

一、项目简介

“风暴潮漫滩预警系统”课题开展台湾海峡高分辨率风暴潮预报模型研究，进一步提高风暴潮预报精度；针对台风路径多变难以准确预报和政府防灾决策的实际需要，研究风暴潮预报辅助决策模型，结合沿岸高程观测与沿海地理信息的收集、整合，最终形成可为预报业务部门参与政府防灾决策提供支撑的福建沿海风暴潮漫滩预警系统。“精细化风暴潮漫堤预警辅助决策系统”课题开展重点海域精细化风场、天文潮、风暴潮等模型研究，建立重点海域精细化风暴潮-天文潮-近岸浪耦合漫堤预警系统，研发重点海域精细化风暴潮漫堤辅助决策系统，为风暴潮防灾减灾提供辅助决策支持。（国家 863 计划子课题、国家科技支撑计划子课题）

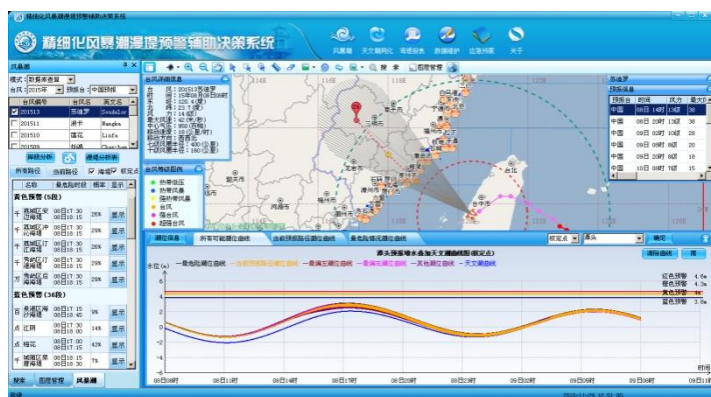
二、前期研究基础

“七五”、“八五”国家科技攻关项目开展风暴潮数值预报方法研究，“十五”863 计划海洋监测技术重大项目福建示范区项目开展了“海洋风暴潮灾害预警预报系统”的研究，研制出双向嵌套网格风暴潮-天文潮耦合数值预报模型及其动态显示系统，并投入业务部门进行业务化试运行。

三、应用技术成果

研发的风暴潮漫堤预警辅助决策系统等海洋防灾减灾应用系统，为福建省率先形成区域性海洋环境实时监测、数据接收、信息产品制作与服务的一体化的防灾决策支持业务链提供了关键技术支撑，系统成果已被应用于政府的防灾辅助决策。

将福建省风暴潮漫堤预警辅助决策模式“一种基于台风路径预报概率圆的风暴潮集合预报模式和基于假想台风增水数据库的风暴潮增水快速预报算法”引入，并集成地理信息系统，建立了宁波市风暴潮漫堤预警辅助决策系统，系统可对宁波市的海塘在台风期间进行风暴潮漫堤预警报。集合预报结果比单一路径预报结果有不同程度的改善，该集合预报技术可以有效的解决由于台风路径预报偏差引起的风暴潮灾害预报的漏报和误报问题，证明模式在宁波市的应用是成功的，为其在更多区域的推广应用提供参考。



成果二：海洋监测设备适用性检验规范及海上试验研究

一、项目简介

针对 863 计划海洋技术领域研发的部分技术较为成熟、具备产品化条件的高频地波雷达、X 波段测波雷达、声学海流剖面设备、船载及投弃式温盐深设备、实时传输潜标和自持式剖面漂流浮标等 6 类海洋环境监测设备，发展规范化、标准化的设备适用性检验技术，开展多基检验平台的第三方独立检验与验证，促进技术成果的完善与固化，提高设备的可靠性、稳定性和批量一致性，为国产海洋环境监测设备的规模应用和推广提供技术支撑。（国家 863 计划课题）

二、前期研究基础

团队在海洋调查、比测工作及数据处理和应用方面有着丰富的经验。2005-2007 年，受“福建海域海洋环境动态实时立体监测系统”项目的邀请，承担了高频地波雷达海流测量数据质量控制咨询工作，共形成了 6 篇数据质量分析报告。“十一五”期间，福建示范区使用地波雷达径向流，作为模型的同化数据，提高数值模拟结果的精度。

三、应用技术成果


1) 完成的评估成果已被某专项办确定为国家某重大涉海专项国产海洋环境监测设备选型采购的依据。

2) 建立了适用性检验分析评价系统，由适用性检验数据管理子系统、适用性检验数据分析子系统和适用性评价子系统组成，实现数据质控及管理、数据可视化及分析、适用性评价、标准规范及评估文档管理等功能。



海洋与地球学院 张宇团队

团队介绍

	姓名	首席个人简介
首席科学家	张宇	张宇博士是我校海洋与地球学院特聘教授、博士生导师，声学方面学术带头人之一。该同志十多年来从事生物声学、生物声呐和仿生学应用等方面研究，取得较为显著成果。目前，已被 SCI 收录的论文 101 篇（近五年 25 篇），总引用数达 1475 次，单篇论文最高引用 91 次。2000-2009 期间，申请人先后在美国西北大学 (Northwestern University) 和威斯康星大学麦迪逊分校 (University of Wisconsin -Madison) 从事生物声学、医学声学和声信号处理等方面研究，且作为课题组核心成员参与了 5 项美国国家卫生研究院 (National Institutes of Health) 项目。2009 到本校工作后，主持 3 项国家基金面上项目和 1 项福建省杰出青年基金，并入选福建省第二批引进高层次创业创新人才。
团队成员	汤立国	教授
	杨武夷	助理教授
	林美金	助理教授
	徐晓辉	工程师
联系人/联系方式	厦大科技处 0592-2185633	
		
首席照片		

成果一：海豚声呐物理机理和仿生应用研究

一、项目简介

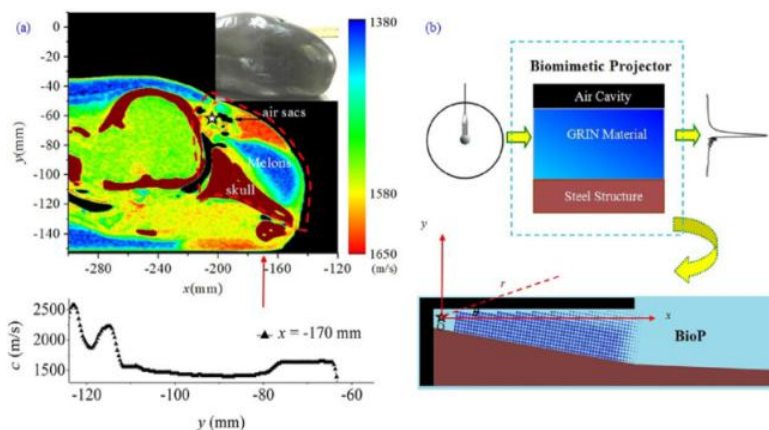
海豚声呐研究属于海洋声学、海洋生物、仿生学和信息学等多学科的交叉领域，对于水声声纳技术、信号处理、水下探测与通讯等方面有重要意义。海豚生物声呐的回声定位系统对距离和方向具有很好的分辨能力，其性能远远优于当前人工声纳。实验室协同模型-实验-声信号分析研究对于揭示动物发声过程及其内在物理机理，并探索其潜在的仿生应用。

二、前期基础研究

在生物声纳与仿生声学领域开展系统研究，取得显著成果：1、首次揭示海豚指向性声波束形成和控制的物理机理，提出发声障碍非线性模型；2、开展动物发声的计算机断层成像和高速摄影成像，率先证实了中华白海豚声学参数的梯度分布特性；3、首次提出基于海豚声纳原理的仿生换能器及仿生人工结构化，突破传统声纳的波长—长度限制，为实现小尺寸指向性低频声源提供了新原理。

三、应用技术成果

依据海豚声呐模型，设计了一种仿生换能器(BioP)系统(如下图)，可实现一个小尺寸水下声源实现高指向性、高分辨率的波束控制，打破了传统水声换能器的频率—尺寸限制，为实现小型低频高指向性的声学器件提供创新思路



成果二：河口-浅海高频声层析温流在线监测

一、项目简介

浅海、近岸和河口是人类海洋开发活动最为集中的区域，面对其咸淡水混合、电厂温排水及污染物扩散等问题，掌握水流运动和温度分布特性是水文调查的重要基础。河口水域地形复杂，岸线曲折，加上径流量、潮汐、风浪的复合影响，水流结构相当复杂。相对于低频声学方法，本项目研发的浅海高频声学温流在线层析仪能够监测水流的小尺度、高频率动态变化，可以显著提高海洋环境要素的在线监测和预报能力。

二、前期基础研究

作为项目前期建设内容，课题组已研制声层析的原理柜式样机。针对台风等极端事件，在九龙江开展高频声层析的温流观测实验。此外，为了针对野外，便携式应用，课题组还开发声层析的原理箱式样机。项目组在声学检测方面有较好

的前期研发基础。在声信号非线性分析上发表一系列论文，包括 *Physics Review E*、*Chaos*、*Journal of Acoustical Society of America*、*Electronics Letters* 等国际核心刊物。

三、应用技术成果

已研制声层析的原理柜式样机

便携式应用箱式样机



成果三：生物声带振动发声物理机理研究

一、项目简介

声音已经应用于生物之间信息传达、嗓音医学、声乐艺术、语音识别、人工智能等众多领域中，是信息传递和科学探索必不可少的工具。对于大多数哺乳动物包括人在内，声带振动是产生声音的根源。声带振动的基本机理是：在肺部产生声门下气流作为驱动力，使得声带产生振动。声门气流通过声带振动转化为脉动气流，从而产生基音。由于声带组织自身的非线性生物力学特性，以及声门湍流的非线性压流关系，形成了生物发声的非线性特性。因此，对生物发声的非线性特性研究是探索生物声行为的重要课题。

二、前期基础研究

1. 设计了一种抗干扰的离体喉振动发声测评装置。该装置的特征包括：静音室和室内测评装置两部分。整个装置外围采用抗噪声干扰的静音室，能有效地消除外界环境噪声、室内混响噪声以及振动产生的低频噪声（声压级 ≤ 25 dB），采集到的声信号质量高，无需做去噪处理。为了提高数据采集精准度，室内测评装置采用分辨率 4000 帧/秒的高速摄影仪替代传统的频闪喉镜，以及由多种数控传感器结合而成的数据采集装置，并且通过计算机实时存储采集数据。

2. 提出强压力驱动哺乳动物声带的非线性振动机理，揭示强声门压力产生声带混沌振动和非周期发声信号，被国际上多个研究组引用为声带非线性振动的

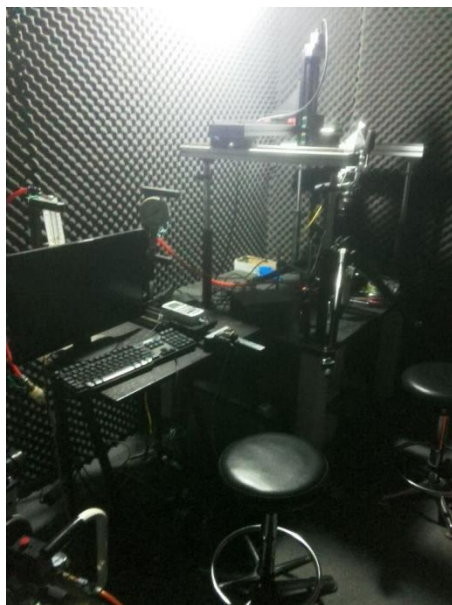
重要机理成果。

3. 根据嗓音临床医学应用，提出病变声带模型，模拟声带疾病（如声带麻痹、息肉等）所导致的发声障碍，受到本领域国际学术界的广泛重视。

4. 声带病变使振动变得更加复杂且能量向高阶模式转移。采用非线性动力学方法研究了声带疾病导致的发声障碍，证实病变发声的非线性，具有重要临床应用价值。

三、应用技术成果

实验室开发的高速摄影成像+嗓音评估实验观测平台：



海洋与地球学院 童峰团队

团队介绍

	姓名	首席个人简介	
首席科学家	童峰	童峰，教授、博导，应用海洋物理与工程系副主任。主要研究方向：水声通信、组网技术。现已在本领域重要 JCR 国际期刊发表 SCI 论文 20 多篇；获发明专利 11 项；主持、参与 30 多项国家、部委、省市级等项目；研发的水声通信设备已批量应用于海洋工程、国防等领域；获福建省科学技术二等奖、厦门市科技进步三等奖各一项；培养博士生获福建省 2017 年优秀博士学位论文一篇；入选福建省新世纪人才、中科院“海洋机器人集群系统”创新交叉团队。	
团队成员	洪青阳	副教授	
	陈东升	助理教授	
	龙飞	副教授	
	李琳	副教授	
	吴燕艺	工程师	
联系人/联系方式	厦大科技处 0592-2185633		
			
首席照片			

成果：AMLink 系列水声通信机

一、项目简介

水声通信是海洋开发、海洋工程、海洋环境监测、海洋国防安全等领域信息获取与传输的关键技术，也是当前世界上极具挑战性的前沿技术。西方国家将高性能水声通信机列为敏感技术对我国限制出口。研发自主知识产权的高性能水声通信系统及产品具有重要的科学意义和实际应用前景。

二、前期研究基础

厦门大学水声通信研究始于上世纪八十年代，是全国最早开展此项研究的单位之一。课题组针对浅海水声通信中克服多径、时变影响以及同步捕获难题开展，研究水声通信过程中采用时-空时间反转、调频、恶劣条件下高可靠同步捕获进行通信系统与信道的匹配，研发高可靠浅海水声通信系统并进行推广应用。项目得到 863、预研、中船重工集团及国家自然科学基金等课题的长期支持。

课题组主要研究成果包括：

- (1)海洋水声信道结构稀疏模型及高效估计方法；
- (2)浅海信道条件下非相干体制水声通信的高可靠调频解调方法；
- (3)恶劣水声信道条件下高可靠帧同步以及高效发射机均为水声通信系统稳定工作的重要保证。项目围绕高可靠帧同步，采用对微弱、多普勒条件下帧同步的可靠捕获；采用分段匹配实现高发射效率的水声功率发射。

三、应用技术成果

课题组研发的 AMLink 系列水声通信机已批量交付用户单位，在海洋工程、水下机器人、国防安全、水文测量等领域得到应用，保证了相关工作、项目的顺利实施，取得了较为突出的社会、经济效益。特别是研发水声通信信标配套国产海底管道检测器实现浅海水声遥测遥控，助力我国“打破国外在该领域的长期技术垄断”。

科技日报等媒体对团队研究成果进行了报道。

AMLink 系列水声通信机主要性能参数：

通信距离：3km-7km

通信速率：110bps-1500bps

通信制式:DSSS/OFDM/MFSK

误码率: 10^{-4}



图 1 团队研发的水声通信机应用于海洋石油工程装备



图 2 团队研制的 AMLink 系列水声通信机

海洋与地球学院 冯丹青团队

团队介绍

	姓名	首席个人简介	
首席科学家	冯丹青	冯丹青副教授，先后为美国杜克大学和英国纽卡斯尔大学的访问学者，入选 2013 年度福建省高等学校新世纪优秀人才支持计划，主持承担国家自然科学基金项目、福建省科技计划重点项目、厦门市海洋经济创新发展区域示范重点项目等 10 余项，在 Biofouling 、 Marine Biotechnology 、 IBB 、 Marine Ecology Progress Series 等期刊已发表学术论文 40 多篇，已授权国家发明专利 8 项，授权美国专利 1 项。	
团队成员	柯才焕	教授	海洋与地球学院副院长
	邱彦	教授	
	高玉兴	工程师	
	苏培	工程师	
	黄妙琴	工程师	
联系人/联系方式	厦大科技处 0592-2185633		
首席照片			
			

成果：环境友好型海洋防污涂料

一、项目简介

厦门大学海洋污损防除研究团队具多年的研究工作基础,先后主持承担包括国家海洋局海洋公益性行业科研专项、国家自然科学基金、福建省科技计划重点项目、厦门市海洋经济创新发展区域示范重点项目等在内的多项项目,在 **Biofouling**、**Marine Biotechnology**、**International Biodeterioration and Biodegradation**、**Marine Ecology Progress Series** 等期刊已发表学术论文 40 多篇,已授权国家发明专利 8 项,授权美国专利 1 项。目前已创建了 4 个防污活性物质的生物测试筛选实验室模型,有助摆脱当前国内主要依赖海区挂板试验进行长周期、高成本检测的困境,且通过海洋生物学、化学及涂料技术的学科交叉,建立了一套环保型海洋防污技术研发体系。

二、前期研究基础

已从软珊瑚、海绵、海洋微生物、红树植物、陆地植物等生物中新发现了多个具高防污活性的天然产物,筛选出了新型环保防污剂,并熟练掌握海洋防污涂料的制备技术。目前所研发的环保型海洋防污涂料已在福建、上海、广东和海南的海中人工设施上进行了中试应用,所应用设施包括 40 余艘船舶、养殖网衣和笼具、核电站拦污网、航标浮筒及海洋监测设备等,取得了显著的海区防污应用效果。

三、应用技术成果

已授权国家发明专利 8 项,授权美国专利 1 项,新申请发明专利 3 项。目前所研发的环保型海洋防污涂料已在福建、上海、广东和海南的海中人工设施上进行了中试应用,所应用设施包括 40 余艘船舶、养殖网衣和笼具、核电站拦污网、航标浮筒及海洋监测设备等,取得了显著的海区防污应用效果。本团队所研发技术可广泛应用于船舶、网具、航标浮筒、监测仪器等海洋装备,有助于增强我国海洋涂料行业的竞争力,推进具自主知识产权的海洋新材料发展,促进海洋经济健康发展,同时有利于保护海洋生态环境,有利于我国积极应对相关国际法规,具显著社会效益。



环保型海洋防污涂料样品



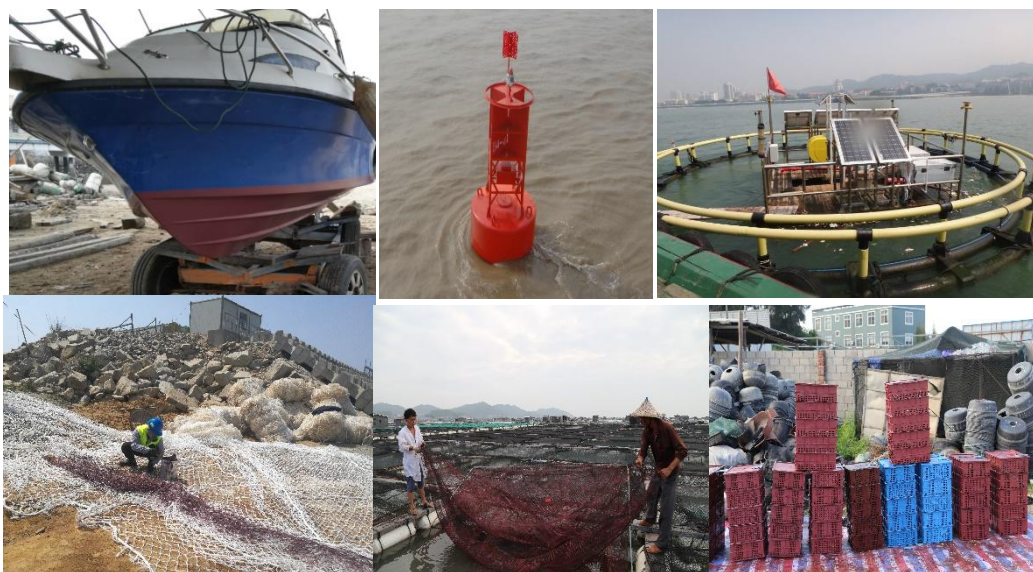
实验组

对照组

实验组

对照组

环保型海洋防污涂料海区挂板/网效果



环保型海洋防污涂料在船舶、航标浮筒、海洋监测设备、核电站拦污网
养殖网衣及笼具上的现场应用

四、合作企业

合作企业一：厦门双瑞船舶涂料有限公司

合作企业二：泉州市新协志精细化工有限公司

环境与生态学院 洪华生团队

团队介绍

	姓名	首席个人简介	
首席科学家	洪华生	<p>洪华生教授、博导。1984 年在美国罗德岛大学获海洋学博士学位后即回国服务，成为我国第一位归国海洋学女博士。主要从事生源要素和有机物的海洋生物地球化学、海洋与海岸带可持续发展的教学与研究，是国内知名的海洋环境科学带头人，创立了厦门大学近海海洋环境科学国家重点实验室。近 30 年来，主持和完成了国家、省部级项目 29 项，在台湾海峡及其毗邻河口港湾的研究领域取得具有理论和应用价值的系统性研究成果，为地方海洋和海岸带可持续发展提供了科技支撑；发表 SCI 论文 180 余篇，主编著作 6 部、专著 3 部；科技成果先后获国家、省部级奖 8 项。培养博士生 49 名。当选“2010 年度中国十大海洋人物”；荣获“2012 年度曾呈奎奖突出成就奖”。</p>	
团队成员	潘伟然	副教授	
	张彩云	副教授	
	陈能汪	教授	
	黄金良	教授	
	江毓武	教授	
	彭本荣	教授	
	郭卫东	教授	
	黄水英	工程师	
	陈纪新	高级工程师	
	吴杰忠	工程师	
	王恩鲁	助理工程师	
	肖征	工程师	
	朱泉锋	工程师	
吴晞	助理		
联系人/联系方式	厦大科技处 0592-2185633		
			
		首席照片	

成果：厦门大学海洋监测与信息服务平台

厦门大学海洋监测与信息服务平台 (Marine Monitoring and Information Service Platform, Xiamen University, 简称 MIS), 即厦门及其毗邻海域海洋经济发展及海洋生态文明建设信息服务平台二期 (No:15PZB009NF05), 由厦门南方海洋研究中心与厦门大学联合共建, 平台致力于构建以水环境观测网络、海洋动力学模型、遥感技术为基础的信息集成与共享服务平台, 应用于海洋灾害跟踪与风险评估、海洋工程支撑与服务、海岸带动态变化监测、水环境安全以及海洋经济发展布局等, 推广海洋监测与信息技术等海洋高新技术的应用和示范, 服务于区域海洋经济发展及海洋生态文明建设。



(1) 厦门湾水环境与生态立体实时观测技术。平台在原有的基础上将建立更加完善的岸基-海床基-海上-空中一体的厦门湾水环境与生态立体观测技术, 并将建立健全仪器设备对外开放和使用管理制度, 为海洋管理人员、科研人员、涉海企业以及公众用户等提供相应测试平台及服务, 为决策者提供实时数据和技术支撑。

(2) 厦门湾水环境污染通量监控及突发事件应急监测与评估。实现特定时段代表站位水文 (流速、流量) 和化学 (无机氮、无机磷) 参数的在线观测, 并结合模型产品, 实现关键界面污染物通量的估算。利用船载走航、浮标及遥感等观测手段, 结合数值模型和地理信息技术, 针对赤潮、溢油等海洋环境污染突发事件, 进行快速监测, 定位突发事件发生区, 分析并评估各种水环境参数的变化趋势及其对海洋生态环境健康的危害, 提供可视化信息产品, 为海洋环境质量评估人员快速预警提供准实时的现场数据, 为海洋管理部门提供决策依据和解决方案的技术支撑。

(3) 海洋数据分析及可视化技术服务。针对海洋数据特点及不同的应用需求, 提供海洋数据分析及可视化技术服务, 包括数据仓库构建、数据探索性分析、数据预处理、数据挖掘建模、数据可视化等技术服务; 同时, 在平台原有成果基础上, 完善数据整合方案, 拓展海洋水环境资源信息服务功能, 针对不同客户的数据分析需求提供定制服务, 并在厦门市海洋行政主管部门许可的条件下通过用户权限管理实现不同用户间的海洋数据资源共享, 提高数据共享应用及分析效率, 从而为科研及相关部门在数据创新应用上提供技术支撑。

(4) 海洋灾害及工程应用模型技术服务。二期建设将致力于建设开放服务

的海洋环境动力学计算平台,融合厦门湾海域现场自动监视监测平台等多源数据资料,提供更为完善的海洋环境动力学模型组应用服务,包括厦门湾高精度、高分辨率水动力海流、潮汐、波浪耦合模型系统及相关环境生态动力学模型,提供模型计算前期处理,计算服务及计算结果的分析及可视化产品,为海洋工程项目可行性研究、环境影响评价、海域使用等相关业务提供技术服务。拟提供各项模型服务如下:1.海流模拟;2.波浪模拟;3.温排水模拟;4.水质模拟;5.悬沙运移、泥沙冲淤模拟;6.环境容量计算;7.生态修复效果评估分析计算。

(5) 海岸带遥感数据加工处理与应用技术服务。在原先构建的海岸带卫星遥感监测的基础上,将通过视频监控、无人机以及全景相机等技术手段的提升,拓展海岸带和海域空间信息的获取能力并提供相应的技术服务;同时提供遥感数据加工处理服务,如海岸带岸线、红树林湿地、海岛土地利用变化及水环境信息的遥感解译分析技术及其信息产品制作。

环境与生态学院 黄凌风团队

团队介绍

	姓名	首席个人简介	
首席科学家	黄凌风	<p>黄凌风，博士，教授，博导。1998年获厦门大学博士学位（1995-1998年以中日联合培养博士生身份留学日本香川大学），同年进入厦门大学从事海洋生态学与海洋生态修复研究，现任厦门大学环境与生态学院生态学系主任。已主持海洋公益项目1项，国家863重点项目课题1项，973子课题3项，国家自然科学基金面上项目4项；发表论文90余篇，其中在 <i>Aquaculture and Environment Interaction</i> 等SCI刊物发表论文20余篇；授权发明专利6项；编写“十一五”和“十二五”国家级规划教材《海洋生态学（第3版）》1部；获国家技术发明奖二等奖1次（排名3）。近5年的主要学术成果有：（1）揭示了我国近海微型鞭毛虫的数量分布、粒级与营养结构、摄食习性及其在海区营养盐再生中的作用；（2）研发了拥有自主知识产权的我国首个海水生态浮床技术，并阐明了该技术修复水体生态环境的主要机理；（3）牵头研发了基于物理修复和生物修复的封闭海湾生境修复技术，参与编制了国家海洋局海洋生态修复技术指南（海湾生境修复一章）和两个行业标准。</p>	
团队成员	黄晓佳	教授	
	彭本荣	教授	
	丁振华	教授	
	陈荣	副教授	
	骆苑蓉	助理教授	
联系人/联系方式	厦大科技处 0592-2185633		
			
首席照片			

成果一：封闭海湾典型生境物理修复和生物修复的关键技术与集成示范

一、项目简介

针对我国沿岸封闭海湾自净能力弱和滩涂、水体等典型生境退化严重的实际，建立基于“驱动力-压力-状态-影响-响应(DPSIR)”框架模型的封闭海湾生境退化综合诊断技术，确定其生境退化的主导因素；开发基于有限元技术的浅海水动力模型(SHYFEM)、充分利用潮、余流的稀释、输运能力降低湾内污染物积累的物理修复关键技术和综合利用盐土植物、大型藻类、贝类和多毛类改善水质和滩涂底质的生物修复关键技术，建立“海岸-滩涂-浅海”一体化的生境修复示范区，编制相关技术标准；以DPSIR框架模型为指导，提出封闭海湾典型退化生境的修复策略和对目标海湾(三沙湾)生境有针对性的、切实可行的修复技术方案，重点解决封闭海湾因积累性污染引起的生境退化问题。为提高我国封闭海湾生态环境保护与修复能力，保障沿海经济社会又好又快发展，提供技术支撑和决策咨询。

二、前期研究基础

在海湾生境修复技术方面，近年来在海洋生态学和恢复生态学理论的指导下，以物理修复技术和生物修复技术相结合的生态工程技术(如海岸人工湿地技术)得到了快速的发展，已在红树林、海草床、珊瑚礁、河口湿地等典型海岸带生境的修复中得到了较广泛的应用。

生物修复技术由于经济、灵活、有效和对环境友好，近年来在海洋环境修复中越来越受到青睐。就封闭海湾而言，由于水交换条件的制约，可开发利用的物理净化潜力毕竟有限，而提高生物净化能力却是一种经济、可行、潜力巨大的途径，是对物理修复和工程技术的必要补充，将成为封闭海湾生境修复的重要手段之一。而且生物修复技术可以选择利用经济价值高的物种，并通过人工收获和资源化利用实现环境效益和经济效益的双丰收。近年来，在各级部门推动下，我国已形成利用海岸人工湿地、滩涂植物、大型海藻、贝类和多毛类修复海岸带和浅海生境的多项生物修复新技术。但是，由于以上生物修复技术在其研发和应用过程中的集成度多数较低，综合修复潜力尚未得到充分挖掘。而且由于缺乏对污染物生物地球化学行为的总体把握和对生境退化主导因素准确判断，在修复技术的选择上往往具有不确定性和盲目性，甚至出现所采用的技术互相矛盾、相互冲突的现象。因此，通过充分调查和掌握封闭海湾生境(物理、化学、生物环境)特征和生境现状，研究封闭海湾典型生境退化诊断技术，在科学判断目标海湾生境退化的主导因素的基础上，以封闭海湾系统及各典型生境子系统的物质输入输出通量为依据，结合水动力模型和物理修复技术的开发，有针对性筛选修复生物种类，开发改善封闭海湾水质和滩涂底质的生物修复关键技术十分重要，也是一项创新性的研究工作。

三、应用技术成果

建成了“海岸-滩涂-浅海”一体化的生境修复技术集成应用示范区。在福建宁德三沙湾盐田港及毗连的溪尾湾建成了“海岸-滩涂-浅海”一体化的生境技术集成应用示范区，示范面积1500公顷。

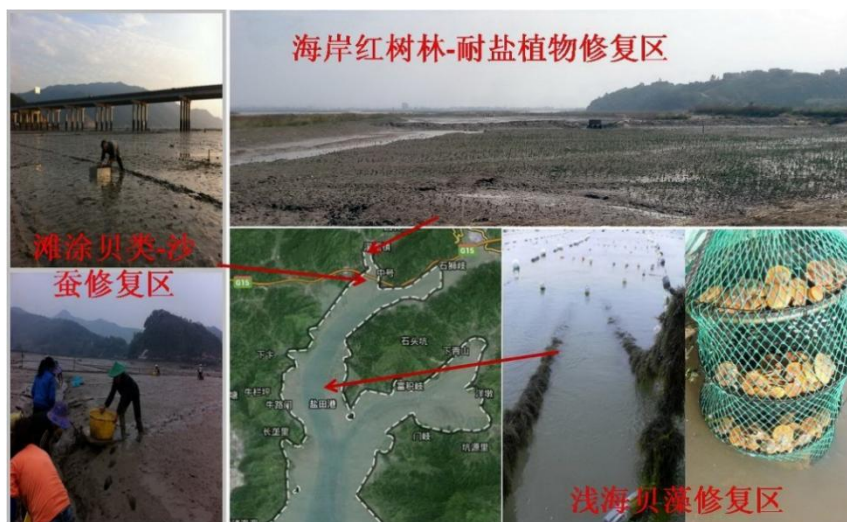


图 1. “海岸-滩涂-浅海”一体化的生境技术集成应用示范区



图 2. 溪尾湾内的红树林-海马齿生态修复示范区

四、合作企业

无

成果二：高污染海洋浅水湿地生物修复的关键技术研究示范

一、项目简介

浮床型植物修复技术是近年来植物修复技术发展的新方向。以浮床为载体将陆生植物移栽到水面上进行环境修复，不但在水污染治理效果上不逊于水生植物，而且在可控性和防止外来物种入侵方面具有优越性。该技术在淡水系统修复上已经应用广泛，但在海水系统修复方面的研究才刚刚起步，主要受制于耐海水修复植物和耐海水浮床载体的研究滞后。因此，如果能够解决以上关键技术，并将二者集成应用，将对我国广阔的高污染海洋浅水湿地的环境和生态修复具有重要的意义。本课题将根据我国高污染海洋浅水湿地生态恢复对生物修复关键技术的需求，综合国内外耐海水植物和浮床技术研究的最新成果，研发集成了耐海水植物种植与浮床设施等技术的高污染海洋浅水湿地生物修复关键技术体系，并

在典型的高污染浅水湿地厦门市筭筭湖建立 500 亩的试验示范基地, 研究并建立行业技术标准, 为我国高污染海洋浅水湿地的生态修复和海洋滩涂耐盐植物的开发利用提供崭新的有效途径。

二、前期研究基础

本课题主要研究应用于高污染浅水湿地环境与生态修复的浮床型植物修复技术体系, 涉及的技术包括植物修复技术, 浮床型植物修复技术和耐海水植物品系的选育技术等方面, 它们既有各自独立的发展过程, 又可相辅相成地统一在本课题研究的技术体系框架之中。

植物修复技术是一类综合了多种修复作用原理, 兼备微生物修复功能, 可以广泛而有效应用于受到营养盐、生源有机物、持久性有机污染物、重金属和放射性元素等各类污染物污染的土壤、水体环境和受损生态系统修复的生物修复技术。在淡水环境修复中, 浮床型植物修复技术已比较成熟, 并得到了广泛的应用, 已有向海水环境修复方面发展的苗头。但由于受到修复植物耐海水能力的限制, 这项技术在海水环境和生态修复中尚未得到很好的开发和利用, 国外仅见个别研究和应用报道, 国内尚属空白, 这为本课题的研究带来机遇与挑战。解决这一问题的关键就是要通过耐海水植物的种类开发和品系选育解决合适修复植物缺乏的难题。国内在这方面的技术研究已有一定的进展, 本课题的合作单位中科院植物所在耐海水植物的选育与栽培方面已有突破, 已获得耐盐基因作为植物遗传转化筛选标记基因的方法, 并成功应用转基因技术提高耐盐滩涂经济植物的耐盐能力。以上研究为本课题的关键技术研究奠定了重要的基础。

三、应用技术成果

生态浮床技术是一项经济、高效、环境友好的水环境生物修复技术。但受制于修复植物的耐盐性和浮床载体的耐盐蚀与抗污损能力, 该技术尚未应用于海(咸)水环境的治理。研究团队经过 3 年的努力, 攻克了“耐盐修复植物选育”和“耐海水柔性浮床”两项关键技术, 开发出多款高效能、低成本的耐海水生态浮床, 不但对海水环境污染有良好的修复能力, 而且对稳定水质、提高生物多样性具有重要的促进作用; 所开发的生态浮床抗风浪、耐老化能力强, 生产成本仅为国内外同类产品的 50% 左右。该技术在厦门筭筭湖的初步应用示范中取得了良好的修复效果, 吸引了大量的海鸟驻足、栖息和觅食, 在湖区形成了自然、和谐的生态景观。该技术已获得四项国家发明专利授权。

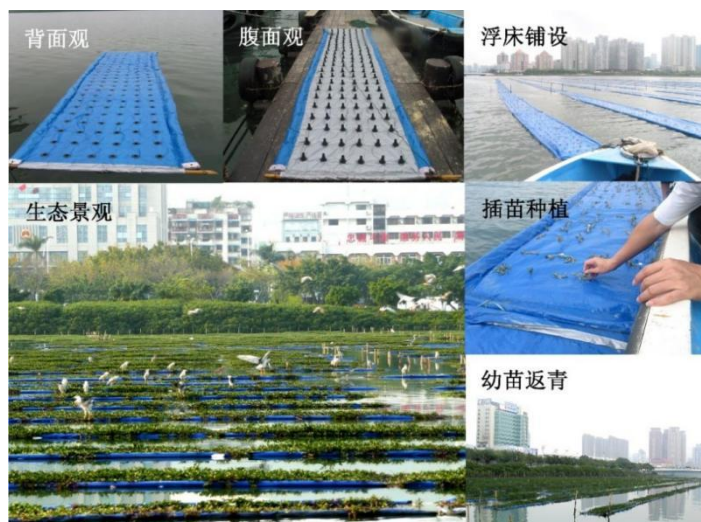


图 3. 耐海水生态浮床



图 4. 海水生态浮床技术在厦门筭筭湖环境治理中的应用

发明专利:

1. 一种红树植物的水上栽培方法. 专利号: ZL 200910111083.0. 发明人: 黄凌风, 陈清秀, 谢天宏, 林玉美, 郑新庆, 张志英. 授权时间: 2011 年 1 月 26 日.
2. 一种耐海水的生态浮床. 专利号: ZL 200910111411.7. 发明人: 黄凌风, 郑新庆, 洪清波, 张志英, 吴佳鑫, 谢天宏. 授权时间: 2011 年 9 月 7 日.
3. 一种柔性生态浮床. 专利号: ZL 201010227829.7. 发明人: 黄凌风, 吴佳鑫, 姜丹, 郑新庆, 张志英, 洪清波, 林玉美, 谢天宏. 授权时间: 2011 年 9 月 28 日.
4. 一种应用于生态浮床的植物定植装置. 专利号: ZL 201010141091.2. 发明人: 黄凌风, 吴佳鑫, 张博, 姜丹, 郑新庆. 授权时间: 2011 年 12 月 14 日.

四、合作企业

无

化学化工学院 侯旭团队

团队介绍

其他	姓名	团队负责人简介
首席科学家	侯旭	教授，长期从事动态界面设计与液体门控系统方面的研究。液体门控系统突破传统固/液界面设计的限制，应用全新的动态固/液/液界面设计制备液体复合多孔膜系统，可应用于油/气/水多相分离，海水淡化等应用领域。
团队成员	王苗	博士后
团队成员	陈柏屹	博士后
团队成员	张猛创	博士后
团队成员	乔龙	博士后
团队成员	张运茂	博士生
团队成员	樊漪	博士生
联系人/联系方式	厦大科技处 0592-2185633	
团队负责人照片		
		

成果：基于自焦耳热效应的碳纳米管抗腐蚀复合膜器件的

海水淡化研究

一、项目简介

海水淡化与水处理技术对人类生存及发展至关重要。最近几年，碳纳米管（CNTs）因其独特的一维管状结构和输送性能，较高的气体、液体分子传递速率，已成为新一代海水淡化膜材料。本项目以碳纳米管自焦耳热效应及其广泛的光谱吸收能力为基础，创新性设计出碳纳米管-PDMS 复合膜电-光热集成海水淡化系统：白天光照条件下，一方面系统能够以电能的形式储存部分太阳能，另一方面太阳能碳纳米管-PDMS 复合膜能够直接吸收太阳光中的能量并产热，实现太阳能海水淡化；夜间该系统能够释放电能，电流作用下碳纳米管-PDMS 复合膜表面产生焦耳热，该热量足以加热海水实现电致海水淡化。该项目突破海水淡化工艺及膜材料耐腐蚀性、抗污性，耐用性等共性技术问题，利用碳纳米管-PDMS 复合膜优良的导电性、光吸收特性、抗污阻盐效果，结合太阳能电池，实现 24 小时海水淡化。构建了高效节能可控的海水淡化材料及器件并能为其产业化提供技术支撑。

二、技术成熟度

项目目前处于碳纳米管-PDMS 复合膜电-光热集成海水淡化阶段，目前已完成碳纳米管-PDMS 复合膜、固定微米孔径的纳米管-PDMS 复合膜的可控合成，电热海水淡化电压参数调控，耐腐蚀性表征；电热集成海水淡化参数调控；光热海水淡化光照参数控制，效率提高；初步实现光-电集成海水淡化器件设计，参数摸索。

三、应用范围

该装置有较高的能量利用效率，和耐腐蚀性，可省去传统海水淡化中的设备费且具有很好的海水淡化效果，可广泛用于太阳能、电焦耳热海水淡化领域。

四、投产条件和预期经济效益

本项目开展海水淡化器件及膜材料的实验室研发、扩大膜材料里淡化器件生产线设计、下游净化海水质量评估领域应用研究。对解决我国海水淡化与相关产业的关键共性技术问题，提升行业技术水平，提升合作企业自主创新能力和市场竞争，对合作企业自主创新能力和市场竞争，对我省战略性新兴产业的发展具有保障和促进作用。

五、合作方式

技术转让或联合生产，具体合作方式可商议。

化学化工领域

化学化工学院 杨防祖团队

成果一：超高耐蚀彩色镀铬膜

一、项目简介

本工艺已获国家专利（专利号 89106223.8）。在特殊镀铬液中采用与普通镀铬类似的操作方法就可在光亮的基体上镀覆一层色泽鲜艳，绚丽多彩的铬膜。铬膜不是金属铬，组成非常复杂，但具有极高的耐蚀性，是装饰性和防腐性两用的涂层。

主要技术指标：1. 附着力极强，用橡皮擦或织物磨擦不损坏；2. 分散能力和深镀能力较好，可均匀镀复于大面积，形状复杂的工件；3. 铬酐用量只为普通镀铬液的 1/4，可在常温和低电流密度下操作，铬雾污染少；4. 颜色为彩虹色，可随光照角度变化而变化。

二、技术成熟程度

国内独家发明，已经中试试验，可直接用于生产。

三、应用领域及市场前景

适用于特高耐蚀要求的材料上。金属制品表面的耐蚀处理。最适合于室内、娱乐场所灯光闪烁下装饰品之电镀，也是汽车零配件，日常五金用具，自行车，电器和化工设备等优良的防腐装饰性涂层。

四、投产条件和预期经济效益

适用于具有一定规模的电镀生产加工企业。普通镀铬设备经过改造，就可直接用于本工艺。本工艺采取与普通镀铬工艺一样的处理方法。

应用范围比镀铬的更广，经济效益大于镀装饰铬。

五、合作方式

负责生产指导。转让技术，转让费面议。

成果二：钢铁基体无氰预镀铜工艺

一、项目简介

本工艺已申请国家专利（申请号 200910112479.7）。属环保、清洁生产工艺，镀液中不含 CN^- ，采用新型的络合剂；镀层为光亮的紫铜色，与基体有良好结合力；适合于钢铁、黄铜基体上的预镀。

主要技术指标：1. 具有高的分散能力和深镀能力(100%)，电流效率 80%~95%，镀层致密光亮；2. 镀液具有活化钢铁表面且不发生铜置换的特点，保证镀层具有优良的结合力。钢铁(管)件经预镀铜、酸铜、镍、铬电镀后，(1). 于 200℃、1 小时烘烤、自然冷却至室温后，不发生起皮现象；(2). 用锤子击打管件至呈扁平状，无发现起皮现象；3. 镀液抗 Fe^{3+} 、 Fe^{2+} 、 Sn^{2+} 、 Zn^{2+} 污染金属总容许量高达 1 g/L 以上。镀液中存在这些杂质时，仅发现浑浊现象，循环过滤后仍可正常生产，镀层质量不受影响；4. 采用本工艺，可以一步取代氰化镀铜和焦磷酸盐镀铜两道工序；工艺流程与原生产流程一致即：化学除油→电解除油→酸化（活

化、抛光) → 电镀。

二、技术成熟程度

实现中试和连续生产一年。

三、应用领域及市场前景

适用于钢铁和铜及其合金件的预镀铜打底。

四、投产条件和预期经济效益

适用于具有一定规模的电镀生产加工企业。连续生产时，工艺成本与氰化预镀铜的相当。有环保效益、社会效益和一定的经济效益。

五、合作方式

负责生产指导。销售镀液及添加剂或转让技术，转让费面议。

成果三：纯钯、闪镀钯、钯镍(白钢)和钯钴电镀

一、项目简介

钯钯：可在宽广的镀液组成、电流密度、温度和 pH 范围内获得与基体结合好、平整、白和镜面光亮的钯沉积层。镀层纯度达 99.9% 以上，厚度可达 5 μm ；镀液稳定、有很好的分散能力和深镀能力。操作简单，维护方便，有“傻瓜”工艺之称。

闪镀钯：是最佳的代镍中间阻挡层，0.2 微米厚就可有效阻挡基体金属向表层扩散，在钯上镀金、铑或钌已广泛用于名贵的“无镍饰品”的装饰。从本工艺镀取的钯镀层纯度达 99.9%，耐腐蚀，外观洁白光亮，具有优异的耐变色性能，镀层无裂纹、光亮、洁白。

钯镍合金：中性钯镍电镀工艺。镀层白亮、不变色、有优良的耐磨性、耐蚀性和可焊性。镀液中钯含量少，成本较低。镀液稳定，操作简单，维护方便。

与传统的镍含量为 20% 的钯镍合金相比，本工艺镀层中的镍含量达到 40%，因此，电镀成本较低。实现生产应用（代金镀层）2 年。

钯钴合金：钯钴合金镀层具有高耐磨，高抗蚀和光亮洁白外观三大特性，可直接用作装饰品的表层。在其上镀一薄层的金、铑或钌更是被广泛用作高档“无镍饰品”的装饰镀层。

本工艺是节钯弃镍的新工艺，镀层钯钴比为 80:20，既具有纯钯镀层的外观又不含对人体皮肤有害的镍。镀层的耐蚀性、耐磨性、钎焊性和接触电阻均与硬金镀层相近，在电子工业中也可代替硬金用于接插件的电镀。本工艺镀液稳定，采用单一高效光亮剂，故镀液组成简单，操作与维护都非常方便。根据需要，调节镀液中钯盐与钴盐浓度比可得到钴含量从 5% 到 30% 的一系列钯钴合金镀层以适应不同的需要。

表 Pd-Ni 合金镀层不同 Ni 含量时的性能

Ni, wt %	11.8	26.5	33.1	37.3	39.7
外观	灰略雾	灰雾	白	白略亮	白亮
Hv, kg/mm ²	260	293	378	412	466
孔隙率, (点/cm ²)	0.83	1.90	0	0	0
腐蚀电位(3% NaCl 溶液中),V	-0.47	-0.44	-0.70	-0.69	-0.69

接触电阻(mΩ)*	0.4	0.4	0.3	0.3	0.25
可焊性**	合格	合格	合格	合格	合格

* 评定标准：SJ 2431-84《印刷插头技术条件》第 3.7 条，接触电阻不大于 0.015 Ω

(15 mΩ)。一般镀金层接触电阻小于 0.6 mΩ。

** 评定标准：GB4677-84《印刷板可焊性测试方法》，Sn/Pb = 63:37，温度 = 235±5 °C，

时间 = 3 秒，润湿面积 > 95% 为合格。

二、技术成熟程度

可直接用于生产。

三、应用领域及市场前景

高档豪华饰品之装饰表层，镀金底层，防银变色表层，代镍镀层和电子工业中的代硬金镀层。

四、投产条件和预期经济效益

适用于具有一定规模的电镀生产加工企业。普通电镀设备经过改造，就可直接用于本工艺。

应用范围广泛。本项目属于贵金属电镀，效益较高。

五、合作方式

负责生产指导。销售镀液及添加剂或转让技术，转让费面议。

成果四：化学沉镍、化学沉金复合工艺及技术

一、项目简介

适用于普通及特殊材料如：高密度柔性线路板、复杂和特殊的航空航天材料(如钼合金、钨合金、纤维材料、高分子材料、陶瓷材料等)表面上的前处理—化学镀镍—化学镀金多种工艺的复合加工表面处理。特别适用于无法用电镀方法加工的微细器件，如微小片状、粉末、金属丝、钩、空心管等零件。

化学镀镍：成功应用。属酸性中磷化学镀镍工艺，特适用于柔性线路板化学镀镍/金。镀层结晶细腻、光亮、孔隙率低、具有高柔性和优良的可焊性和极佳的抗腐蚀性能。镀液稳定和环保（不含铅、镉和其他环保禁用物质），使用寿命长。

化学镀金：包括高稳定性无氰自催化化学镀金工艺和化学置换镀金技术。成功实际应用，已用在高密度柔性线路板和电子陶瓷上镀金。

化学置换镀金：弱酸性化学镀金新工艺，镀层厚度可达 0.05-0.3μm，呈光亮的柠檬黄色泽，纯度高达 99.95 % 以上。成本低；镀液稳定，操作方便，维护简单。镀层具有高导电率，高抗蚀性。

高稳定性无氰自催化化学镀金：采用非氰的金盐，对线路板的胶粘剂不腐蚀，对环境和人体无害。镀金过程属自催化反应，镀层厚度可达 1μm，镀速快，纯度高，具有优异的金丝键合强度，特适用于精细高密度线路板镀金，也可用于高档装饰品镀金。工艺操作和维护简便，镀液稳定性高，使用寿命高达 10 循环。

多步骤工艺、技术的整合，使得本技术的科技含量高。

二、技术成熟程度

少量实际应用，可用于生产。

三、应用领域及市场前景

航空航天、(微)电子工业、微机电加工、光电磁和半(非)导体材料表面加工处理、日常五金、电器、装饰业、化工、冶金、轻工、纺织、机械、电力、汽车等。

四、投产条件和预期经济效益

必须具有或建设专用的生产线。传统的化学镀镍金生产线经过适当改造，可以使用。经济效益高。

五、合作方式

负责生产指导。销售溶液液及添加剂或转让技术，转让费面议。

成果五：电铸镍、电铸铜及其复合镀技术

一、项目简介

电铸镍、电铸铜：适用于精密器件如：高精密度器件、激光防伪商标、光反射器、模具的复制加工。镀层间结合力强，应力小。电铸层变形小。

镍—微颗粒的复合镀：材料表面的复合镀加工，以提高耐磨性如，磨具、钻头、等基质材料上的镍基金刚石复合镀工艺。固体微粒和镍基金属咬合程度高。复合镀层耐磨、耐蚀。

二、技术成熟程度

少量实际应用，可实际应用。

三、应用领域及市场前景

特殊精密器件的复制加工。

四、投产条件和预期经济效益

必须具有普通的电镀生产线。经济效益高。

五、合作方式

负责生产指导。

化学化工学院 方维平团队

团队介绍

其他	姓名	团队负责人简介
首席科学家	方维平	方维平教授原为中石化抚顺石油化工研究院副总程师，具有丰富的石油化工加氢催化剂研发经验。至今共获得省部级以上科技成果 14 项，其中主要有国家科技进步一等奖 1 项，国家科技进步二等奖 1 项。
团队成员	伊晓东	副教授
团队成员	杨乐夫	副教授
团队成员	赖伟坤	工程师
首席照片		
		

成果一：油品加氢脱硫和脱金属催化剂

一、项目简介

重油的高效洁净转化和优化利用已成为保障我国能源安全和国民经济与社会可持续发展的重大战略问题,如何降低油品加氢催化剂成本且改善油品质量是目前面临的一个重要问题。本项目通过氧化铝改性与添加适量助剂的方法,制备的加氢脱金属和加氢脱硫 NiMo/Al₂O₃ 催化剂,能够改善活性组分 NiMo 在氧化铝载体上的分散,削弱金属与载体间的强相互作用,促进 II 型 Ni-Mo-S 活性相的形成,从而能够降低催化剂中活性金属含量且提高催化剂的活性。

二、技术成熟度

催化剂已完成工业放大生产,各项指标达到要求。

三、应用范围

渣油和油品加氢脱金属及加氢脱硫反应。

四、投产条件和预期经济效益

催化剂已具备工业生产条件。

五、合作方式

技术转让或联合生产,具体合作方式可商议。

成果二：特殊形貌氧化铝研制及其应用

一、项目简介

氧化铝载体在工业上应用广泛,但其主要采用硫酸法或碳化法生产,存在孔道通透性低,孔径偏小且分布较宽的缺点。多级孔氧化铝载体由于高通透性、大孔隙率以及不同级别孔径分布集中等特点,不仅成倍增加反应物分子与催化活性位点相互接触的几率以及反应物和产物分子的扩散速率,实现高效催化转化,并且能够降低焦炭沉积以提高抗积碳能力,从而显著提高催化剂寿命。但是目前多级孔氧化铝多是基于表面活性剂模板法开发,合成条件苛刻且成本比较高,限制其工业应用。本项目以廉价的无机铝盐为原料,采用无模板剂法水热法制备一系列具有开放性介孔和大孔的多级孔氧化铝,具有成本相对低廉,处理方便,形貌和孔径大小可控的优点,用于加氢反应明显提高催化剂活性。

二、技术成熟度

已完成工业放大制备,性质稳定。

三、应用范围

催化剂载体。

四、投产条件和预期经济效益

氧化铝已具备工业生产条件

五、合作方式

技术转让或联合生产,具体合作方式可商议。

成果三：丙烷脱氢 PtSn/Al₂O₃ 催化剂

一、项目简介

丙烷脱氢制丙烯是实现低碳烷烃资源优化利用的一条重要途径，国内已建和拟建丙烷脱氢项目就有十余套，这些装置主要采用 UOP(美国环球油品公司)的 Oleflex 工艺。虽然 PtSn/Al₂O₃ 工业催化剂存在抗积炭能力和再生稳定性需提高等许多问题，但仍未实现国产化。本项目通过氧化铝改性和添加适宜助剂，增强了载体的热稳定性，进而调变催化剂的结构及性质，研制的 PtSnK/Al₂O₃ 催化剂机械强度与工业催化剂相当，抗积炭性能强，相同条件下丙烷脱氢稳定性高于工业催化剂。

二、技术成熟度

催化剂已完成公斤级制备，100 ml 装填量催化剂反应性能与实验室 10 ml 量基本不变。

三、应用范围

UOP(美国环球油品公司)Oleflex 工艺的丙烷脱氢反应。

四、投产条件和预期经济效益

已具备放大生产条件。

五、合作方式

技术转让或联合生产，具体合作方式可商议。

成果四：反应动力学及催化剂级配数学模型

一、项目简介

催化剂的寿命与工艺过程的操作条件息息相关，而且催化剂失活动力学模型对反应器的设计、优化和操作具有指导意义。本项目通过建立适应性较强的渣油加氢失活动力学模型，提供绘制标准升温曲线的方法，能较好的预测催化剂寿命和指导工业装置的操作条件调整，有利于装置长期稳定运行和现场操作。

针对工业装置各种催化剂未能达到同步失活的现状，建立催化剂组合装填比例优化的催化剂级配数学模型。可以根据产品性质要求，分别按照产品性质要求对催化剂组合装填比例进行优化，为系列催化剂级配装填提供技术支持，用于指导试验，减少试验的次数和时间。

二、技术成熟度

已在工业装置运用，可根据不同工业反应设计相关动力学模型

三、应用范围

适用于较复杂反应的催化剂工业应用。

四、投产条件和预期经济效益

根据工业反应装置规模预测

五、合作方式

项目合作，具体合作方式可商议。

化学化工学院 尹应武团队

团队介绍

其他	姓名	团队负责人简介
闽江学者 厦门大学特聘教授	尹应武	主持植物体全价利用、清洁制浆、缓控释肥、生物基磺化新工艺等的研发，形成了生物质产业链；在以天然气为原料的氢氰酸及其下游产品的天然气化工行业，在氧乐果、黄血盐、草甘膦等清洁生产领域，在靛蓝染料的工艺改进、废水废渣资源化利用及节能降耗，产业升级方面成功开发了多项先进实用的成套生产技术工艺包，引领了行业的变革。创立或合作的很多公司均已经成为行业龙头或技术领先者。有二十多个产品市场占有率居世界第一。
团队成员	赵玉芬	院士
团队成员	卢英华	教授
团队成员	吐松	教授
团队成员	叶李艺	副教授
团队成员	陈学云	助理工程师
团队成员	高玉兴	高级工程师
团队成员	胡泽波	工程师
团队成员	何达超	技师
团队成员	李大川	工程师
团队成员	韩田田	工程师
团队成员	蔡成伟	助理工程师
团队成员	柯靖	助理工程师
团队成员	任毅华	博士生
团队成员	郭伟	博士生
团队成员	谷传涛	博士生
联系人/联系方式	厦大科技处 0592-2185633	
团队负责人照片		
		

成果一：能源化工——安全清洁新型燃油

一、项目简介

发展“煤代油”，以“煤基”、“生物基”、太阳能、风能产生的一氧化碳、二氧化碳和氢气等为基本原料开发能够突破互溶性、使用安全性、经济性制约，可大比例添加或完全替代汽油、柴油和民用燃油的含氧燃油，提高燃烧效率，减少对石油的依赖和污染物排放，是我国燃油的根本发展方向。

项目团队发明了可与汽油和柴油在一定温度下完全混溶的草酸甲乙酯为代表的燃油新体系；发现了溶液团簇分散规律。新燃油可以以煤和生物质为原料通过合成气及现有生产平台低成本、大规模生产，摆脱对石油的依赖。应用评价结果显示作为汽、柴油添加剂及民用燃油在提高燃烧效率，大幅减排方面效果显著。草酸甲乙酯系列产品是最具开发潜力的理想燃油，是最安全经济的线下能源载体。已申请化合物及体系保护。

项目组发现草酸混合酯与燃油的混溶体系溶质是以多分子团簇形式存在的新规律，开创了有效改善含氧燃料在燃油中互溶性的新途径。本项目基于多年研发基础，发明了具有多原料渠道和现成产业平台、低成本、高效率、安全清洁的草酸混合酯燃油新体系，很好弥补现有燃油及醇醚燃料的不足。并且提出了优于现有燃油的新标准（与汽油、柴油互溶性好，可以较大比例添加，长期放置时不会发生分层；常温常压下呈液态，沸点及闪点满足汽油或柴油要求；抗震性及自燃性好，其辛烷值或十六烷值比汽柴油更高；耗氧量少，热效率高，能量损失少，污染物排放低；能量密度和储能效率高；生产成本低，原料有保障）。新燃油体系可以破解现有醇醚燃油及添加剂成本高、储运和使用过程中安全性差，尾气污染等影响开发及推广的难题。利用草酸混合酯体系与燃油的良好互溶性，可以生产任何比例的混合燃油，可作为汽油、柴油、液化石油气及天然气的很好替代品或者大比例添加剂，特别是其促进柴油清洁燃烧的功能和替代柴油的开发潜力巨大。

二、技术成熟度

草酸酯的结构通式为 $R_1OOC-COOR_2$ 。 R_1 和 R_2 相同时，具有对称结构， R_1 、 R_2 均为甲基时，则是草酸二甲酯。当 R_1 和 R_2 不同时，称为草酸不对称酯。不同草酸酯的混合物称为草酸混合酯。草酸酯可水解为草酸和相应的醇。草酸广泛分布于植物、动物和真菌体中，特别是在蔬菜中有较高含量，在不同的生命体中发挥不同的功能，毒性不大。

草酸二甲酯已可以通过廉价合成气或甲醇和一氧化碳为原料规模化生产。草酸甲乙酯可通过草酸二甲酯酯交换或通过廉价合成气或甲醇和乙醇混合物及一氧化碳合成，是最具开发潜力的燃油添加剂或替代品，可与汽油混溶和大比例添加到汽油中。其分子中碳含量为 45.45%，氧含量为 48.48%，氢含量为 6.06%，碳:氢原子数目=1:1.6；甲醇分子中碳含量为 37.50%，氧含量为 50.00%，氢含量为 12.50%，碳:氢原子数目=1:4.0；乙醇分子中碳含量为 53.33%，氧含量为 35.56%，氢含量为 13.33%，碳:氢原子数目=1:3.0；可见草酸甲乙酯的碳含量远高于甲醇，接近乙醇，氧含量高于乙醇，接近甲醇，碳:氢比不到甲醇的一半，且具有更高的辛烷值和十六烷值。

草酸酯系列化合物的结构、组成、应用及标准已经申请发明专利保护，厦门大学化学化工学院的合成气直接合成低碳混合醇的高效催化剂技术、本课题组的“模拟龙卷风”高效旋流的过程强化技术及装备集成等系列重大创新及颠覆性技

术可以很好应用于该项目中,借助专利保护及新型燃油体系及标准的建立可以拓展全球市场。

三、应用范围

本项目以煤炭资源的清洁高效利用和清洁非石油基的燃油体系的开发为应用重点。希望通过全面系统的添加和替代的综合评价,发展燃油新体系;建设侧线中试装置满足试验和批量应用评价需求,开展各种路况和车、船等不同发动机和交通工具的试验评价和集成优化。正在重点试验、论证、比较和展现新产品在经济性、动力性、安全性、环保性、清洁性等方面的优异性能;希望全面系统地开展产品性能测试、台架及车辆行驶试验,大量清晰和客观地展现其应用效果。力图在柴油清洁燃烧添加剂及高比例添加或完全替代方面实现突破。目前,正准备单独或添加到试验和评价柴油中进行柴油轿车、重型柴油货车、灵活燃料柴油车、船舶、施工机械(包括盾构机)、军用坦克、柴油发动机等交通或作业工具中的动力效果及污染物减排情况,同时开展汽油、航空燃油、民用燃油的添加或替代效果评价。完成燃油定型,制定企业标准、地区标准和国家标准,完成报批,争取政府职能部门的生产及销售许可,尽早获得市场准入资格和用户认可。

与汽油、柴油互溶性好,可以较大比例添加,长期放置时不会发生分层。草酸甲乙酯或其它低碳混合醇草酸酯粘度适当可与汽油或柴油混溶,溶解胶质和润滑性能更好,可有效避免堵塞喷油嘴和腐蚀金属管路,在水中溶解度很小,是理想的燃油添加剂。耗氧量少,热效率高,能量损失少,污染物排放低。特别适合作为高原地区燃油和航空汽油,在30%以下的添加量情况下,不用改造汽油机或柴油机系统。

四、投产条件和预期经济效益

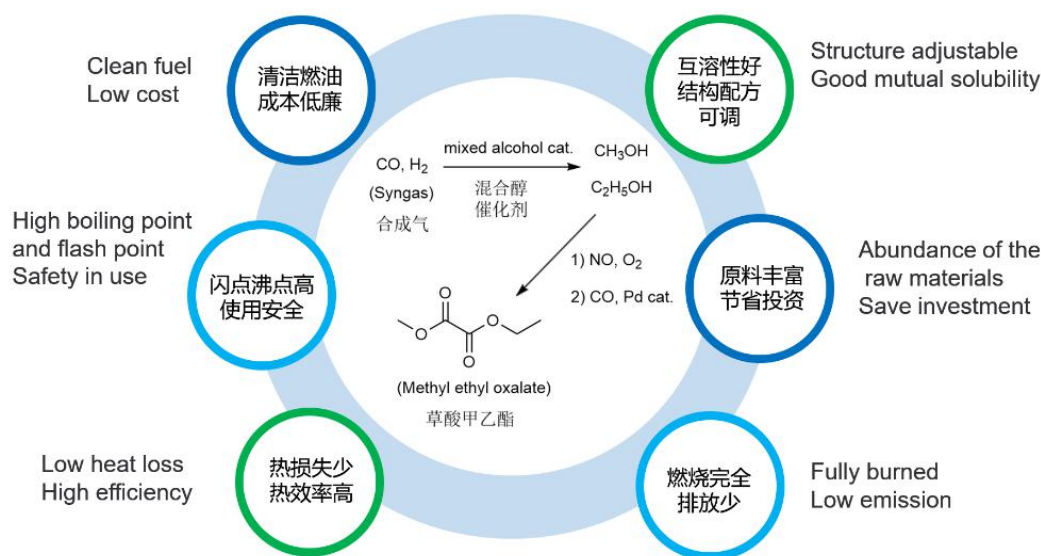
生产草酸甲乙酯至少比对应的甲乙醇少用一半的氢气,可减少或省去水煤气变换投资,减少二氧化碳排放;生产草酸甲乙酯的理论碳单耗为0.5吨,甲醇为0.75吨,乙醇为0.78吨,甲烷为1.7吨,可以大量利用钢铁厂“三炉气”及其它合成气为原料。可见,草酸甲乙酯原料消耗低的优势明显;草酸酯生产中的酯化和加成耦联的反应温度和压力比甲醇低,单程转化率高达90%,生产能耗比甲醇更低;在同样生产规模情况下,草酸酯的投资和生产成本比对应的醇更低,且更适合利用煤基或生物基碳氢比低的原料,具有大规模、低成本、多原料渠道和现有生产平台及成熟的生产技术储备,可迅速实现产业化,优化能源结构的潜力巨大。

如果同时采用厦门大学开发的以合成气直接催化合成甲醇和乙醇或C₁—C₈低碳混合醇的新型高效催化剂直接混合醇原料及独创的具有过程强化效果的模拟“龙卷风”技术开发的循环流浆态床及气雾床,还可以大幅提高甲醇及低碳混合醇的单程转化率,进一步降低体系压力和充分利用反应热,显著提升装置产能,大幅降低投资成本。因此草酸混合酯的生产成本有望接近甲醇成本,可能仅有发酵法或甲醇法合成乙醇成本的一半,也低于原油为原料的燃油加工成本。可见,合成和分离过程简单,能耗、物耗低,过程能量损失及碳排放量少,合成成本低是草酸混合酯的最大优势。借助新型催化剂、高效节能装备及草酸酯原料碳和氢气消耗少可更多利用一氧化碳的多重优势,通过持续的集成工艺包研发,还可进一步减少生产过程的能量损失和二氧化碳排放,扩大综合性价比优势。

可以利用多种现有的生产平台及原料渠道:发电厂、城市煤气厂的水煤气,合成氨厂、甲醇厂、乙二醇厂等煤化工企业的合成气资源及钢铁、冶金行业大量的焦煤气、高炉气、转炉气、黄磷尾气、电石尾气等废气资源,生物质气化原料气及核能、太阳能、风能的电解氢及回收二氧化碳等。可依托研发、产品应用、实

施转化、工业化及团队等已有资源,进一步针对具体产品的集成创新降低投资及产品成本,提升装置产能,进行产业链优化,增强综合竞争力。原油加工生产汽、柴油的吨成本在 2000 元左右(扣除原油和副产物成本),汽、柴油的吨销售价格至少在 5000 元以上。草酸混合酯具有比汽、柴油更丰富的原料来源和可持续原料保障,以合成气为原料的草酸甲乙酯生产成本接近甲醇,投资和生产成本降低潜力还很大。

项目总投资计划 20000 万元人民币。分二期进行投资。第一期投资 3000 万元人民币。主要用于产品评价、中试侧线等研发平台建设、催化剂现场挂线评价装置、高效节能装备试验示范及以合成气为原料的全套千吨/年中试平台建设;重点新型催化剂和反应器评价,产品生产和定型,配方优化和产品全面评价。委托台架及行车测试,购买及租用试验用各种车辆费用;设备添置、安装调试、原料购买、中试基地水电费,聘用司机和研发配合人员的劳务费用;配方研发、产品定型,应用拓展、全套工业包开发、各方协作和对外委托测试费用等。第二期投资 17000 万元人民币。在获得地区销售许可的前提下,规划和实施以现有的甲醇生产线为改造基础,配套建设 20 万吨/年草酸混合酯及定型燃油产品生产装置。本项目开发有助于保障国家能源安全,适合中国国情,符合可持续发展要求,有助于建立高效清洁利用煤和生物质等可再生资源的燃油新体系,发展和壮大万亿级能源产业群,满足巨大的产品市场。本项目将通过技术创新和成果转化带动体制和机制创新,争取列入地区和国家新产品推广计划和政府采购计划,助力“碧水蓝天”工程。



草酸不对称酯燃油体系优势与特色

五、合作方式

技术非独家授权及区域性产品联合生产。

成果二：绿色化工——水溶性生物基大分子磺酸盐成果转化及系列产品生产与应用示范

一、项目简介

项目团队通过协同创新一直致力于生物质“精炼”、分级与全价利用。首创了“以碱为分拆剂的微米级本色浆”清洁工艺和以“三氧化硫为解聚、改性剂的纳米级水溶性高分子产品的生产”新工艺。开辟了大规模、低成本清洁生产生物基产品的产业链，创新了“荒漠绿洲”物质与能量的生命支撑体系，成功培育了多功能生物基高分子水溶肥、构型肥、纸膜肥、缓控释肥、固沙及盐碱地专用肥、土壤整理剂以及水泥减水剂、沥青改性剂、本色竹纸、无甲醛粘胶剂、绿色包装材料、复合材料的“产品树”。申请和获得相关专利 21 项。完成了技术验证、产品评价、工艺包开发及部分成果鉴定，相继获得内蒙古及宁夏科技厅多个重大专项资助。

本项目以生物质资源全价开发、水溶化及高附加值利用为亮点，致力于纤维素、甲壳素、壳聚糖、木质素等产品的清洁高效生产及其生物基磺酸盐系列衍生物的开发，基于产品在包装、生活用纸、建筑材料、生物基地膜、构型肥、水泥减水剂、沥青改性剂、无甲醛粘胶剂、缓控释产品、土壤整理剂、保水保肥、固沙及盐碱地治理等方面的出色应用效果，进一步因地制宜地进行针对性技术和开发转化。通过创建生产示范与应用推广基地，实施产品为载体的成套技术和装备配套的“交钥匙”工程，促进废弃农林资源的大规模、高附加值全价利用和荒漠化生态恢复，开辟“减量化、再利用、再循环”经济实用、清洁绿色的新途径，推动多领域的应用示范，促进亿吨级规模和万亿级产业的形成，创造巨大的社会、经济和生态效益。

二、技术成熟度

研发团队历经多年产学研合作与探索，首创了以三氧化硫作为酯化试剂，以非质子溶剂作为分散剂，大规模、低成本利用各种生物质进行磺化的清洁生产新技术，破解了行业一直无法突破的生产成本高、溶剂残留、碳化降解严重、产品质量差等至今未能产业化的技术难题。新工艺具有原料丰富、转化率高、品质好、生产过程简单、反应条件温和、清洁安全、投资少、生产成本低、产品用途广、使用效果好等突出优势。新工艺既适用于纤维、木质素、淀粉、腐殖酸、虾壳蟹壳等各种生物质原料，也适用于农林加工残余物、秸秆粉及碱木质素等混合原料。

本项目已获多项专利，项目全面查新证明了全套新工艺技术的新颖性和首创性。本项目技术具有完全自主知识产权，并已经通过技术、生产和市场验证，具有很好的技术经济可行性和巨大的产业化前景。取得和申请的相关专利 21 项，其中授权专利 8 项。相关技术及成果已经通过小试和中试工程化和产品验证，证明了水溶性磺酸盐新工艺及水溶性生物大分子磺酸盐类液体新产品是成功和有巨大应用前景的。为优势生物质大规模、低成本、清洁安全生产高品质生物基材料及水溶性生物基高分子开辟了新途径。项目在千吨级生物基磺酸盐中试装置上完成了生产性验证和工艺及装备的优化，已形成了万吨级工艺包。并开发了全营养基可降解地膜肥，水溶性生物基高分子肥、天然调理剂，盐碱地、沙漠专用肥，绿色中密度纤维板、水煤浆乳化剂、水泥减水剂、沥青乳化剂等系列绿色产品。

三、应用范围

利用独创工艺可构建生物基产业链，大规模、低成本生产绿色材料、肥料、原料等系列新产品。可“多联产”生物营养液、本色浆、生活用纸、包装纸、无

甲醛纤维板、沥青改性剂、水泥减水剂、多功能构型肥等可就地消纳的系列绿色产品。结合生物基磺酸盐与制浆工艺还可开发可覆盖地表可降解的低成本地膜及地膜肥,为“减肥增产、减药减害和减膜减污”开辟新路。综合利用原料、微生物及产品特性提高植物抗性。基于已有的研发成果,开发多功能生物大分子磺酸盐作为微生物培养及培养基,可望实现有机肥/无机肥及微生物菌肥一体化,开发高产食用菌培养基。

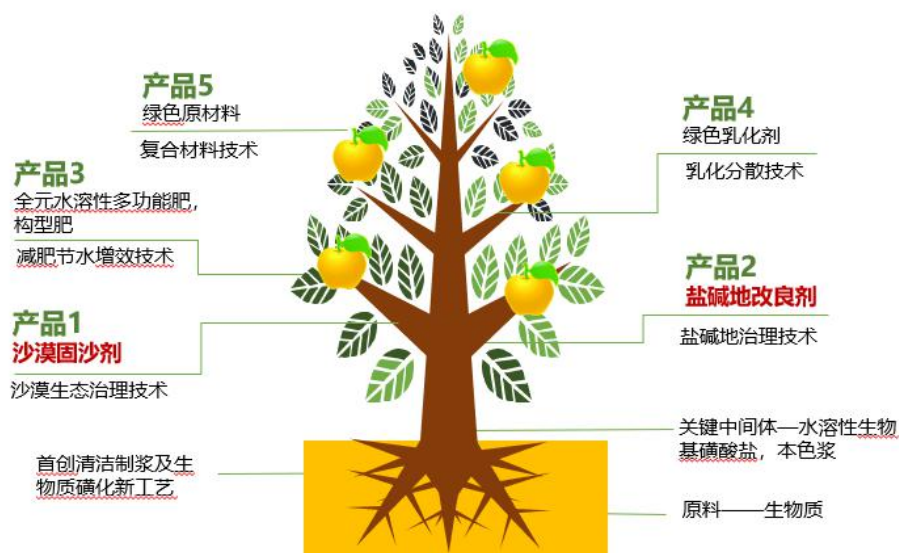
四、投产条件和预期经济效益

生物基磺酸盐液体肥和大面积喷雾设备结合,可充分发挥粘结、保水固沙作用,形成结皮,防止沙流动,帮助植物扎根生长。可节省平整和滴灌系统费用,节省石膏和数百吨水及人力成本,可当季节丰收。采用换土覆盖沙漠的改造成本需要一万元左右,采用草方格的每亩改造成本也在 800 元左右,磺酸盐产品则使用量少,使用成本低,仅有现有每亩数千元盐碱地治理成本的五分~十分之一。作为生物基盐碱地改良专用肥潜力巨大,可与化肥复配生产多功能高效液体肥,全价利用生物质资源。

重点发展生物基新型肥料,不仅是国家鼓励、市场急需的重要农业生产资料,也可解决目前化肥利用率低,养分分解、流失及失效严重,使用效果差,二次污染的问题,随着基于生物基的植物营养源系列产品的推出,将可以进一步发挥对土壤养分增效、促释作用,提高土壤有机质,促进农业生产可持续发展,有力推动循环经济和生态产业的发展。

五、合作方式

技术非独家授权及区域性产品联合生产,10万吨/年投资强度约1亿元,产品利润率至少可达到30%以上。



生物基技术与产品树

化学化工学院 叶李艺团队

成果一：土壤改良剂及其应用技术

一、项目简介

重金属铅对环境的危害非常大，在土壤中相对于其他重金属更容易被作物吸收，并在植物体内残留，对植物体产生毒害作用，并可以通过食物链进入人体，在人体内潜伏期长，且难以排出。随着“土十条”政策的落地，土壤改良剂将发挥重要的作用。用固定法即用生物炭降低土壤中铅的迁移性和生物有效性的方法，具有方法操作简单、成本低廉、效果良好的特点；并可较好地改良土壤的物理、化学和生物学性能。本技术利用拥有丰富的笋壳资源生产土壤改良剂，具有密度小、结构疏松、吸附能力强的特点。其对重金属铅离子具有吸附和固定作用，可有效降低被作物吸附的铅的有效浓度，阻止了铅从土壤向作物的迁移，减弱了重金属铅对作物的毒害。同时可显著改良土壤的保水保肥能力，加入土壤可明显减小土壤容重，增加土壤孔隙，有利于植物根系的生长和土壤中微生物的生长。

二、技术成熟度

已获得土壤改良剂的成熟制备工艺技术，实验室获得合格的土壤改良剂产品，并进行土壤中重金属离子吸附的应用试验，取得较好的效果。相关技术已申请国家发明专利并获得授权（一种土壤改良剂及用于重金属铅污染土壤的改良方法，专利号 ZL201310477113.6，授权日期：2015 年 10 月 14 日）。

三、应用范围

本技术可用于笋加工企业废弃物笋壳的利用及需要改良的土壤，尤其是受金属铅污染的土壤。

四、投产条件和预期经济效益

本技术生产固体笋壳基生物炭的热解设备和方法简单，原料来源广泛，廉价易得，热解后得到的固体笋壳基生物炭可就近施于需要改良的重金属铅污染土壤中，从而改良土壤；又可实现笋加工副产物的高附加值利用，增加农民收入，减少环境污染，具有良好的经济效益和环境效益。

五、合作方式

专利（实施）许可或技术转让。

成果二：柚子皮的综合利用技术

一、项目简介

柚子果皮中含有精油、色素、柠檬苦素、果胶、纤维等多种有用物质，通常被作为垃圾丢弃，这不仅浪费了其中大量的有用物质，还会对自然环境造成很大污染。如何变废为宝，对农副产品废弃物资源化利用，成为近年来科学工作者的研究方向。本技术克服已有的对柚皮处理的单一利用、过程复杂、不能充分利用柚皮所有价值等不足，提出对柚子皮综合利用的技术路线，在利用柚子皮制备吸附剂的过程中联产了精油、果胶等高附加值的产品，整个制备过程可连续生产，适合于工业化应用。所制备的吸附剂可用于亚甲基蓝、碱性品红等碱性染料的印染废水处理，也可用于重金属的吸附处理。

二、技术成熟度

已获得柚子皮提取精油和果胶并制备吸附剂的稳定工艺技术,联产的三种产品质量好,可满足各自的应用要求。相关技术已申请国家发明专利并获得授权(一种柚皮的综合利用方法,专利号 ZL 201310477379.0, 授权日期: 2015 年 11 月 11 日)。

三、应用范围

本技术可用于柑橘类水果加工企业对废弃果皮的资源化利用,获得的精油可用于化妆品等精细化工行业,果胶可在食品等行业中应用,吸附剂可用于环境水处理行业。

四、投产条件和预期经济效益

本技术生产原料为水果加工废弃物,价格低廉,生产设备简单、投资少,操作过程简单。提高了柚皮的利用价值,将农产品的废弃物资源化利用更为充分,生产的吸附剂用于工业废水的处理,是一种“以废治废”的方法,经济效益显著。

五、合作方式

专利(实施)许可或技术转让。

成果三：生物质快速直接液化制生物油技术

一、项目简介

化石燃料的大量使用导致了能源危机和一系列的环境问题,寻求可替代能源成为了势在必行的研究课题。生物质是继煤、石油、天然气之后,世界第四大能源,由于其具有来源广、可再生的特点,成为了化石能源的潜在替代物。液化是生物质资源化利用的有效途径,能将生物质原料高效转化成燃油和高附加值产品。该项目将等离子体技术引入传统生物质液化中,有效解决了水热液化液化率较低和有机溶剂催化液化耗时长的问题,在常压下能将生物质在 3min 内液化完成,所得生物油热值达生物质原料的 2 倍。

二、技术成熟度

小试阶段,在实验室研究中,确定液化较优实验参数;本技术能对笋壳、竹屑、木屑等常见农林废弃物实现稳定高效液化。

三、应用范围

本技术对多种常见生物质均能实现高效快速液化,说明其具有一定通用性。可用于生物质资源化利用、生物油生产等领域中。

四、投产条件和预期经济效益

本技术处理的对象是来源广、价格低廉的生物质原料。相比水热液化,本技术无需高压环境;相比催化液化,等离子体技术耗电量远小于传统加热设备。若该技术能推广实施必然具有巨大的社会效益、环境效益和经济效益。

五、合作方式

具体合作方式可商议。

成果四：生物基酚醛树脂胶粘剂

一、项目简介

本项目利用生物质资源生产高性能的生物基酚醛树脂胶粘剂。生物质资源的液体产物毒性低于苯酚，有较好的可降解性，并且废弃农林生物质资源来源广泛、价格低廉，可降低胶粘剂的原料成本。相比于传统酚醛树脂胶粘剂，生物基酚醛树脂胶粘剂具有更好的生物降解性能，并且其在分子量、粘度、树脂结构、固化性能、胶合强度等方面具有优异的性能。

主要技术指标：

- (1) 外观：棕黑色粘稠液，不分层，无沉淀
- (2) pH 值：10 — 12
- (3) 固体含量：40 — 50%
- (4) 粘度：(1~3) ×10²mPa·S
- (5) 游离甲醛含量：0.1 — 0.2%
- (6) 拉伸剪切强度：1 — 2 MPa

二、技术成熟度

小试阶段。实验室已获得生物基酚醛树脂产品，并根据国家标准或行业标准进行相关性能测试，测试结果显示均符合标准要求。

三、应用范围

胶结木材、集装箱底板等，制作胶合板。

四、投产条件与预期经济效益

本技术所涉用的设备和原材料，均可在国内订购，生物基酚醛树脂胶粘剂比普通酚醛树脂胶粘剂原料成本低，并且应用范围广泛，预期经济效益可观。

五、合作方式

合作开发。

联系地址：厦门大学科技处

联系人：蔡启智，梁心悦

电 话：0592-2185633

化学化工学院 高景星团队

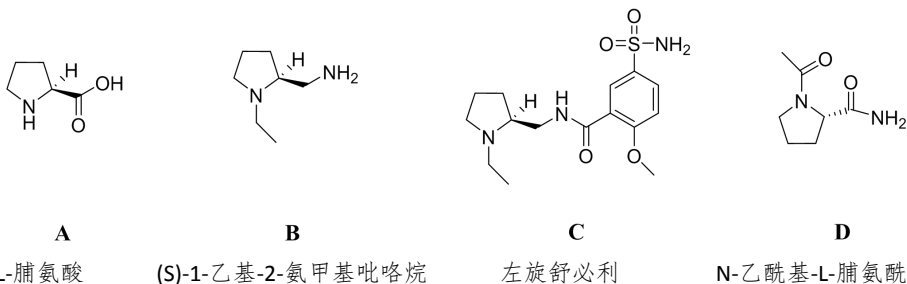
团队介绍

其他	姓名	团队负责人简介
教授	高景星	教授，博士生导师。长期从事均相催化、不对称催化、氢化，手性药物中间体合成的理论和应用等研究。获得多项国家发明专利。实验室完成应用研究成果五项，其中通过企业验收和成功实现产业化各一项，另三项在洽谈或推广中。
团队成员	李岩云	副教授
团队成员	王哲	硕士生
团队成员	阮孙红	硕士生
团队成员	张广亚	硕士生
联系人/联系方式	厦门大学科技处 0592-2185633	
团队负责人照片		
		

成果一：合成(S)-(-)-1-乙基-2-氨基吡咯烷的新方法

一、项目简介

(S)-1-乙基-2-氨基吡咯烷 (图 B) 是生产抗精神病药物左旋舒必利 (图 C) 的重要中间体。左旋舒必利用于治疗神经分裂症, 也用于治疗顽固性呕吐、消化性溃疡及脑外伤后的眩晕头痛。目前, 工业生产(S)-1-乙基-2-氨基吡咯烷, 首先以 γ -丁内酯为起始原料, 需经包括加压等五步反应, 合成其外消旋体后, 再经手性拆分而得。该法生产流程长、步骤烦琐, 总收率仅为 35%左右, 且拆分后堆积的另一半, 目前尚无法有效利用, 污染环境。



本项目从便宜易得的 L-脯氨酸为原料(图 A)出发, 直接生产(S)-1-乙基-2-氨基吡咯烷, 总收率达 50~55%。合成过程中还可同时生产具有重要应用价值的中间体 N-乙酰基-L-脯氨酸(图 D)。与现行的工业生产路线相比, 避免了烦琐的手性拆分、具有反应条件温和、生产周期短、设备简单、成本低且不污染环境等特点, 是一条创新性的新途径。

二、技术成熟程度

已完成实验室路线、方法验证; 其反应物投料量已达到数十克或上百克; 产品经核磁共振、比旋光度等仪器表征, 其质量符合部颁标准。本成果可直接进入放大试验。

三、应用范围

N-乙酰基-L-脯氨酸在手性药物工业有重要应用; (S)-1-乙基-2-氨基吡咯烷是生产抗精神病药物左旋舒必利的重要中间体。

四、投产条件和预期经济效益

本法的生产工序均在温和条件下进行, 仅需常压反应釜和减压抽溶剂等主要装置, 设备简单、投资少; 且无环境污染, 容易投产。采用本发明生产左旋的(S)-(-)-1-乙基-2-氨基吡咯烷, 其原料成本估价为 60 万元 / 吨左右, 而市场上其价格是 130~150 万元 / 吨, 如按年产 30 吨规模的工厂计算, 初估每年可获利 1800~2100 万元。加上本法还可同时生产具有重要应用价值的中间体 N-乙酰基-L-脯氨酸, 两个产品均可内销和出口。

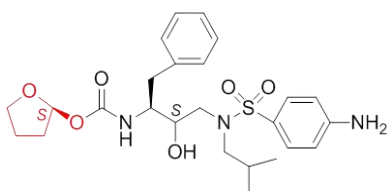
五、合作方式

合作开发或技术转让。

成果二：(S)-(+)-3-羟基四氢呋喃的生产方法

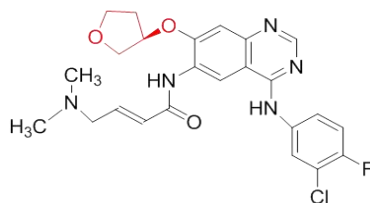
一、项目简介

(S)-(+)-3-羟基四氢呋喃是合成治疗艾滋病药物安普那威 (Amprenavir) 的重要中间体, 也用作晚期非小细胞肺癌 (NSCLC) 的一线治疗及 HER2 阳性的晚期乳腺癌患者原料药阿法替尼 (Afatinib) 的中间体, 其经济价值很高。传统的工业生产方法是通过 4-氯-3-羟基丁酸乙酯的生物酶拆分, 得到(S)-4-氯-3-羟基丁酸乙酯, 再经还原、环化获得题示物。此法虽然光学收率较高, 但存在有机溶剂和水的消耗量很大, 后处理复杂、生产周期长、效率较低的问题。



安普那威 (Amprenavir)

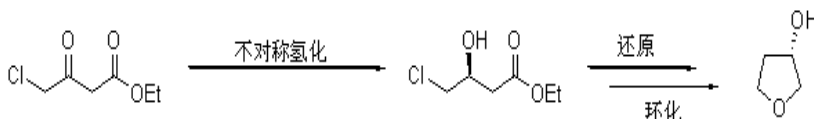
治疗艾滋病药物



阿法替尼 (Afatinib)

治疗非小细胞性肺癌、乳腺癌

本项目采用不对称催化氢化技术, 将价格便宜的 4-氯乙酰乙酸乙酯, 以 88~92% 的收率, 转化为(S)-(-)-4-氯-3-羟基丁酸乙酯。与生物酶法和手性拆分法较之, 本法避免了繁琐的手性拆分, 具有溶剂的消耗量少、全过程原子经济性较高、生产效率、操作方便、无环境污染等优点; 而且具有很低的原料成本优势, 可参与国际市场竞争。



二、技术成熟度

本发明已完成实验室路线、方法验证; 其投料量已达到数十克或上百克; 产品经核磁共振、比旋光度等仪器表征, 其质量符合部颁标准。本成果可直接进入放大试验。

三、应用范围

作为合成治疗艾滋病药物安普那威 (Amprenavir) 的重要中间体, 也用作晚期非小细胞肺癌 (NSCLC) 的一线治疗及 HER2 阳性的晚期乳腺癌患者原料药阿法替尼 (Afatinib) 等多种手性药物的中间体。在精细有机化工中也有重要的应用。

四、投产条件和预期经济效益

目前, (S)-(+)-3-羟基四氢呋喃的国内市场价格为人民币 5000-6700 元/公斤, 国际市场价格为美元 1298 元/公斤(Beta Pharma Scientific, USA) 至美元 1500 元/公斤(eNovation Chemicals, USA)。而依照本项目开发的生产路线, 其原料成本估价为人民币 800~950 元/公斤, 存在较大的利润空间。该产品可供内销和出口。

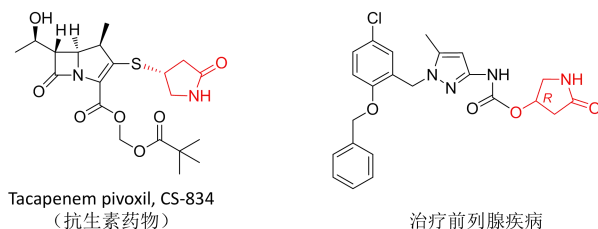
五、合作方式

合作开发或技术转让。

成果三：(R)-(+)-4-羟基-2-吡咯烷酮的合成方法

一、项目简介

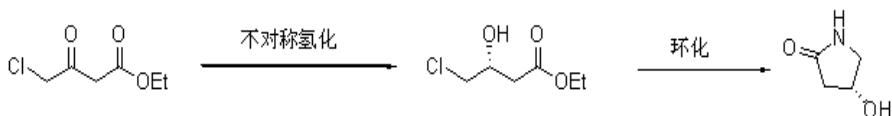
(R)-(+)-4-羟基-2-吡咯烷酮可作为合成多种手性药物、农药的中间体。例如题示物可作为合成碳青霉烯类抗生素 Tacapenem pivoxil, CS-834 的手性中间体。



Tacapenem pivoxil, CS-834
(抗生素药物)

治疗前列腺疾病

工业上生产(R)-(+)-4-羟基-2-吡咯烷酮的方法是通过消旋的4-氯-3-羟基丁酸乙酯的生物酶拆分,得到(R)-4-氯-3-羟基丁酸乙酯,再分别与叠氮化钠或氨基钠反应引入氨基,然后环化得到题示物。本项目采用不对称催化氢化技术,将价格便宜的4-氯乙酰乙酸乙酯,以88~92%的收率,转化为(R)-(+)-4-氯-3-羟基丁酸乙酯,再经环化直接生成(R)-(+)-4-羟基-2-吡咯烷酮。与生物酶法和手性拆分法较之,本法避免了繁琐的手性拆分,且溶剂的消耗量少,全过程原子经济性较高、生产效率强;避免使用剧毒、易爆原料;操作方便、无环境污染等优点;并且具有很低的原料成本优势,可参与国际市场竞争。



二、技术成熟程度

已完成实验室路线、方法验证;其反应物投料量已达到数十克或上百克;产品经核磁共振、比旋光度等仪器表征,其质量符合部颁标准。本成果可直接进入放大试验。

三、应用范围

题示物可作为合成多种手性药物、农药的中间体。

四、投产条件和预期经济效益

本法需低压反应釜和减压抽溶剂等主要装置,设备简单、投资少;且无环境污染,容易投产。据调查,目前国内(R)-(+)-4-羟基-2-吡咯烷酮的价格为人民币40000元/公斤(97%,试剂价,摩贝(Molbase)化学品公司);国际市场的价格为10670美元/500克(95-98%,Betapharma Scientific, USA;β-制药科学有限公司);或3500美元/100克(95-98%,Aurum pharmatech LIC, USA;金药明康德药业技术有限公司,美国新泽西州)。而依本法生产的原料成本估价为人民币1400-1600元/公斤,存在较大的利润空间。

五、合作方式

合作开发或技术转让。

化学化工学院 洪满水、黎四芳团队

成果一：乙烯基吡咯烷酮（NVP）和聚乙烯吡咯烷酮(PVP)

一、项目简介

聚乙烯吡咯烷酮(PVP)是一系列性能优异的高分子精细化工产品。PVP是化妆品的保湿剂和解毒剂，可有效地解除化妆品对皮肤的刺激，并有助于皮肤的柔软和润滑。对于头发类化妆品，PVP具有定型、护发、增加头发光泽和光滑性等作用，是定型发乳、摩丝和喷发胶不可缺少的原料。在医药中作为粘合赋形剂、增稠剂、增溶剂、分散剂、稳定剂和成膜剂，被国际上认为是最重要的药用合成新辅料之一。以PVP为主要原料的聚维酮碘(PVP-I)是新型的无毒、无刺激的高效杀菌消毒剂，也可直接用作医药。交联的PVP(PVPP)可作为啤酒、葡萄酒和果汁的澄清净化剂和稳定剂，医药上用作崩解剂。此外，PVP在纺织印染、造纸、粘合剂、涂料、洗涤剂、高分子聚合、电子、分离膜、医用高分子材料以及农牧业等领域的应用已受到重视。

二、技术成熟度

合成PVP的工艺路线采用加压乙炔法。由 α -吡咯烷酮和乙炔在催化剂作用下进行反应生成中间体乙烯基吡咯烷酮，生成的乙烯基吡咯烷酮经分离提纯后再通过聚合反应得到PVP。我们开发的NVP和PVP生产技术已经建立了年产100吨的工业生产装置，长期连续运行平稳，操作稳定，各项指标达到要求。本工艺技术成熟可靠。

三、应用范围

乙烯基吡咯烷酮（NVP）和聚乙烯吡咯烷酮(PVP)可广泛用于化妆品、医药辅料、以及纺织印染、造纸、粘合剂、涂料、洗涤剂、高分子聚合、电子、分离膜、医用高分子材料以及农牧业等领域。

四、投产条件和预期经济效益

主要原料为 α -吡咯烷酮和电石，国内市场供应充足。生产过程不污染环境，仅产生少量电石渣。对于年产100吨PVP的规模，预计设备投资120万元（不包括厂房、公用工程等），年销售额880万元，年利税600万元。对年产500吨的规模，预计设备投资220万元(不包括厂房等)。

五、合作方式

技术转让或联合生产，具体合作方式可商议。

成果二：月桂酰肌氨酸钠

一、项目简介

月桂酰肌氨酸钠是氨基酸类表面活性剂，除具有优良的表面活性外，还具有抗菌杀菌性、缓蚀防锈性和生物降解性好等特点，因而广泛应用于洗涤剂、化妆品、食品饮料、金属防锈、矿物浮选、农药和生物医药等众多领域。目前国内尚无生产厂家，每年需要从美国和德国大量进口。

该产品以天然月桂酸和肌氨酸钠、三氯化磷等为原料，经过酰化、缩合、酸化、成盐四步反应而制得。产品技术指标如下：活性物含量 $\geq 30\%$ ，月桂酸皂 $\leq 3\%$ ，

pH(1%, 25°C)=7~8。

二、技术成熟程度

已进行中试。

三、应用范围

广泛应用于洗涤剂、化妆品、食品饮料、金属防锈、矿物浮选、农药和生物医药等众多领域。

四、投产条件与预期经济效益

生产条件：反应罐、真空泵、蒸馏釜等

对于年产 300 吨规模，设备投资 20 元，年产值 300 万元，年利税 90 万元。

五、合作方式

技术转让

成果三：多功能有机硅憎水剂

一、项目简介

本憎水剂是一种可与多种材料表面反应或相互吸附的功能有机硅材料。纸、纤维、布、木材、水泥、陶瓷、石材、砖瓦、石膏等制品或建筑物，经这类憎水剂处理之后，具有很强的憎水、防水渗透的功能，而且表面的手感性较好。

项目特点：

- 1.本憎水剂在生产过程中无三废排放，不会腐蚀器材设备；
- 2.本憎水剂的渗透性强，能由表及里地处理材料的微孔，使其具有抗水泄漏的功能，是墙体、屋顶等建筑物的理想防水渗透的材料；
- 3.本剂无毒，使用方便，可采用浸泡、涂刷或喷涂等方法进行施工；
- 4.纸及其制品经本剂处理之后，可用于食品包装和制做一次性的餐饮容器，其废弃物在自然界能自行分解，不会引起“白色污染”；
- 5.布、纤维、丝线等制品，经本剂处理之后，既能防水又可透气，同时可改善其手感；
- 6.采用本剂处理的制品，其原色泽、尺寸、造型保持不变。

技术指标：

- 1.外观：无色或浅黄色易流动的透明液体；
- 2.pH 值:7±0.5,不会腐蚀材料表面的结构；
- 3.稳定性：在密封下于室温中可贮存 3 年；
- 4.功能呈现时间：被处理物经涂刷或喷涂后 20 分钟左右或在阳光下曝晒 5 分钟，就具有增水的功能；
- 5.吸水率：处理过的砖瓦材料在水中浸泡 2 小时，其吸水率小于 2%。
- 6.渗透度：对于砖瓦、石材等材料可渗透 3-20 毫米深；
- 7.应用温度范围：在-40~+150°C 可长期使用。

二、技术成熟程度

目前我们已掌握和实施本憎水剂的大规模生产技术，产品质量处于国内领先水平。

三、应用范围

1、制衣厂；2、鞋帽雨衣厂；3、帆布厂；4、纸制品厂；5、食品包装厂；6、工艺美术厂；7、陶瓷砖瓦厂；8、石材制品厂；9、建筑防水材料厂；10、木材

制品厂；11、无机材料纤维及其制品厂；12、建筑、装修和维修公司等。

四、投产条件与预期经济效益

本技术所涉用的设备和原材料，均可在国内订购，生产过程无三废处理，劳力和能源单位消耗少，所以产品的成本低；又其应用范围广泛，因此预期其经济效益是可观的。

五、合作方式

技术转让。

已许可厦门市企业使用，但外地企业如果有需求，也可许可。

成果四：对苯二甲酸（TPA）合成对苯二甲酸二异辛酯（DOTP）新型 催化剂

一、项目简介

DOTP 因具有低挥发、耐高低温、高绝缘、抗迁移、抗抽出和对聚氯乙烯（PVC）的相容性佳等优点，已在塑料、橡胶、涂料、润滑油、造纸等领域获得广泛的应用。作为 PVC 的增塑剂，DOTP 的综合性能已优于邻苯二甲酸二异辛酯（DOP）。目前世界上生产苯二甲酸二酯类的增塑剂，已接近年产 1 千万吨。至今生产 DOP 和 DOTP 的催化剂存在的主要问题是单元酯化反应的时间长，如采用钛酸四烷基作为催化剂，所需时间为 10 多小时至 20 多小时。另外，有的催化剂对反应产物的后处理麻烦，并伴有三废排放。经过反复实验，我们研制一类非酸、非碱、负载的新型催化剂，其特点和技术指标如下：

- 1、在制备和应用本类催化剂的过程中，几无三废排放，不会腐蚀设备；
- 2、在合成 DOTP 及其它催化酯化过程中，本催化剂的用量低于 0.3%；
- 3、单元催化酯化的时间短，在回流温度下约 5 小时，为一般催化剂的 1/2 至 1/4；
- 4、本催化剂的稳定性佳，不易中毒，对试剂原材料要求不高；
- 5、在对-苯二甲酸（TPA）的催化酯化过程中，TPA 的利用率几乎 100%，过量的异辛醇全部回收再用；反应产物为浅黄色液体，其酸值在 0.5 毫克/克以下；
- 6、本催化剂也能高效催化其它的脂肪酸、芳香酸的酯化反应。

二、技术成熟程度

本催化剂已批量生产，月可提供几吨的产品。

三、应用范围

可用于如下企业厂家在生产有关产品时作为催化剂。

- 1、塑料助剂生产厂家，如生产 DOTP、DOP 等增塑剂；
- 2、材料合成企业，如生产聚酯、油漆等过程中作为缩聚反应的催化剂；
- 3、溶剂厂家企业，如生产醋酸酯类等；
- 4、香精香料厂家，因为很多香精的生产过程中都涉及酯化反应。

四、合作方式

- 1、提供本类型的催化剂产品；
- 2、联合开发；
- 3、技术转让。

成果五：利用聚酯废弃物生产新型增塑剂 DOTP 的催化剂

一、项目简介

本技术是将聚酯材料及其制品废弃物，例如涤纶、的确凉等含对苯二甲酸二元醇酯链段的高聚物与辛醇或其它高级醇以一定配比，在本研制的催化剂存在下，一步制取对苯二甲酸二辛酯（DOTP）或其它二酯类。DOTP 比邻苯二甲酸二辛酯（DOP）对聚氯乙烯的增塑综合性能来得优越。本研究是变废为宝的技术。

项目特点：

1. 本技术在实施生产过程中，没有用及酸和碱，无三废排放，是变废为宝的绿色过程；

2. 生产投资低，年产 1000 吨产品，约需投资 25-30 万元及 50-80 平方米的车间。

3. 生产周期短，在中等温度下约 2-3 小时就能完成；

4. 聚酯废弃物来源广，只要含有聚酯链段的，例如涤纶废丝、聚酯废旧衣物等，都可作为原料；

5. 本研制的催化剂活性高，不易中毒，只要加入 1%，就能使解聚反应顺利进行；而蒸馏后的残渣其催化活性仍然很高，可以继续使用。

技术指标（以 DOTP 为例）：

1. 外观：无色透明油状液体；

2. 酸值：0.05-0.10(毫克 KOH/克)；

3. 比重：0.9830-0.9840

4. 折光率：1.4670-1.4690($n_D^{25^\circ}$)；

5. 冰点：-46~-48℃；

6. 闪点：235-240℃；

7. 体积电阻系数： 3.6×10^{12} (欧姆·厘米)。

二、技术成熟程度

本技术的关键在于催化剂。如果没有催化剂存在，聚酯解聚不能发生；而只要加入 1%的催化剂，就能在温和条件下使反应顺利进行。目前我们已掌握了催化剂的大规模制备方法。

三、应用范围

(1) 塑料制品厂；

(2) 精细有机化工厂；

(3) 环保产业公司；

(4) 凡能获得聚酯废弃物的单位和用到对一苯二甲酸二酯类的公司企业等。

四、投产条件与预期经济效益

主要反应设备有反应釜、过滤器、真空泵等。

初步核算，1 吨的废弃物可生产约 2 吨的 DOTP 和 0.3 吨乙二醇，其利税约 2500 元/吨。可见其经济效益是可观的。

五、合作方式

提供催化剂，技术转让或合作开发。

联系地址：厦门大学科技处

联系人：蔡启智，梁心悦

电话：0592-2185633

化学化工学院 吐松团队

成果一：对叔丁基苯酚生产技术

一、项目简介

对叔丁基苯酚（4-TBP）是一类非常重要的精细化工中间体，主要用于抗氧化剂的制备以及树脂等精细化学品的生产。同时可作为生产涂料、阻燃剂、农药、香料、表面活性剂以及紫外吸收剂等精细化学品的中间体，也可作为橡胶、肥皂、硝化纤维等化工产品的稳定剂。

叔丁基苯酚主要是在酸性催化剂的作用下，由苯酚和烷基化试剂通过傅克反应制备而得。苯酚和叔丁醇的烷基化反应通常使用的催化剂主要包括 Lewis 酸（ AlCl_3 , FeCl_3 , SnCl_4 等），Bronsted 酸（硫酸、磷酸、氢氟酸等），阳离子交换树脂和固体酸催化剂。在各种催化体系中，传统工艺以硫酸为催化剂制备 4-叔丁基苯酚，但该工艺设备腐蚀严重，后处理工序繁杂，且产生的大量含酚废水严重污染环境；离子交换树脂存在易发生溶胀、热稳定性差、使用寿命短等不足，使得其在工业领域方面应用受限；虽然科研人员开发了很多新型的固体酸类催化剂，但主要局限于实验室研究，实现工业大规模应用报道较少。

二、技术成熟程度

我们开发了以苯酚和叔丁醇为原料，以改性工业活性粘土为催化剂制备 4-TBP 的清洁生产工艺，目前已完成实验室小试，效果良好，产品收率超过 80%（以叔丁醇计）。现正在准备中试，根据工艺特点，在小试基础上，很易实现工业化生产。

三、应用领域及市场前景

主要用于抗氧化剂的制备以及油溶性酚醛树脂、聚碳酸酯等精细化学品的生产，食品、饲料及医药的抗氧化剂，同时可作为生产涂料、阻燃剂、农药、香料、表面活性剂以及紫外吸收剂等精细化学品的中间体。

四、投产条件与预期经济效益

主要原料为苯酚和叔丁醇，国内市场供应充足。生产过程中三废排放较少。对于年产 3000 吨对叔丁基苯酚的规模，预计设备投资 250 万元（不包括厂房、公用工程等），年销售额 3600 万元，年利税 600 万元。

五、合作方式：

技术转让

成果二：乙氧基喹啉生产技术

一、项目简介

乙氧基喹啉作为一种主要应用于食品、饲料的抗氧化剂，不仅性能优良、用途广泛，而且成本较为低廉。自上世纪 50 年代美国孟山都公司（Monsanto）投入工业化生产（商品名“山道喹”）以来，乙氧基喹啉的商业应用已有近 60 年的历史。尽管市场上抗氧化剂种类繁多，如传统的 BHT、昂贵的 BHA 及高效的 TBHQ 等，但是通过对单一品种的饲料抗氧化剂使用效果和价格因素的综合比较发现，乙氧基喹啉由于成本低、抗氧化效果好以及对维生素具有保护作用等特点，至今为止仍然是世界饲料业首选的抗氧化品种。由于乙氧基喹啉需求量巨大，因此对

其合成工艺的进一步研究与开发具有重要的应用价值。

二、技术成熟程度

我们开发了以对氨基苯乙醚和丙酮为原料，通过“拟压反应”制备乙氧基喹啉工艺。目前已经完成小试，原料对氨基苯乙醚转化率接近 100%，远高于目前行业水平（对氨基苯乙醚转化率约 80%），为本课题组开发较为成功的精细化工产品。现正在准备中试，根据工艺特点，在小试基础上，很易实现工业化生产。

三、应用领域及市场前景

乙氧基喹啉性能优良、成本经济。乙氧基喹啉应用非常广泛，涉及多个不同行业，主要用于食品、饲料及医药的抗氧化剂，也可用于橡胶防老化剂，特别是丁苯橡胶。

四、投产条件与预期经济效益

主要原料为对氨基苯乙醚和丙酮，国内市场供应充足。生产过程中三废排放较少，仅产生少量废碱液（1 吨产品仅产生 0.3 吨废水）。对于年产 2000 吨乙氧基喹啉的规模，预计设备投资 300 万元（不包括厂房、公用工程等），年销售额 5600 万元，年利税 1600 万元。作为大宗抗氧化剂，市场前景非常广阔。

五、合作方式

技术转让

成果三：叔丁基对苯二酚（TBHQ）生产技术

一、项目简介

食品添加剂抗氧化剂通常分为水溶性和油溶性两大类，而在油溶性抗氧化剂中，叔丁基对苯二酚（TBHQ）是目前性能最优良的酚类抗氧化剂之一，是一种用途广泛的食用油脂抗氧化剂，在油脂中 TBHQ 的抗氧化能力在该类抗氧化剂中最强，与 BHA 和 BHT 这两种抗氧化剂相比，其抗氧化功效可高出一倍以上，在植物油和动物油中都可显出极高的功效，而且具有添加于任何油脂均无异味、异臭，安全性好，抗氧化性能高，油溶性优良等诸多优点，同时还能有效的抑制细菌、霉菌的生长，对黄曲霉等危害人体健康的霉菌也有很好的抑制作用。其安全性由 FAO/WHO 评价属 A 类，也是美国 FDA 认可的添加剂。目前已有 20 多个国家和地区允许使用叔丁基对苯二酚作为抗氧化剂，我国也已批准其使用，同时已被我国定为重点开发利用的油脂抗氧化剂品种。因此，对其合成工艺的进一步研究与开发具有重要的应用价值。

二、技术成熟程度

我们开发了以对苯二酚和叔丁醇为原料，磷酸为催化剂，二甲苯为溶剂制备 TBHQ 的合成工艺，目前已完成实验室小试，效果良好，产品收率接近 70%，纯度 99% 以上。现正在准备中试，根据工艺特点，在小试基础上，很易实现工业化生产。

三、应用领域及市场前景

主要用于食品、饲料及医药的抗氧化剂，此外，TBHQ 还可用作有机合成中间体及橡胶、塑料、感光剂、化妆品等化工产品的添加剂，也可以合成另一重要的食品抗氧化剂 BHA。

四、投产条件与预期经济效益

主要原料为对苯二酚和叔丁醇，国内市场供应充足。生产过程中三废排放较少。对于年产 200 吨叔丁基对苯二酚的规模，预计设备投资 150 万元（不包括厂房、公用工程等），年销售额 3000 万元，年利税 1000 万元。

五、合作方式：

技术转让

成果四：绿色表面活性剂烷基糖苷（APG）生产技术

一、项目简介

烷基糖苷（APG）是新一代环境友好绿色表面活性剂，其生产所需原料是可再生的自然资源淀粉（或葡萄糖）和脂肪醇。APG 虽属于非离子型表面活性剂，但还同时具有阴离子表面活性剂的特征，与其它种类的表面活性剂复配使用时增效作用十分明显，是最优秀的一类新型表面活性剂之一。APG 具有优良的表面活性、去污力强、复配性能极佳、无毒、无刺激、生物降解迅速完全和对环境无害等优点，甚至可以作为食品添加剂使用。在国外广泛应用于洗发香波、浴液、化妆品、餐具洗涤剂、工业清洗剂及工业乳化剂等领域，是一种符合人体安全和环境保护要求的新型绿色表面活性剂。目前 APG 的合成主要以葡萄糖和脂肪醇为原料通过直接苷化法制取，但是以淀粉为原料的转糖苷化法制备 APG 具有原料价廉的明显优势，本项目采用转糖苷化法合成烷基糖苷。

二、技术成熟程度

我们开发了以淀粉和脂肪醇为原料通过转糖苷化法合成烷基糖苷的方法，该方法原料易得，操作简单，成本较低，产品性能优异。目前已完成实验室小试，效果良好。

三、应用领域及市场前景

广泛应用于洗发香波、浴液、化妆品、餐具洗涤剂、工业清洗剂及工业乳化剂等领域。

四、投产条件与预期经济效益

主要原料为淀粉和脂肪醇，国内市场供应充足。生产过程中三废排放较少。对于年产 1000 吨（固含量 90%以上）烷基糖苷的规模，预计设备投资 250 万元（不包括厂房、公用工程等），年销售额 3000 万元，年利税 1000 万元。

五、合作方式

技术转让

成果五：4-羟基香豆素生产技术

一、项目简介

4-羟基香豆素是目前香料市场中用量最大的合成香料之一，主要用于橡胶、塑料制品的增香剂以及香水、香皂和化妆品等的定香剂。同时，因其衍生物具有抗菌、抗艾滋病、抗肿瘤、抗氧化、抗凝血、降压、降糖等生理学性质，因此也是一类重要的精细化工中间体。目前合成 4-羟基香豆素主要有以下几种方法：(1)

以苯酚和丙二酸酯或丙二酸为原料合成法；（2）乙酰水杨酸甲酯环化合成法；（3）以邻羟基苯乙酮和碳酸二甲酯或碳酸二乙酯为原料合成法（使用价格昂贵且使用较危险的钠或氢化钠为缩合剂）。这几种合成方法各具特色，但都存在明显的不足与缺点，如原料价格较昂贵、污染环境严重、合成工艺复杂及产物收率低等，因此急需开发一种生产成本低、环境友好、工艺简单的新方法。

二、技术成熟程度

鉴于目前 4-羟基香豆素合成工艺中存在的若干缺陷，我们开发了以邻羟基苯乙酮和碳酸二甲酯（或碳酸二乙酯）为原料合成 4-羟基香豆素的新工艺。该工艺最大的优势为采用碳酸二甲酯或碳酸二乙酯为绿色酰化试剂，是目前报道的几种方法中最为清洁的生产工艺。此外，本项目所开发的合成工艺通过向反应体系中添加相转移催化剂（聚乙二醇-400）对该方法进行了改进，改进后的方法以价廉且使用安全的甲醇钠为缩合剂，而且简化了合成工艺，开发了一条适合工业化生产绿色合成工艺。

三、应用领域及市场前景

作为用量最大的合成香料之一，主要用于橡胶、塑料制品的增香剂以及香水、香皂和化妆品等的定香剂。同时，也是一类重要的精细化工中间体，用于医药、农药、染料等精细化工产品制备。

四、投产条件与预期经济效益

主要原料为邻羟基苯乙酮和碳酸二甲酯（或碳酸二乙酯），两种主原料国内市场供应充足。生产过程中三废排放较少，仅产生少量废酸。对于年产 150 吨 4-羟基香豆素的规模，预计设备投资 150 万元（不包括厂房、公用工程等），年销售额 3000 万元，年利税 1000 万元。

五、合作方式

技术转让

成果六： γ -烷基-丁内酯(椰子醛、桃醛)

一、项目简介

内酯是一类重要的有机化合物和精细化工中间体，在香精香料工业及医药合成领域具有重要而广阔的应用发展前景。与 δ -内酯相比， γ -内酯无论在香气质量还是市场前景方面都有着明显优势。目前比较具有实用价值的 γ -烷基-丁内酯包括： γ -己内酯、 γ -庚内酯、 γ -辛内酯、 γ -壬内酯（椰子醛）、 γ -癸内酯、 γ -十一内酯（桃醛）以及 γ -十二内酯。

目前，市场上的 γ -烷基-丁内酯香料主要源于化学合成。 γ -烷基-丁内酯的化学合成有多种方法，较为传统的方法包括以下 4 种：1. 羧基酸与硫酸共热脱水制备 γ -烷基-丁内酯；2. 以 α -烯烃与醋酸为原料，铈、钒等高价醋酸盐或醋酸锰（+3 价）作氧化剂制备 γ -烷基-丁内酯；3. 以 β, γ -烯酸为原料通过酸催化环化反应合成 γ -烷基-丁内酯；4. 以长链脂肪醛和丙二酸为原料先合成中间体 α, β -烯酸，然后通过酸催化环化反应合成 γ -不饱和内酯等。上述传统的合成方法和工艺主要的不足和缺点为成本高、收率低、三废大，本项目开发了一种成本低廉的清洁生产工艺合成 γ -烷基-丁内酯。

二、技术成熟度

我们开发了以长链脂肪醇和丙烯酸为原料通过自由基加成反应合成 γ -烷基-

丁内酯的方法，该方法原料易得，操作简单，成本低廉，可以较高的收率合成目标产物。目前已经完成实验室小试，现正在准备中试。与该项目相关生产工艺的发明专利已提交申请，正在审批过程中。

三、应用领域及市场前景

广泛用于配制食用香精和日用香精，并用作合成香料、药物和农药的中间体以及聚合物和共聚物用溶剂等。

四、投产条件和预期经济效益

主要原料为长链脂肪醇和丙烯酸，国内市场供应充足。生产过程中三废排放较少。对于年产 200 吨椰子醛+200 吨桃醛的规模，预计设备投资 150 万元（不包括厂房、公用工程等），年销售额 2700 万元，年利税 1000 万元。

五、合作方式：

技术转让

联系地址：厦门大学科技处

联系人：蔡启智，梁心悦

电 话：0592-2185633

化学化工学院 王野团队

团队介绍

	姓名	首席个人简介
首席科学家	王野	研究方向催化化学，主攻碳基能源分子高效催化转化。现任固体表面物理化学国家重点实验室主任。2006年获国家杰出青年基金，2010年获中国催化青年奖。曾任中国化学会催化委员会副主任，现任国际催化协会理事、ACS Catalysis 副主编。
团队成员	张庆红	教授
	李岩云	副教授
	邓卫平	副教授
	康金灿	高级工程师
	谢顺吉	高级工程师
联系人/联系方式	厦门大学科技处 0592-2185633	
首席科学家照片		
		

成果一：合成气直接转化制烯烃、芳烃等大宗化学品

一、项目简介

低碳烯烃(乙烯、丙烯和丁烯)和芳烃,是化学工业的基石,广泛用于生产塑料、纤维、树脂、橡胶等。当前,低碳烯烃和芳烃主要来自于石油化工路线。发展煤、天然气(包括页岩气)乃至生物质等碳资源经合成气转化制烯烃、芳烃的新过程具有重要战略意义,且市场前景广阔。

合成气转化制烯烃、芳烃是近年国内外 C1 化学和煤化工领域的研究热点。当前主要通过费托合成过程的直接路线或结合合成气制甲醇和甲醇转化制烯烃、芳烃的间接路线实现。费托合成的直接路线是合成气转化的经典技术,但因产物选择性低,面临严峻挑战。而间接路线能耗高,水耗大,环境问题突出。因此,亟需开拓和发展突破该传统方法和技术的合成气高效、高选择性转化的新方法和新技术,实现碳资源的高效转化利用。

二、前期研究基础

研究团队长期致力于合成气催化转化方向的研究,在国际上率先提出通过反应耦合调控产物选择性的研究新策略,相关研究取得系列重要进展。成功研制金属纳米粒子与多级孔沸石分子筛组成的双功能催化剂,通过调控合成气转化过程中高碳烃产物的 C-C 键选择性裂解或氢解反应,实现合成气一步高选择性转化制汽油、柴油等清洁液体燃料,产物选择性打破了传统 Anderson-Schulz-Flory (ASF)分布的限制。研究成果在 *Angew. Chem. Int. Ed.* (2009, 48, 2565; 2011, 50, 5200; 2015, 54, 4553)、*ACS Catal.* (2012, 2, 441)和 *Chem. Eur. J.* (2015, 21, 1928)等国际重要刊物发表系列研究论文,并受邀在国内外重要学术会议多次作大会特邀报告或主题报告。

三、应用技术成果

研究团队提出的合成气直接转化制烯烃、芳烃的新路线,从理论和技术上不仅实现了过程强化,且目标产物选择性高、催化剂稳定,极具产业化前景,备受企业关注。经多方交流,研究团队于 2016 年底与国内煤炭龙头企业陕西煤业化工集团签订了合作协议(合同经费 1272 万),双方共同推动该原创性成果的产业化。经研究团队的联合攻关,完成了催化剂定型、催化剂寿命验证和催化剂放大制备等技术开发,各项性能均达到了指标要求。项目拟进一步开展工业中试试验,力争在 3-4 年内完成合成气制烯烃、芳烃的中试,并编制软件包,以推进项目尽快工业化。



企业合作 放大催化剂

四、合作企业

项目合作企业为陕西煤业化工集团有限责任公司化工技术研究院,该集团公司是陕西省属特大型能源化工企业,也是陕西省能源化工产业的骨干企业和煤炭大基地开发建设的主体。公司以煤炭开采和煤化工为两大主业,资产总额 4700 亿元,2017 年营业收入 2600 亿元,位列 2017 年世界 500 强企业第 337 位。陕西煤业化工集团长期致力于煤炭的综合利用和清洁高效转化,设有“煤炭绿色安全高效开采国家地方联合共建工程中心”和“国家能源煤炭分质清洁转化重点实验室”2 个国家级科研平台,已累计投入资金 180 多亿元,用于科技成果孵化和转化,大量的科技成果已实现产业化。

成果二：二氧化碳直接加氢制低碳烯烃

一、项目简介

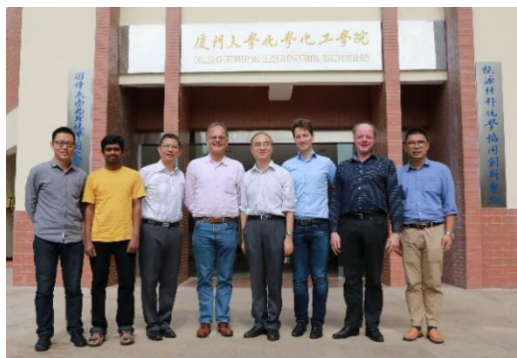
近年来随着 CO₂ 排放量的急剧增加,CO₂ 作为碳资源利用的研究已引起全球范围内的广泛关注。将 CO₂ 直接转化为清洁燃料和化学品,不仅可实现碳减排,还可以实现 CO₂ 资源化利用,具有重要意义。另一方面,制氢技术的快速发展为 CO₂ 加氢制备低碳烯烃的过程提供了可能性。然而 CO₂ 选择性转化的难点在于,CO₂ 分子热力学稳定且难以活化。以往针对 CO₂ 加氢的研究主要集中在改性费托合成催化剂以及铜基甲醇合成催化剂,但低碳烯烃选择性均不高。因此,急需发展高效活化和选择性转化 CO₂ 的新催化剂体系。

二、前期研究基础

CO₂ 等 C1 分子活化和转化的关键在于设计和构筑高效催化剂。研究团队前期围绕 CO₂ 加氢催化剂体系开展了系列研究,研制了负载型和非负载型金属 Fe 催化剂,并探究了助剂的影响,形成对 CO₂ 加氢反应选择性调控的初步认识。

三、应用技术成果

以上研究成果为 CO₂ 综合利用拓展了新的思路,同时也为低碳烯烃、芳香烃及其它高值化学品的合成开辟了新的路径。研究成果受到企业的关注。研究团队于 2017 年与国际石油巨头壳牌(Shell)公司签署了合作协议,双方将展开合作,重点围绕双功能催化剂优化、反应工艺研究、催化反应机理及催化剂放大等进行深入研究。目前已完成催化剂配方的初步定型,将继续围绕上述计划开展深入、细致的研究,最终建立 CO₂ 转化的催化新体系,并形成 CO₂ 活化和 C-C 偶联过程的认识。此外,双方也有意向围绕 CO₂ 加氢高选择性制芳烃展开进一步的合作。



与 Shell (壳牌) 合作

四、合作企业

荷兰皇家壳牌集团(Shell), 是目前世界第一大石油公司, 多次位列《财富》世界 500 强第一。壳牌是国际上主要的石油、天然气和石油化工的生产商, 其油、气产量分别占世界总产量的 3% 和 3.5%, 也是全球最大的汽车燃油和润滑油零售商。壳牌的业务十分广泛, 包括石油天然气的勘探开采, 石油产品和化工产品的生产营销, 煤炭及天然气的生产、加工、营销、发电业务, 以及可再生能源。壳牌将不断提供石油和天然气等能源, 促进对能源和自然资源的更高效、可持续的利用。

成果三：低碳烷烃选择氧化制低碳烯烃

一、项目简介

随着世界范围内富含甲烷的页岩气、天然气水合物等的大规模开采, 以储量相对丰富和价格低廉的甲烷替代石油生产液体燃料和基础化学品成为研究热点, 且备受产业界关注。除主组分甲烷外, 页岩气中还包含大量乙烷、丙烷等轻质烷烃资源, 将这些储量丰富的碳资源直接转化为烯烃和芳烃等基础化学品, 有望革新以原油为基础的化学工业。

然而, 具有四面体对称性的甲烷分子是自然界中最稳定的有机小分子, 其选择活化和定向转化是科学上面临的主要挑战之一, 被誉为是催化, 乃至化学领域的“圣杯”。迄今为主, 天然气的转化利用还停留在传统的“二步法”, 投资高、能耗大, 总碳利用率低。与“二步法”的间接路线相比, 甲烷的直接转化彻底摒弃了高耗能的合成气制备过程, 大大缩短了工艺路线, 节约了成本, 且提高了碳原子利用率。因此, 针对甲烷的直接转化又掀起一场研究热潮。

二、前期研究基础

研究团队长期致力于低碳烷烃选择氧化的研究, 系统发展了一系列小分子烷烃(甲烷, 乙烷, 丙烷)的选择性氧化催化体系, 构筑了各类新型纳米限域结构催化材料、纳米界面结构催化材料。如: 在高分散 Cu、Fe 催化剂上, 实现甲烷选择氧化制甲醇、甲醛; MoO_x/SBA-15 等催化剂上乙烷选择性氧化制备甲醛/乙醛; NiO 与多金属氧酸盐(POM)纳米复合催化剂上, 实现丙烷低温氧化脱氢高选择性制丙烯等。并在活性位本质认知、原位、动态表征和构-效关系等基础科学方面取得显著成果。发表 Chem. Soc. Rev. (2014, 43, 3480)、J. Catal. (2007, 250, 365)、J. Catal. (2007, 247, 245)、J. Phys. Chem. C (2008, 112, 13700)、J. Phys. Chem. C (2007, 111, 2044)等系列研究论文。

三、应用技术成果

低碳烷烃选择转化制低碳烯烃的研究成果, 显示出潜在的应用前景。目前已获 2 项发明专利授权。研究团队进一步与中国石油化工股份有限公司上海石油化工研究院合作, 签署了 2 项合作协议, 分别开展甲烷催化选择转化和乙烷选择氧化-烷基化制乙苯的研究。第一个项目将开展温和条件下甲烷的催化氧化研究, 同时也将发展电催化方法用于甲烷的转化。第二个项目从乙烷出发, 经氯氧化高选择性得到乙烯中间体, 乙烯进一步在双功能催化剂上与苯烷基化制得乙苯, 即通过耦合乙烷氯氧化、乙烯与苯烷基化的催化体系, 实现乙烷直接制乙苯。目前

已研制了金属氧化物/沸石分子筛双功能催化剂，打通了乙烷制乙苯的反应路线。项目拟进一步开展催化剂和反应过程放大研究。

四、合作企业

上海石油化工研究院，是中国石油化工股份有限公司的直属科研单位，主要研究方向涉及基本有机原料（烯烃、芳烃及其大宗衍生物）、煤/天然气化工、合成材料、油田化学品及精细化工等领域。拥有基本有机原料催化剂国家工程研究中心、绿色化工与工业催化国家重点实验室等国家级研发基地。开发了一系列先进技术，包括甲苯歧化、乙苯/苯乙烯、丙烯腈、精对苯二甲酸、异丙苯、裂解汽油加氢、醋酸乙烯、甲醇制烯烃(MTO/MTP)、煤制乙二醇、煤制天然气等成套技术或催化剂，并成功应用于国内外大中型企业，保持了国际领先或先进水平。

成果四：甲醇光/电催化制乙二醇

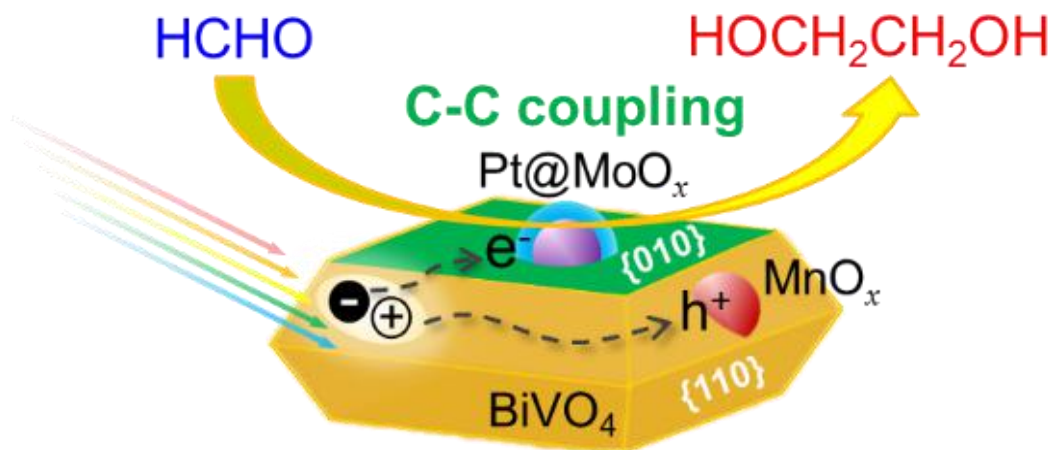
一、项目简介

甲醇经可控 C-C 偶联反应制 C₂ 或多个碳原子的化合物是化学领域极具吸引力和挑战性的反应。当前甲醇 C-C 偶联反应主要限于羰基化反应和脱水偶联制烯烃或芳烃，即 MTO 或 MTA 过程，其特点是很难以高选择性地获得特定产物。保留甲醇分子 C-OH 键而选择性地活化其 C-H 键，生成乙二醇，被公认为化学领域最具挑战性的反应之一。

作为重要的基础化学品，乙二醇(HOCH₂CH₂OH, EG)是 PET 塑料的主要原料，用途广泛。2014 年，全球乙二醇需求量超过 2500 万吨/年，年增长率~5%。中国乙二醇消耗量约占全球总消耗量的一半，然而中国 50%以上的乙二醇依赖进口。当前工业上 90%以上的乙二醇通过石油路线，即乙烯环氧水合路线生产，过程效率不高、能耗大。煤基合成气经草酸二甲酯合成乙二醇的路线工艺流程长，成本高。而甲醇可由煤、天然气、生物质乃至二氧化碳经合成气或直接制备，价廉易得，是重要的 C₁ 平台分子。因此，从甲醇制乙二醇有望为乙二醇合成提供一条全新的原子经济性的非石油路线。

二、前期研究基础

研究团队开发了由甲醇氧化制甲醛、甲醛再还原偶联制乙二醇的两步法合成工艺。通过“银催化法”可以很容易地氧化甲醇制甲醛，是目前甲醛的主要工业合成方法。因此，该两步法制乙二醇的关键在于甲醛的还原偶联制乙二醇。本研究团队开拓了光催化甲醛 C-C 偶联制乙二醇新路线。在可见光催化剂钒酸铋上，率先实现甲醛偶联制乙二醇的高选择性合成(见下图)。进一步通过制备方法的创新，实现了钒酸铋暴露晶面比例的有效调控，并可控地在 {010} 晶面修饰有利于还原半反应的铂-氧化钨核壳结构助催化剂和 {110} 晶面修饰有利于氧化半反应的氧化锰助催化剂，进而显著促进钒酸铋光催化甲醛 C-C 偶联的性能。通过表面结构、晶面和助催化剂的精准调控，揭示了氧化钒、氧化钨等表面物种在促进甲醛 C-C 偶联的关键作用，对 C-C 偶联催化剂的设计制备具有重要借鉴意义。相关研究工作发表于重要催化期刊 *Catalysis Science & Technology* (*Catal. Sci. Technol.* **2016**, *6*, 6485; *Catal. Sci. Technol.* **2017**, *7*, 923)，并获两项授权中国发明专利(ZL201410122413.7; ZL201610053901.6)。

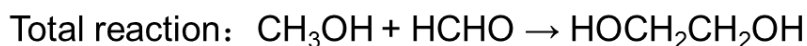
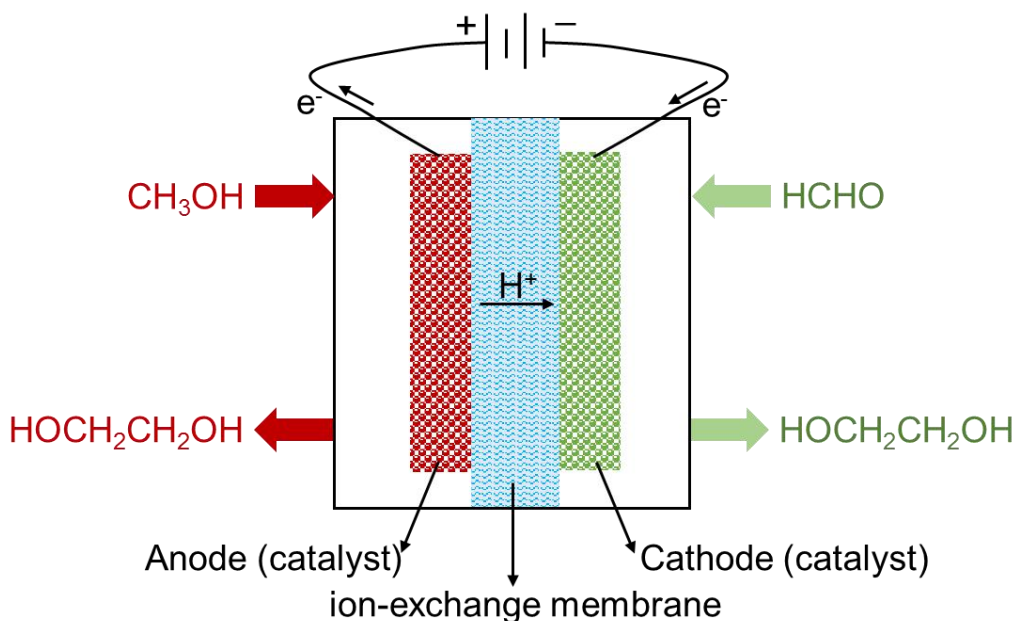


光催化甲醛 C-C 偶联制乙二醇过程示意图

三、应用技术成果

反应工艺优化是进一步实现光催化甲醇制乙二醇技术应用的关键。我们通过设计集反应和分离为一体的反应器，实现反应过程中乙二醇的实时分离，不仅解决了乙二醇过度氧化的问题，同时可直接分离获得高浓度乙二醇产物。在二硫化钼修饰硫化铜催化剂上，经 100 小时的可见光照射，乙二醇选择性维持 90%，收率可达 16%。该甲醇制乙二醇研究成果已申请中国发明专利 (CN201611249732.X)，同时提交国际专利 PCT 申请 (PCT/CN2017/117719)。

电催化反应具有反应条件温和、反应可控性强等优点，且电催化反应装置易模块化和放大，在实际应用中具有明显优势。电催化甲醇/甲醛制乙二醇(见下图)有望实现乙二醇生成技术的变革。研究团队近期发现，在修饰的碳材料上，甲醛可以被高效电催化还原偶联获得乙二醇。经 10 小时的电催化反应，乙二醇的法拉第效率 >80%，收率 >30%。项目拟进一步开展催化剂改进、反应工艺优化、反应过程放大等研究。



电催化甲醇/甲醛制乙二醇过程示意图

四、合作企业

研究团队与山西潞安集团达成了初步合作意向。潞安集团是山西五大煤炭企业之一，是国家重要的优质动力煤和喷吹煤生产基地，是以煤为基、多元发展的能源企业集团。潞安集团拥有控股子公司 169 个(含 1 家上市公司)，拥有职工近 10 万人。2016 年和 2017 年营业收入均超过 1500 亿元，分别位列世界 500 强第 370 位和第 448 位。潞安集团围绕煤炭的清洁高效利用，以科技创新为引擎，以高端产品为标志，以循环园区为载体，走差异化、高端化、规模化、国际化的转型升级之路。聚焦发展优势煤炭基础产业，大力培育以煤基精细化学品为标志的现代高端煤化工产业。

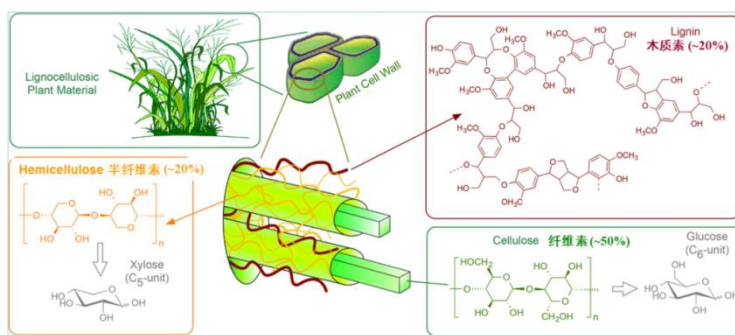
成果五：生物质定向转化制乳酸等重要化学品

一、项目简介

生物质资源是自然界唯一的可再生有机碳资源，是自然界经过亿万年进化而来的具有生命力的生生不息的一种能源形势。我国作为农业大国拥有丰富的生物质资源。比如，我国每年生产的秸秆约 7 亿多吨，除 40% 用作饲料、肥料外，约 60% 尚未被有效的利用。如何处置这些废弃物是一个令人头痛的难题。现代科学研究发现，通过化学催化的方法可以化腐朽为神奇，将这些大自然的馈赠转化为化学品(譬如乳酸等)和燃料，这为此类有机碳资源的合理利用提供了一条有效的解决方案。此外，催化转化生物质还能有效推进清洁能源资源多能互补和规模应用，显著地减少石油等化石资源的消耗，最终有力地促进社会经济的可持续发展。

二、前期研究基础

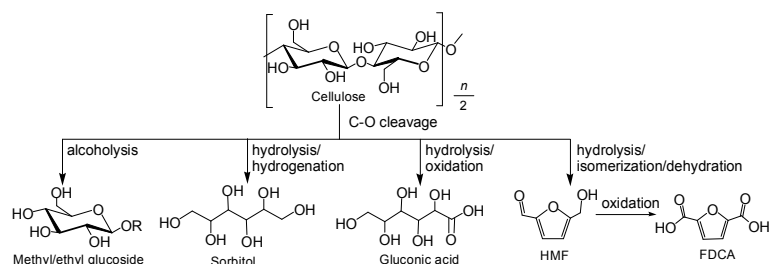
木质纤维素类生物质主要包含纤维素(~50%)、半纤维素(~20%)和木质素(~20%)。从化学结构来看(见右图)，纤维素由六碳的葡萄糖通过 β -1,4-糖苷键链接而成(区别于可食用的淀粉，纤维素中 β 糖苷键化学稳定性更高，无法被人类消化系统降解)；半纤维素由五碳糖分子构成；木质素则是苯丙烷结构单元组成的聚合物。理论上讲，只要选择地切断这些超大分子中特定位置的 C-O 和 C-C 化学键，就能制备乳酸等重要的化学品。如何精准裁剪生物质大分子，其关键是设计和制备一把具有分子尺度的化学剪刀——催化剂。



典型生物质中纤维素、半纤维素和木质素的化学结构

研究团队在国际上较早开展生物质催化转化方面的基础研究，发展了系列可选择性裁剪纤维素等生物质分子 C-O 键的催化剂，制得各类 C₆ 化学品(见下图)。比如，(i) 率先报道在醇类(甲醇或乙醇)介质中纤维素催化转化的新体系；以杂多酸为催化剂高效地切断纤维素 β 糖苷键获得可生物降解的表面活性剂——葡萄糖苷 (*Chem. Commun.* **2010**, *46*, 2668)。(ii) 利用杂多酸盐、碳纳米管和贵金属纳米粒子分别构建了水解-加氢和水解-氧化双功能催化剂，实现纤维素选择性

转化制山梨醇和葡萄糖酸以及纤维素平台化合物 5-羟甲基糠醛 (HMF) 定向转化制呋喃二羧酸 (FDCA) 等重要反应 (*J. Catal.* **2010**, *271*, 22; *Chem. Commun.* **2011**, *47*, 9717; *Chem. Commun.* **2009**, *46*, 7179; *Chem. Eur. J.* **2012**, *18*, 2938; *Dalton Trans.* **2012**, *41*, 9872; *ACS Catal.* **2014**, *4*, 2175; *ChemCatChem* **2015**, *7*, 2853)。(iii) 通过预氧化 α 羟基削弱邻近 C-O 键能这一旁敲侧击的新策略, 以 Pd/CeO₂ 双功能催化剂准确地将木质素模型化合物中的桥连碳氧键切断, 获得苯酚等芳香化合物 (*Green Chem.* **2015**, *17*, 5009)。





选择性剪切纤维素 C-O 键制备各类重要化学品

这些前期基础研究工作丰富了研究团队在生物质化学键活化和转化方面的认识, 为我们在微观尺度下设计裁剪生物质其它化学键 (如 C-C 键) 的分子剪刀催化剂积累了经验。

三、应用技术成果

原生生物质的直接转化制乳酸成本低, 现实意义重大, 但是不言而喻, 也更具挑战性。将过渡金属离子体系用于甘蔗渣、茅草、麸皮等原生生物质的直接转化 (见下表), 同样获得较佳的乳酸收率 (30~60%)。其中, 即使在相对较高的初始底物浓度 (2.5 wt%) 条件下转化麸皮, 乳酸收率可达 >50%。

原生生物质的直接转化制乳酸

原料			
反应条件	原料浓度 0.3 wt%; H ₂ O 30 mL; 金属离子 0.14 mmol; 190 °C; 15 h		
乳酸收率 (%)	40	45	64
反应条件	原料浓度 2.5 wt%; H ₂ O 100 mL; 金属离子 0.14 mmol; 190 °C; 24 h		
乳酸收率 (%)	37	33	52

四、合作企业

无

生物医药领域

公共卫生学院 夏宁邵团队

团队介绍

	姓名	首席个人简介	
首席科学家	夏宁邵	<p>公共卫生学院院长、国家工程中心主任、国重室主任，国家杰青，“万人计划”科技创新领军人才，艾滋病和病毒性肝炎等传染病重大专项总体专家组成员、肝炎组组长，国家科技计划战略咨询与综合评审特邀委员会委员，教育部科技委生物与医学学部委员，全国体外诊断联盟理事长。长期从事生物医学应用基础研究及生物医药转化研究。获国家科技进步二等奖、国家技术发明二等奖等，有46项发明专利103项境内外授权，在N Engl J Med、Lancet等刊物发表论文200余篇，2014-2017年连续四年入选Elsevier医学领域中国高被引学者榜单。入选2016年度《自然·生物技术》全球转化领域TOP20研究者，是大陆首次入选的人员。</p>	
团队成员	张军	教授	副院长
	赵勤俭	教授	副院长
	葛胜祥	教授	系副主任
	李少伟	教授	
	吴婷	教授	
	罗文新	副教授	
	陈毅歆	副教授	
	程通	副教授	
	袁权	副教授	
	郑子峥	副教授	
	顾颖	副教授	
	俞海	副教授	
	闵小平	副教授	
	黄承浩	助理教授	
	苏迎盈	助理教授	
	张东旭		助理教授
	黄守杰		高级实验师
	王颖彬		高级工程师
	李廷栋		工程师
	张师音		工程师
郑清炳		工程师	
方木锦		工程师	
阙玉琼		工程师	

	孔志博		助理工程师
	欧明展		秘书
联系人/联系方式	厦门大学科技处 0592-2185633		
首席照片			
			

成果一：宫颈癌疫苗产业化

一、项目简介

宫颈癌是我国主要恶性肿瘤之一，HPV 疫苗是预防宫颈癌的关键产品。当前国内上市的 HPV 疫苗价格昂贵且供应严重不足，无法在我国广大地区推广。因此，为了打破国外技术和价格垄断，亟需研制出具有自主知识产权的国产宫颈癌疫苗。

本项目开发的国产 HPV16/18 型宫颈癌疫苗与国外上市的真核表达系统相比具有高免疫原性、质量可靠稳定、成本低、产量高、拥有自主知识产权的突出优点。目前已完成 I/II/III 期临床研究，该疫苗的产业化有望打破国外大企业的垄断，提高我国宫颈癌疫苗接种率，有效的预防宫颈癌，并带来显著的社会和经济效益。

二、前期研究基础

利用大肠菌表达系统研制了首个国产重组大肠杆菌 HPV16/18 型双价疫苗，I/II 期临床试验结果显示大肠杆菌表达的 HPV16/18 双价苗具有良好的安全性和高效的免疫原性，III 期临床试验结果表明该疫苗对 HPV 16 和/或 18 相关的高度癌前病变保护率达 100%，对 HPV 16 和/或 18 相关的 6 个月持续性感染保护率达 97.8%，保护率均高于国外同类疫苗临床结果。

三、应用技术成果

重组大肠杆菌 HPV16/18 型双价疫苗已依托厦门万泰沧海生物技术有限公司进行产业化，完成了年产 2000 万剂生产线的建设，并完成了工艺验证工作。已经于 2017 年 11 月提交上市申请，目前正处于技术审评阶段，有望于 2018 年年底上市，成为第一个上市的国产宫颈癌疫苗。



四、合作企业

厦门万泰沧海生物技术有限公司成立于 2005 年 3 月，是北京万泰生物药业股份有限公司在厦门设立的全资子公司。公司现专注于创新疫苗与诊断试剂开发、生产、销售。与厦门大学开展了超过 20 年的长期稳定合作，合作研制的重组戊型肝炎疫苗国家一类创新药物于 2012 年在国内上市，宫颈癌疫苗即将进行产业化，具有很强的科研转化实力。

成果二：重组戊型肝炎疫苗国际化

一、项目简介

戊型肝炎是世界范围内主要的急性肝病之一，尤其是卫生条件落后的东亚、南亚和非洲等发展中国家。目前戊肝缺乏特效治疗药物，本课题组高度原始创新

研发成功的国家一类新药——重组戊型肝炎疫苗，是迄今全球唯一获准上市的戊肝疫苗，但目前仅在中国上市，尚未在其他国家获得注册许可，也无法进行实际应用。故目前戊肝的高度流行区域特别是一带一路上的重点国家民众尚无法享受到我国生物技术领域创新所带来的收益。因此，亟需开展戊肝疫苗国际化研究，使我国戊肝疫苗早日走向世界。

本项目开发的戊肝疫苗具有高免疫原性、质量可靠稳定、成本低、产量高、拥有自主知识产权的突出优点。该疫苗的国际化将对提升我国疫苗产业和国际地位具有重要意义，并将带来疫苗产业的迅速发展，具有重大经济和社会效益。

二、前期研究基础

发现了戊肝病毒的主要中和表位及调控戊肝病毒衣壳蛋白形成病毒样颗粒的关键区域，进而研制出重组戊肝疫苗并顺利完成大规模的Ⅲ期临床试验，证实了该疫苗的安全性及有效性，结果于 2010 年在《Lancet》发表后，引起国内外广泛关注，打破了国际疫苗界“大肠杆菌系统不能用于人用疫苗研发”的固有认识，并建立了全球独有的原核表达类病毒颗粒疫苗技术体系，同时也建立了多维度的戊肝疫苗质量控制和疫苗稳定性研究体系。

三、应用技术成果

重组大肠杆菌戊型肝炎疫苗已依托厦门万泰沧海生物技术有限公司进行产业转化和商业化，已建立了高效的制备工艺、质量控制技术体系和年产量超过 300 万剂的生产线，2012 年在国内上市，目前正积极开展国际化研究。



四、合作企业

厦门万泰沧海生物技术有限公司成立于 2005 年 3 月，是北京万泰生物药业股份有限公司在厦门设立的全资子公司。公司现专注于创新疫苗与诊断试剂开发、生产、销售。与厦门大学开展了超过 20 年的长期稳定合作，合作研制的重组戊型肝炎疫苗国家一类创新药物于 2012 年在国内上市，宫颈癌疫苗即将进行产业化，具有很强的科研转化实力。

成果三：新型水痘减毒活疫苗的产业化

一、项目简介

水痘是由水痘带状疱疹病毒 (VZV) 引起的急性传染病，高发于婴幼儿和学龄前儿童，具有严重的危害性。接种疫苗是控制水痘疫情的有效方法。然而，目前应用的水痘减毒活疫苗株 vOKa 株已被证明存在安全隐患，其仍具有神经感染和潜伏能力，可导致疫苗株相关的带状疱疹。因此亟需研制新一代的更为安全的

水痘疫苗。

本项目应用病毒功能基因组学与反向遗传学技术成功研制出新型水痘减毒活疫苗（VZV-7D），是世界首个皮肤与神经双减毒的水痘活疫苗。目前已获得国家一类新药临床试验批件，即将开展临床试验。该疫苗对于提升儿童水痘疫苗的长期安全性具有重要意义。

二、前期研究基础

应用细菌人工染色体技术建立了高效的 VZV 反向遗传学技术，建立了完整的 VZV 病毒功能基因组学和人源化感染模型技术平台。首个发现 VZV 的 ORF7 是病毒的皮肤和神经组织毒力关键决定因子。敲除 ORF7 基因的 VZV-7D 毒株无法在人皮肤和神经组织中复制，具有高度的安全性，同时依然具有良好的免疫原性。证明了新型减毒株 VZV-7D 具有开发为新一代水痘疫苗的良好潜力。

三、应用技术成果

新型水痘减毒活疫苗 VZV-7D 已依托北京万泰生物药业股份有限公司进行产业化。已建立了高效的制备工艺和质控技术体系，全面完成了临床前研究。2017 年 11 月 6 日获得国家食品药品监督管理局颁发的国家一类新药临床试验批件（2017L04934），批准对 VZV-7D 疫苗进行 I、II、III 期临床试验。目前正在全面进行临床试验准备，即将开展 I 期临床试验研究。



新型水痘减毒活疫苗（VZV-7D）临床试验用苗成品

四、合作企业

本项目合作企业为北京万泰生物药业股份有限公司，隶属于养生堂有限公司，是从事生物诊断试剂与疫苗研发及生产的高新技术企业，是中国最大的免疫诊断试剂以及国家生物高新技术产业化示范工程基地。与厦门大学开展了超过 20 年的长期稳定合作，合作研制了重组戊型肝炎疫苗、宫颈癌疫苗等数个国家一类创新药物，获得数百个诊断试剂证书，具有很强的科研转化实力。

成果四：基于溶瘤病毒的肿瘤治疗性疫苗探索

一、项目简介

癌症是一类严重威胁人类健康和生命的疾病，其发病率和死亡率呈逐年上升的趋势。《JAMA Oncology》杂志公布的 2016 年全球癌症统计数据显示：2016 年全球癌症病例 1720 万，癌症相关死亡病例 890 万。与 2012 年全球癌症统计数据（2012 年全球新发病例约 1410 万，其中死亡病例约 820 万）相比，全球癌症新增病例增加约 21.99%，死亡病例增加约 8.54%。目前针对癌症的传统治疗手

段，如手术、化疗和放疗均存在治疗不彻底、毒副作用大、容易产生耐药性、无法有效控制肿瘤复发和转移等诸多问题，因而无法从根本上彻底治愈肿瘤。近年来发展起来的肿瘤靶向治疗虽然取得了较大的进展，也给临床治疗带来了新的希望。但由于靶向药物治疗仅对特定基因突变的肿瘤发挥作用，且易产生耐药，导致长期的治疗效果不理想，同时由于价格非常昂贵而限制了肿瘤靶向药物的临床应用。因此亟待开发多种新型高效的肿瘤治疗手段。近年来以 PD-1/PDL-1 抑制剂疗法和溶瘤病毒疗法为代表的肿瘤免疫治疗因其具有良好的安全性和显著的肿瘤治疗效果，而已成为当前肿瘤治疗领域最具前景研究方向之一，也是国内外众多制药企业巨头竞相角逐的重要市场。

由于肿瘤细胞进化出逃避宿主免疫监视机制，抗肿瘤免疫治疗的效果仍不理想（PD-1 抑制剂治疗肿瘤的总应答率为 10%-90%，对多数肿瘤适应症应答率约为 30%左右），其疗效不理想的原因主要受限于肿瘤细胞表面 PDL1 的表达水平、T 细胞浸润水平、MSI-微卫星稳定性等因素的影响，因此仍急需开发其他治疗手段以改善免疫治疗的疗效。

溶瘤病毒作为新型的肿瘤治疗类药物具有可在肿瘤细胞中实现快速增殖复制，并裂解肿瘤细胞，释放肿瘤特异性抗原，释放的肿瘤抗原可激发机体自身的抗肿瘤免疫反应等突出优势，已日益受到科学家的关注。溶瘤病毒因其具有基因可操控性、规模化、肿瘤选择性等生物学特征使得溶瘤病毒具备作为个性化疫苗应当具备的条件：①通过病毒的溶瘤作用，可获得丰富的各种来自于个体自身的肿瘤抗原，并且不受抗原亚细胞定位的局限性，而传统的疫苗则需要细胞膜蛋白作为疫苗；②溶瘤病毒瘤内注射病毒可产生局部感染反应，募集大量免疫细胞；③在溶瘤病毒中加载免疫增强因子（GM-CSF 和 PD-1 抗体基因等），可获得高浓度局部免疫因子，增强抗肿瘤免疫反应；④通过对溶瘤病毒进行改造，病毒可选择性在肿瘤中复制，从而特异性溶解肿瘤细胞，直接发挥肿瘤杀伤作用而不伤害正常组织；⑤溶瘤病毒可以大规模生产，并且质量可控性和稳定性良好。目前基于这一原理设计溶瘤病毒 T-VEC 获得美国 FDA 批准上市用于治疗恶性晚期黑色素瘤，为基于溶瘤病毒的肿瘤个性化疫苗的临床应用带来了曙光。

2017 年《Cell》杂志报道了一组溶瘤病毒 T-VEC 联合 PD-1 抑制剂治疗晚期黑色素瘤的 I 期临床数据，其中 62% 的患者达到客观缓解，33% 的患者达到完全缓解，显著提高了 PD-1 抗体的治疗效果。其机制主要是溶瘤病毒 T-VEC 的局部注射可以显著提高肿瘤浸润性 CD8+T 淋巴细胞的数目。2017 年《自然》子刊《Nature Communications》发表了类似的结果：通过局部注射溶瘤病毒到肿瘤中，能将“冷肿瘤”转变为“热肿瘤”，进而使得 PD-1/PDL-1 抑制剂能够显示出更强的抗肿瘤作用。

本项目设计的溶瘤病毒（rHSV-APD1）是基于人 I 型单纯疱疹病毒通过将表达人源 PD-1 单链抗体基因替换两个病毒双拷贝关键基因，同时以 hTert 启动子调控病毒立即早期基因的表达而获得的重组型溶瘤病毒。该重组型溶瘤病毒在 hTert 启动子调控下可选择性地在肿瘤细胞中实现感染和快速复制但在正常细胞中复制较差，同时由于病毒基因组加载了表达人源 PD-1 单链抗体基因，因此病毒在肿瘤细胞中快速复制的同时会表达大量 PD-1 单链抗体从而可进一步提高溶瘤病毒肿瘤治疗效果。

本研究的亮点：

1、本研究设计的重组人 I 型单纯疱疹病毒 rHSV-APD1 是受肿瘤特异性启动子（hTert 启动子）调控的溶瘤病毒，且是在野生型 I 型单纯疱疹病毒 KOS 毒株

基础上敲除了病毒致病基因,确保了病毒在异常增殖的肿瘤细胞内特异性快速复制,而在正常的细胞中则不能复制,大大增强了溶瘤病毒载体的安全性。

2、本研究将 PD-1 抗体介导的免疫治疗与溶瘤病毒介导的溶瘤效应有效结合起来,制备了一种可高效表达 PD-1 单链抗体基因的溶瘤型重组人 I 型单纯疱疹病毒 rHSV-APD1: 在溶瘤病毒发挥溶瘤效应裂解肿瘤细胞的同时,大量表达 PD1 单链抗体,抑制 T 细胞表面 PD-1 与肿瘤细胞或抗原递呈细胞表面 PDL-1 的相互作用,进而激活 T 细胞免疫应答,发挥双重的抗肿瘤效果。相对于单纯的免疫疗法或者病毒疗法增强了其对恶性肿瘤的疗效。

二、前期研究基础

1. 本项目通过采用 CRISPR/Cas-9 基因编辑技术,以人 I 型单纯疱疹病毒 (HSV-1) 为病毒载体将表达人源 PD-1 单链抗体的基因替换两个病毒双拷贝关键基因,同时以 hTert 启动子调控病毒立即早期基因的表达而获得了加载人源 PD-1 单链抗体基因的重组人 I 型单纯疱疹病毒型溶瘤病毒 (rHSV-APD1)。

2. 本课题组通过对病毒感染、培养条件的细致摸索,已建立了溶瘤病毒 rHSV-APD1 体外生产、病毒滴度测定及病毒纯化等技术平台

3. 本课题组建立了溶瘤病毒 rHSV-APD1 体内(血象分析、生化分析、神经毒性评估)和体外(在正常组织来源的正常细胞和肿瘤细胞中的复制与杀伤效果评估)安全性评估系统,并初步证实 rHSV-APD1 具有良好的安全性(在评价的剂量内对小鼠血象和生化指标无显著性影响、对小鼠无明显的神经毒性;体外对正常细胞基本无杀伤,可显著性杀伤肿瘤细胞)

4. 本课题组建立了溶瘤病毒 rHSV-APD1 体内(在免疫缺陷鼠和免疫健全鼠模型上建立皮下移植瘤模型、原位肿瘤模型及原发性肿瘤模型)和体外(高通量的肿瘤细胞杀伤效果评估系统)溶瘤病毒疗效评估系统,结果显示 rHSV-APD1 具有显著的肿瘤治疗效果(病毒感染复数为 1 时,体外对 10 余种组织来源的数十种肿瘤细胞的杀伤率均大于 60%以上;3 针 1×10^7 pfu 病毒治疗可完全清除免疫健全小鼠皮下移植的鼠肝癌、鼠肾癌、鼠淋巴瘤等,可显著抑制免疫缺陷鼠皮下移植的人源乳腺癌、结直肠癌、宫颈癌、肝癌、非小细胞肺癌、鼻咽癌、脑癌等肿瘤的生长)。

5. 本课题组建立了溶瘤病毒 rHSV-APD1 体内和体外肿瘤治疗机制研究平台,结果显示溶瘤病毒 rHSV-APD1 在体外可以通过直接裂解肿瘤细胞和通过抑制肿瘤细胞周期进程诱导肿瘤细胞凋亡等途径杀伤肿瘤细胞;瘤内注射溶瘤病毒 rHSV-APD1 时,一方面病毒可以直接裂解肿瘤细胞,释放的肿瘤抗原可以募集大量的免疫细胞浸润进而诱导机体产生肿瘤特异性细胞免疫和体液免疫反应;另一方面溶瘤病毒 rHSV-APD1 在肿瘤组织中快速复制时在肿瘤组织局部能产生大量的 PD-1 单链抗体可以显著的协同促进溶瘤病毒治疗肿瘤的效果。

三、应用技术成果

本研究通过采用 CRISPR/Cas-9 基因编辑技术,以人 I 型单纯疱疹病毒 (HSV-1) 为病毒载体将表达人源 PD-1 单链抗体的基因替换病毒双拷贝 ICP0 和 ICP34.5 基因,同时以 hTert 启动子调控病毒 ICP27 基因的表达而获得了加载人源 PD-1 单链抗体基因的重组人 I 型单纯疱疹病毒型溶瘤病毒 (rHSV-APD1),具有完全的自主知识产权,已于 2015 年底交付北京万泰生物药业股份有限公司。目前公司已经相继完成了病毒生产用细胞库的检定及保存,溶瘤病毒毒种批的生产、检定及保存等、溶瘤病毒生产中试工艺开发及质量控制研究、临床前动物安全性评价等临床前研究工作,并取得了突破性进展,目前正在整理临床报批资料,

计划今年 8 月份向 CFDA 递交申报临床批文的资料，预计明年进入临床研究。

四、合作企业

本项目合作企业为北京万泰生物药业股份有限公司，隶属于养生堂有限公司，是从事生物诊断试剂与疫苗研发及生产的高新技术企业，是中国最大的免疫诊断试剂以及国家生物高新技术产业化示范工程基地。与厦门大学开展了超过 20 年的长期稳定合作，合作研制了重组戊型肝炎疫苗、宫颈癌疫苗等数个国家一类创新药物，获得数百个诊断试剂证书，具有很强的科研转化实力。

成果五：治疗性乙肝疫苗的探索

一、项目简介

我国有 9000 万的慢性乙肝病人，但目前仍缺乏有效的治愈手段。该疫苗预期可将现有乙肝治愈率从<5%提高到>25%，有望成为显著提高乙肝临床治愈率的创新药物。

二、前期研究基础

团队筛选到一株独特的乙肝单抗并由此发现了能持久抑制病毒并促进免疫耐受逆转的关键靶点（Gut 2016; 65:658-671），法国学者发表评论称“基于识别这一独特表位的抗体的免疫治疗，代表了慢乙肝治疗的一条充满希望的通衢大道”（Gut 2016; 65:546-7）。该靶点目前已申请了中国、美国、欧洲、日本、巴西、澳大利亚、韩国、香港等 11 个国家/地区的发明专利并已获得美国和澳大利亚授权。基于该抗体识别的表位，通过抗体反向疫苗手段，为治疗性乙肝疫苗的研发奠定了基础。

三、应用技术成果

1、对疫苗载体进行筛选中获得了具有免疫增强作用的创新性的 VLP 样表位展示载体，相关技术已经申请发明专利。相关专利申请号分别为：PCT/CN2016/096481, 201710085194.3

2、基于该原创靶点研发的具有完全自主知识产权的乙肝治疗性疫苗已在国内申请临床并获得受理（受理号 CXSL1700177 闽）。

四、合作企业

厦门万泰沧海生物技术有限公司成立于 2005 年 3 月，是北京万泰生物药业股份有限公司在厦门设立的全资子公司。公司现专注于创新疫苗与诊断试剂开发、生产、销售。与厦门大学开展了超过 20 年的长期稳定合作，合作研制的重组戊型肝炎疫苗国家一类创新药物于 2012 年在国内上市，宫颈癌疫苗即将进行产业化，具有很强的科研转化实力。

医学院 刘祖国团队

团队介绍

	姓名	首席个人简介	
首席科学家	刘祖国	国际著名的眼科专家、教育部“长江学者”特聘教授、国家杰出青年基金获得者、三次获国家科技进步二等奖。亚洲干眼学会候任主席、亚洲角膜病学会理事。在眼组织工程领域进行了长期系统的临床和基础研究工作，是我国眼表疾病学科的创建人。	
团队成员	马建兴	教授，博士生导师	美国俄克拉荷马大学健康科学中心终身教授、系主任，查尔森和 EyeCRO 公司总裁
	邱彦	教授，硕士生导师	无
	周跃平	教授，硕士生导师	无
	陈倩	副教授	无
	吴漾	博士生	无
	林祥	博士生	无
	唐丽颖	博士生	无
	杨怡然	博士生	无
	吴洁丽	博士生	无
	欧阳维杰	硕士生	无
联系人/联系方式	厦门大学科技处 0592-2185633		
首席照片			
			

成果：眼科新药研究开发平台

一、项目简介

我国眼科患者群体庞大，但目前眼科药物较局限，且我国自主创新研发的药物甚少。本项目平台涵盖眼表疾病、眼底病等多项眼科常见病的新药研究开发，技术覆盖从药物筛选、药物研发一直到临床试验的各项环节。本项目为眼科药物治疗提供更多安全、有效、稳定的新药，对于我国的生物医药产业创新驱动发展战略具有重要意义。

二、前期研究基础

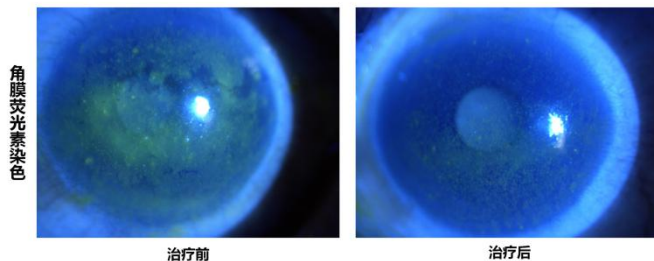
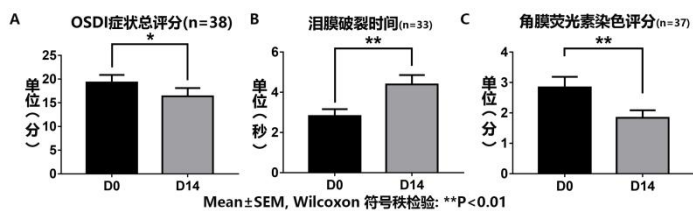
厦门大学眼科新药研发平台依托于厦门大学眼科研究所、福建省眼科与视觉科学重点实验室，拥有化学、制剂、药物筛选、评价以及临床转化等系列子平台，研究方向聚焦临床重大需求，包括干眼症、角膜组织工程、年龄相关黄斑变性及糖尿病视网膜病变等。近5年获得30余项科研项目支撑，总研究经费达4000万元，获国家科技进步二等奖、福建省科技一等奖等荣誉，发表SCI论文140余篇，获得授权发明专利10项。

平台涵盖从基础研究到临床转化应用的各项关键研究条件，形成多学科交叉、上下游结合的创新药物转化链，目前已有多个项目处于临床或临床前研究阶段。

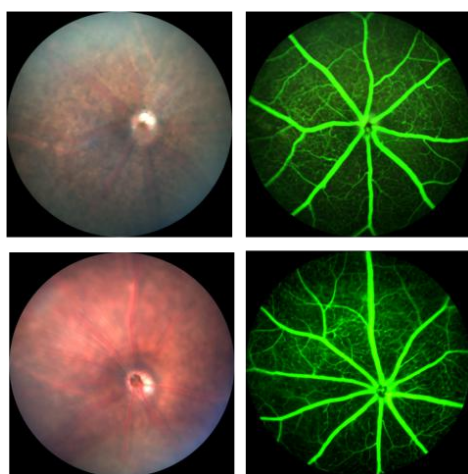
三、应用技术成果

目前在研项目包括

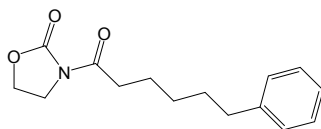
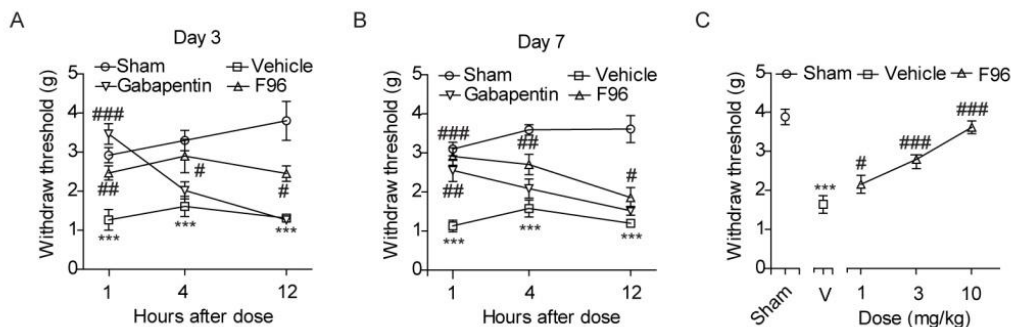
在研项目	化药分类	适应症	研发进展	市场竞争
L001 滴眼液	2.2类	干眼症	临床I期	独家在研
CLT-021 微乳滴眼液	2类	糖尿病性视网膜病变，AMD	临床I期	合作在研
F96 眼用制剂	1类	眼表炎症、疼痛	临床前	独家在研
L002 滴眼液	3类	干眼症	临床前	独家在研



2.2 类新药 L001 滴眼液治疗干眼症的临床研究
 临床 38 例干眼患者病例统计显示：L001 可有效减轻干眼症状及体征，优于其他人工泪液。



2 类新药 CLT-021 为目前临床广泛使用的小分子口服药物，制备为微乳滴眼液可有效递送 CLT-021 至视网膜，治疗糖尿病性视网膜病变，并可有效避免



新型 NAAA 抑制剂 F96 为具有自主知识产权的小分子化合物，具有良好的抑制眼表炎症、免疫作用，目前作为 1 类新药已完成大部分临床前研究。

四、合作企业

美国查尔森有限公司由马建兴教授创办于 2003 年，主要研发治疗糖尿病性视网膜病变和年龄相关性黄斑变性等眼科疾病的眼科新药，研制纳米乳滴眼液、

微乳滴眼液和载药纳米颗粒等眼科用药新型制剂，获美国联邦和州机构 1600 万美元资助，开展 10 多项眼科新药项目。

美国 EyeCRO 有限公司是查尔森全资附属公司，创办于 2005 年，主要提供眼科新药临床前研究服务，如制剂、药效、药代和毒理学研究，是全球领先的眼科新药研发合同研究组织（CRO）

苏州查尔森医药有限公司与中国科学院上海药物研究所合作于 2015 年创办，专注眼科新药研发和专业技术平台建设。

医学院 李炜团队

团队介绍

	姓名	团队负责人简介
团队负责人	李炜	教授，博士生导师，福建省科技创新领军人才，福建省新世纪优秀人才，厦门市双百人才。先后承担 10 余项国家级科研项目，所领导的团队致力于泪液与眼表面疾病的发病机理与治疗、角膜组织工程、角膜缘干细胞移植的基础与临床等方面的研究。
团队成员	刘祖国	教授
团队成员	李程	副教授
团队成员	张丽颖	博士生
团队成员	瞿杨洛娃	博士生
团队成员	欧尚坤	博士生
团队成员	何昕	博士生
团队成员	何卉	助理实验师
联系人/联系方式	厦门大学科技处 0592-2185633	
团队负责人照片		
		

成果：组织工程角膜上皮的基础研究和临床应用

一、项目简介

组织工程角膜上皮构建技术是现代组织工程领域的前沿技术。厦门大学“组织工程角膜上皮的基础研究和临床应用”项目组在 973 计划项目等国家级基金资助下，历时 10 余年，针对组织工程角膜上皮构建技术开展了系统的基础研究，发现了角膜上皮干细胞体内以及体外扩增的多种调控因子；优化了组织工程角膜上皮构建系统，制备了高效的组织工程角膜上皮生物反应器；构建了多种羊膜来源的细胞载体，开发了多种新的滋养层细胞，显著提高了组织工程角膜上皮的质量和功能。该项目在国内首次注册基于羊膜载体组织工程角膜上皮的临床实验，率先开展自体细胞来源的组织工程角膜上皮移植术，应用于严重角膜上皮干细胞缺乏患者的治疗，获得了良好的临床效果。该项目的开展，填补了我国眼科临床组织工程角膜上皮移植的多项空白，为大量角膜上皮干细胞缺乏患者带来了光明的希望，取得了显著的社会效益。

该项目自开展以来在国际杂志发表论文 28 篇，主要论文已被 SCI 收录论文引用 800 余次；主持编写或者参编专著或教材 8 本，申请 5 项中国发明专利，并在高水平国际学术会议进行大会报告和专题讲座 70 余次。项目负责人获得了运盛青年科技奖、紫金科技创新奖、中华眼科学会奖、华夏医学科技奖、福建省杰出青年基金、厦门市重点人才、福建省科技创新领军人才、福建省新世纪优秀人才等奖励和人才项目。2017 年，“组织工程角膜上皮的产业化”项目获得厦门市“双百计划”A 类项目支持，项目负责人入选领军型创业人才和海外高层次人才。

二、技术成熟度

本项目的技术具有很强的系统性，涉及到生物材料、细胞培养技术、手术技术等多个领域，技术整体成熟度高，构建的组织工程角膜上皮已进入临床实验阶段，可以进行大规模临床应用推广。

三、应用范围

组织工程角膜上皮移植技术用于 Stevens-Johnson 综合征、严重眼表化学伤、热烧伤、瘢痕性类天疱疮等疾病引起的角膜上皮干细胞缺乏。

四、投产条件和预期经济效益

项目投产需要建设 GMP 标准厂房 400m²，购置组织工程相关设备，预计总投资 2000 万元。投产后年销售额 2500 万元。

五、合作方式

技术转让或风险投资，具体合作方式可商议。

药学院 张晓坤团队

团队介绍

其他	姓名	团队负责人简介
千人计划、长江学者	张晓坤	张晓坤，博士，教授，厦门大学药学院院长，中组部首批“千人计划”、教育部“长江学者”入选者。张晓坤教授长期从事核受体相关药物研究开发工作，在《Cell》、《Nature》、《Science》等顶级期刊发表 100 余篇重要论文。
团队成员	周虎	教授
	陈全成	副教授
	王光辉	副教授
	李明玉	副教授
	蒋福全	高级工程师
	徐阳	助理授
	曾志平	助理教授
	刘婕	助理教授
	谢静静	助理教授
联系人/联系方式	厦门大学科技处 0592-2185633	
团队负责人照片 		

成果一：海洋来源化合物 YXY211 抗三阴性乳腺癌临床前研究

一、项目简介

乳腺癌是女性健康的“头号杀手”。最新调查数据显示，平均每 3 分钟世界上就有一位妇女被诊断为乳腺癌，我国女性乳腺癌的发病率和死亡率也是逐年上升，目前已位居女性恶性肿瘤发病率之首。其中，雌激素受体（ER）、孕激素受体（PR）和原癌基因 Her-2 均为阴性的三阴性乳腺癌（TNBC），是一种高危型乳腺癌，具有独特的临床病理和分子特征，转移性强、患者预后较差，其对内分泌治疗不敏感，尚无有效治疗药物。课题组新发现孤儿核受体 Nur77 在三阴性乳腺癌中具有重要的作用，是一个治疗三阴性乳腺癌药物开发的靶点。项目组筛选以核受体 Nur77 为靶点的海洋天然产物库，通过改造合成得到靶向 Nur77 抑制三阴性乳腺癌化合物 YXY211。该化合物研发成功将为广大三阴性乳腺癌患者带来更为有效和安全的治疗药物，大大提高患者的生存率和健康水平。

二、技术成熟度

张晓坤教授领衔的海洋创新药物研发团队以及其他国际上的研究团队均发现，Nur77 在乳腺癌特别是三阴性乳腺癌中高表达，促进三阴性乳腺癌发生发展的重要癌蛋白，是一个治疗三阴性乳腺癌药物开发的靶点。项目组筛选以核受体 Nur77 为靶点的海洋天然产物库，在一个来源于海藻的天然产物库（Seaweed metabolite database (SWMD): A database of natural compounds from marine algae.），发现一部分结构主要为三萜类化合物对 Nur77 靶点有较好的结合能力。通过报告基因、表面等离子共振（SPR）、等温热滴定（ITC）等技术进一步筛选，优化合成，得到特异性靶向 Nur77 的海洋萜类化合物衍生物 YXY211。通过大量的前期实验，发现 YXY211 具有显著的抗三阴性乳腺癌作用，且作用机理明确，安全性高，质量稳定，是一极具开发前景的抗三阴性乳腺癌候选化合物。

三、应用范围

抗肿瘤药物，用于肿瘤治疗。

四、投产条件和预期经济效益

具有自主知识产权的一类新药享有 20 年专利保护期，市场寿命将超过 30 年。目前全球没有同类有效药物，参照已有抗肿瘤药物的销售记录，一个产品在其寿命期内总销售额将不低于 200 亿元。

五、合作方式

技术转让或联合开发，具体合作方式可商议。

成果二：抗肿瘤靶点新药 K-80003 开发

一、项目简介

药物靶点是药物发挥作用的关键。tRXR 是张晓坤教授团队在美国研究工作的基础上于 2010 年首次发现的具有药用开发价值的新靶点。基于海洋药物 DHA 和非甾体抗炎药舒林酸与核受体 RXR 的结合模式,张晓坤教授团队设计合成了化合物 K-80003,该化合物特异性靶向 tRXR。已完成的临床前实验表明, K-80003 (TX803) 在结直肠癌、胃癌及乳腺癌等多种动物肿瘤模型中疗效显著。特别是 KRAS 基因突变型结直肠癌,这种突变导致患者对目前常用的西妥昔单抗、帕尼单抗等 EGFR 靶向药物都具有抗药性,但 K-80003 (TX803) 对其的抗癌治疗效果非常明显,突破了抗药性限制。同时, K-80003 (TX803) 作为化学小分子药(常温保存的小片剂),具有良好的口服吸收性,并且安全性高。

二、技术成熟度

当前,围绕 K-80003 (TX803) 与 tRXR 抗癌靶点,张晓坤课题组已先后在《癌细胞》(Cancer Cell, 2010)、《癌基因》(Oncogene, 2011)、《致癌作用》(Carcinogenesis, 2013)、《化学生物学》(Chemical Biology, 2014)、《癌症研究》(Cancer Research, 2015)、《自然综述》(Nature Communications, 2017) 等国际一流学术期刊发表多篇文章(均以厦门大学为排序第一单位),以清晰的脉络深入梳理了治疗 tRXR 介导的肿瘤分子机制,凭借成熟的核受体药物开发经验,从科学理论研究一步步深入到临床实际应用。

K-80003 (TX803) 的研发历时六年多,是全球首个作用于 tRXR α 新靶点的原创新药,具有全新作用靶点和新颖化学结构,且在全新靶点和化学结构上均有自主知识产权。已获得美国 FDA 的临床试验许可批件,开展在晚期结直肠癌患者中的临床测试。

三、应用范围

抗肿瘤药物,用于肿瘤治疗。

四、投产条件和预期经济效益

具有自主知识产权的一类新药享有 20 年专利保护期,市场寿命将超过 30 年。参照已有抗肿瘤药物的销售记录,一个产品在其寿命期内总销售额将不低于 200 亿元。

五、合作方式

联合开发,具体合作方式可商议。

成果三：抗肥胖药物开发

一、项目简介

肥胖症是一种危害人类健康的慢性疾病，被世界卫生组织列为威胁人类健康的十大疾病之一。目前肥胖的全球流行趋势，使它成为当今世界所面临的严峻的公共健康问题。通过对各种细胞因子生理功能、作用机制的不断深入了解，人们逐渐认识到肥胖不仅是脂肪组织的过度聚积，同时也是一种低水平的慢性炎症状态。因此，肥胖常伴随着胰岛素抵抗、2型糖尿病、脂肪肝、动脉粥样硬化及退行性疾病(如痴呆)、呼吸道疾病、多种癌症等由慢性炎症引起的一系列健康问题。课题组发现孤儿核受体 Nur77 可以在线粒体上与 TRAF2 相互作用，促进线粒体自噬的发生，从而达到抑制肥胖诱发的慢性炎症。课题组设计合成了大量靶向 Nur77 的化合物，从中优选出 XS0503。已有的研究结果显示，该化合物能够显著抑制肥胖，作用机制新颖，安全性好。

二、技术成熟度

项目组筛选以核受体 Nur77 为靶点筛选海洋天然产物库，在一个来源于冷水海洋天然产物的库中（Cold-water marine natural products），发现了来自深海真菌（*Emericella.sp*）中的几个萜类化合物对 Nur77 靶点有较好的结合能力，在一个来源于海藻的天然产物库（Seaweed metabolite database (SWMD): A database of natural compounds from marine algae.）也发现一部分结构主要为三萜类化合物对 Nur77 靶点有较好的结合能力。接下来，通过报告基因、表面等离子共振（SPR）、等温热滴定（ITC）等技术进一步筛选，以五环三萜化合物 F502 为起始物，优化合成，得到特异性靶向 Nur77 的海洋来源化合物 XS0503。前期研究显示该化合物具有诱导自噬和抑制高脂诱导小鼠肥胖的作用。

三、应用范围

肥胖症治疗、减肥药

四、投产条件和预期经济效益

五、合作方式

技术转让或联合开发，具体合作方式可商议。

药学院 周强团队

团队介绍

其他	姓名	团队负责人简介
首席科学家	周强	厦门大学药学院讲座教授，美国加州大学柏克利分校分子与细胞生物学系教授。师从诺贝尔生理医学奖得主 Phillip Allen Sharp 教授，主要研究领域涉及真核及艾滋病基因转录调控机制研究。在 Science、Nature、PNAS 等刊物上发表数十篇科学论文。
团队成员	赵玉芬	教授
	吴振	教授
	高祥	副教授
	陈军	教授
	赵晶	副教授
	许鹏翔	副教授
	林志敏	高级工程师
	薛玉花	副教授
	董继扬	教授
	吴云龙	副教授
联系人/联系方式	厦门大学科技处 0592-2185633	
团队负责人		
		

成果：基于深海活性物质的 HIV-1 新药物研发及关键技术

一、项目简介

HIV 的感染和艾滋病已经夺取了全球几千万人的生命，截止目前全球仍有三千多万人感染 HIV。过去三十多年，虽然在 HIV 疫苗开发、抗病毒药物治疗以及潜伏激活新治疗策略如“shock and kill”等方面取得了许多突破进展，但到目前仍没有一种治疗策略能够治愈艾滋病。HIV 治疗新药物的研发一直是国内外科学研究和制药公司关注的热点。海洋微生物的多样性、复杂性和特殊性决定了其活性物质化学结构的新颖性和活性功能的独特性，海洋动植物 80%以上的活性成分源于海洋微生物。海洋微生物药源最具开发应用前景已是国际共识。海洋微生物源生物活性物质为人类寻找和开发彻底攻克艾滋病特效药物提供了巨大的天然资源宝库。

基于深海微生物资源优势，深入挖掘海洋抗 HIV 活性物质，发现抗 HIV 先导化合物及候选药物，具有重要科学意义；同时，建立海洋抗病毒药物研发团队与平台，以抗 HIV 药物研发为特色和突破，包括如抗肝炎病毒、流感病毒等药物发现，充分发挥资源优势，形成海洋抗病毒新药物研发产业核心和平台。

二、技术成熟度

该项目在厦门南方海洋中心的大力支持下（17GY002NF02），依托厦门大学药学院研发平台，基于厦门大学海洋与地球学院及国家海洋局第三海洋研究所丰富的深海微生物资源（大于 2 万株），针对 HIV-1 基因转录延伸调控关键信号通路进行大规模海洋微生物源抗 HIV-1 先导化合物的筛选与机制研究，发现在基因调控层面对 HIV-1 抑制或潜伏激活具有活性的化合物，以获得具有自主知识产权的潜在抗 HIV-1 先导化合物，建立海洋抗艾滋病药物发现的产业核心和关键技术。该项目基于海洋药源微生物，掌握研究相关关键技术，目前已对五百余种深海微生物 3000 余种次级代谢产物进行了活性筛选，发现二十余株具有高活性的深海微生物及其活性物质，目前正进行药物靶点机制和艾滋病病人临床样本活性验证，近期有望取得重要突破

三、应用范围

艾滋病治疗

四、合作方式

技术转让或联合开发，具体合作方式可商议。

海洋与地球学院 陈铭团队

团队介绍

	姓名	团队负责人简介
首席科学家	陈铭	副教授，从事海洋生物制药和海洋生物医学材料的研究及其产业化，已在国际主流刊物发表 SCI 论文 20 余篇，申请或授权多项国内外专利。
团队成员	张赛曼	科研助理
团队成员	欧徽龙	博士生
团队成员	张驰	硕士生
团队成员	梁雪娇	硕士生
团队成员	林雪柯	硕士生
团队成员	何韦宜	硕士生
团队成员	翟浩洁	硕士生
联系人/联系方式	厦门大学科技处 0592-2185633	
团队负责人照片		
		

成果：蜂海绵骨针作为一种新型生物学材料的应用

一、项目简介

蜂海绵骨针 (Sponge *Haliclona* sp. Spicules, SHS) 是呈游离的双尖针状结构 (蜂海绵及蜂海绵骨针的形态结构见图 1A&B)，其末端尖锐，尺寸稳定，机械强度高，可刺入角质层打开皮肤屏障，并长时间滞留于皮肤角质层形成大量持续存在的微通道 (图 1C)，从而提高生物大分子药物的经皮吸收。蜂海绵骨针作用与皮肤后，皮肤角质层屏障可逐渐自愈，不会对皮肤造成严重的创伤 (图 1D)。蜂海绵骨针使用的剂量非常灵活，促渗强度也可以通过使用方式进行灵活调整，还可以应用于不同面积的病灶部位。此外，通过联合脂质体、表面修饰等方式，蜂海绵骨针皮肤促渗效果及范围显著提高与扩大，因此蜂海绵骨针非常有潜力成为一种新型的药用辅料，作为一种新型微针用于皮肤给药的物理促渗，应用于经皮给药系统、经皮疫苗制剂及医学美容等领域。

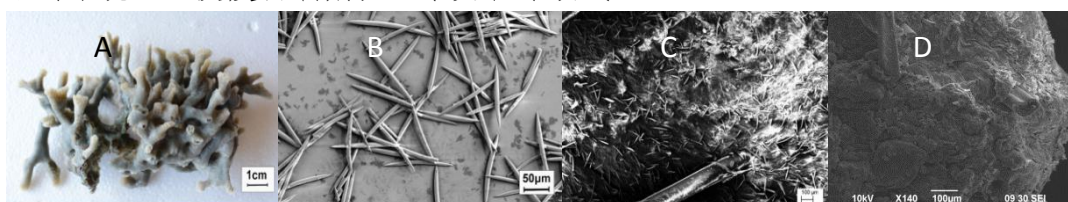


图 1 蜂海绵骨针作为新型微针作用于皮肤。A 蜂海绵 *sponge Haliclona* sp. 采集样本；B 蜂海绵骨针 (SHS) 外形与结构；C 蜂海绵骨针作用于豚鼠皮肤；D 蜂海绵骨针作用于皮肤后 (作用 10 天后所拍照片)，可能随着角质层的生理性剥落而自动脱落，皮肤角质层屏障可逐渐恢复。

二、技术成熟度

蜂海绵骨针技术目前已申请四项发明专利。

1. 一种皮肤促渗方法及其促渗剂
2. 一种经皮吸收组合物及其在制备经皮吸收制剂中的用途
3. 一种表面修饰硅烷基的蜂海绵骨针及其制备方法
4. 一种在海绵骨针表面修饰功能基团的制备方法

蜂海绵骨针一代技术，蜂海绵骨针作为一种新型微针用于皮肤给药的物理促渗，并可有效促进一系列亲水性生物大分子的经皮吸收 (已申请专利，专利申请号 CN2016102679355; WO2017/186046 A1)，

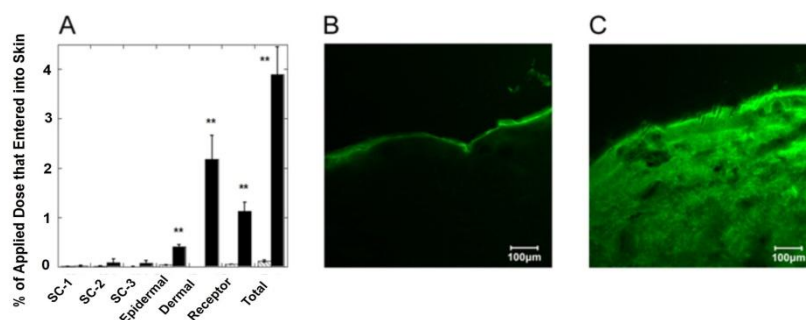


图 2 蜂海绵骨针显著大幅增加生物大分子模型药物 (Dextran, 10K) 的经皮吸收。A 蜂海绵骨针作用下，Dextran (10K) 在皮肤各层的累积和分布的变化 (与对照组相比，Dextran 经皮总吸收增加 33.09 ± 7.16 倍，皮肤深层增加 62.32 ± 13.48 倍。有统计学差异 $*p < 0.05$, $**p < 0.01$)；B 无 SHS 作用，Dextran (10K) 只可堆积在皮肤浅表层；C SHS 作用后，Dextran (10K) 经皮吸收大幅增加并渗透至皮肤深层。

蜂海绵骨针二代技术：蜂海绵骨针与纳米脂质体产生协同作用，也进一步增加玻尿酸（MW：200-250K）的经皮吸收。蜂海绵骨针、脂质体（CL）和柔性脂质体（FL）单独使用均可增加玻尿酸的经皮吸收，但蜂海绵骨针与脂质体联合使用后，吸收效果显著增强，尤其是蜂海绵骨针与 FL 的联合使用，吸收可达 37.9%（图 3）。以此为基础申请了一项国内专利（专利名称：一种经皮吸收组合物及其在制备经皮吸收制剂中的用途，申请号：201710666564.2）和一项 PCT 专利（申请号为 201710666564.2，专利名称：一种经皮吸收组合物及其在制备经皮吸收制剂中的用途）。

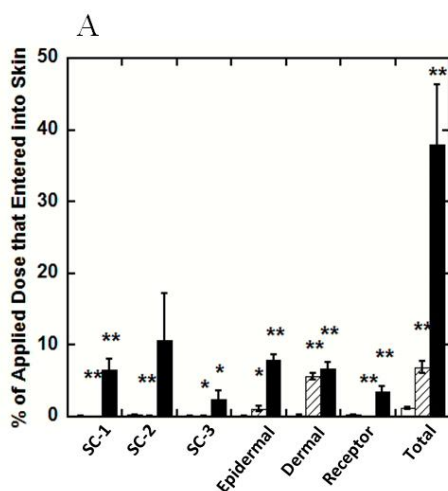


图 3 蜂海绵骨针 (SHS) 和纳米脂质体产生协同作用，增加亲水性生物大分子的经皮吸收。A SHS 单独及 SHS+FL 协同作用下，玻尿酸（Hyaluronic acid）在皮肤各层的累积和分布的变化（与对照组相比，SHS 单独作用可使 Hyaluronic acid 经皮总吸收量从 1% 增加至约 7%；而 SHS+FL 协同作用，其经皮总吸收量可大幅增加至近 38%。有统计学差异 * $p < 0.05$ ，** $p < 0.01$ ）

蜂海绵骨针四代技术：CY7 标记实验，我们在蜂海绵骨针表面成功地标记了 CY7 荧光，这一突破为蜂海绵骨针的体内外追踪实验提供了可能性（见图 5）。以此为基础申请了一项国内专利（专利名称：一种在海绵骨针表面修饰功能基团的制备方法）

蜂海绵骨针五代技术：丁基、辛基化学修饰及 GFP 绿色荧光蛋白吸附实验

在骨针表面进行丁基、辛基修饰后，与 GFP 绿色荧光蛋白成功吸附，在冷冻干燥后骨针表面仍带有大量荧光，通过透皮实验，观察到骨针吸附的 GFP 顺利经骨针携带释放入细胞，标志着骨针直接携带药物等活性成分进入皮肤得以实现（见图 6）。以此为基础申请了一项国内专利（专利名称：一种表面修饰硅烷基的蜂海绵骨针及其制备方法，申请号：201811175149.8）

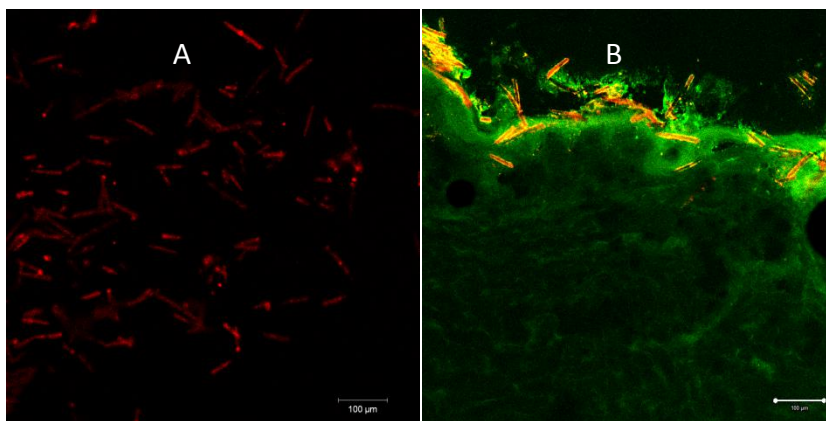


图 5 共聚焦显微镜下 CY7 标记的海绵骨针及该海绵骨针与 FITC-玻尿酸柔性脂质体透皮后的皮肤荧光图。A CY7 标记海绵骨针;B 该海绵骨针与 FITC-玻尿酸柔性脂质体透皮后的皮肤荧光图

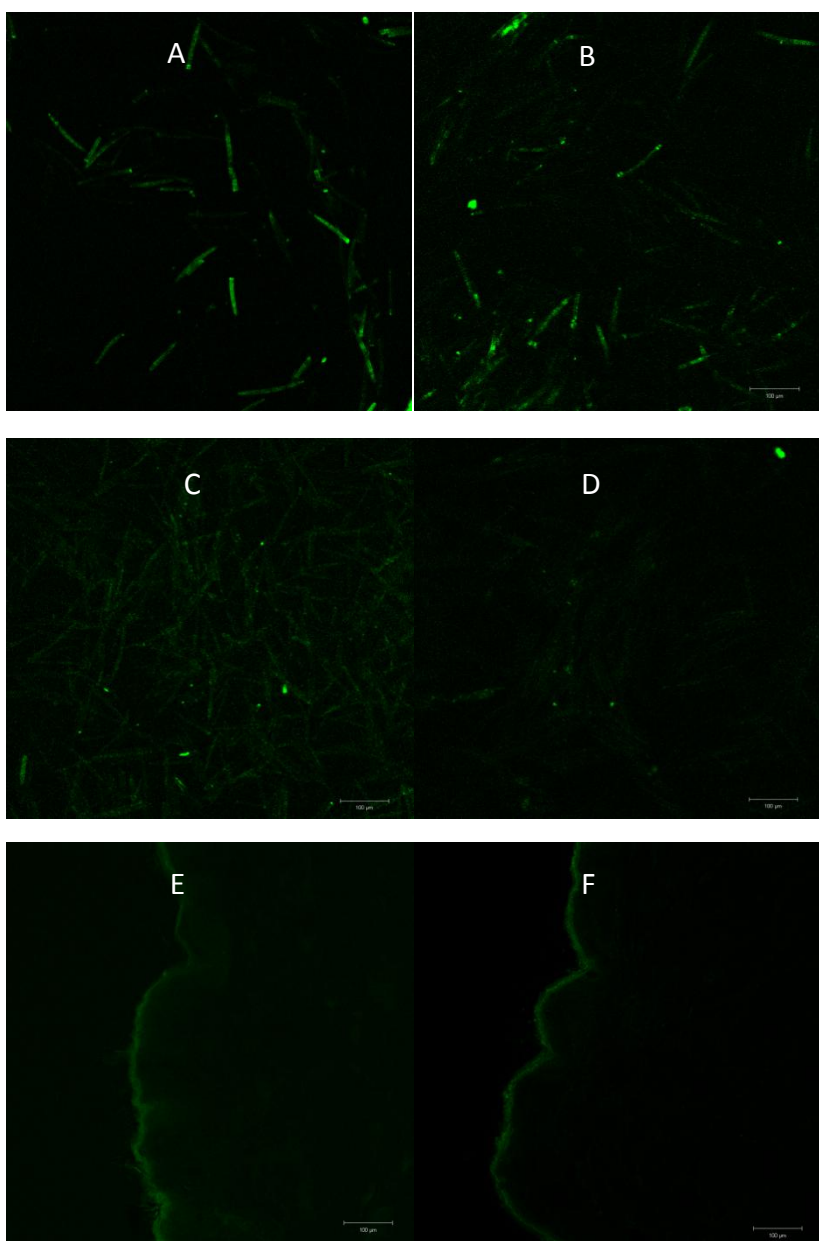


图 6 丁基、辛基修饰蜂海绵骨针吸附的绿色荧光蛋白经透皮释放进入皮肤。A 丁基修饰的物理吸附了

GFP 的骨针；B 辛基修饰的物理吸附了 GFP 的骨针；C 冻干后的丁基修饰的物理吸附了 GFP 的骨针；D 冻干后的辛基修饰的物理吸附了 GFP 的骨针；E, F 丁基、辛基修饰蜂海绵骨针吸附的绿色荧光蛋白经透皮释放进入皮肤。

上述蜂海绵骨针技术路线清晰、操作流程稳定、工艺成熟可靠。

三、应用范围

蜂海绵骨针可广泛用于化妆品、皮肤疾病（银屑病）治疗、胰岛素输送、疫苗输送等领域。

四、投产条件和预期经济效益

主要原料蜂海绵，目前国内供应充足。普通蜂海绵骨针年产 1 吨，预计投资 150 万元，年销售额 500 万元。蜂海绵骨针化妆品年产 10 万套，预计投资 30 万元（不包含 GMP 车间搭建、设备），销售额 500 万元。

五、合作方式

技术转让或联合生产，具体合作方式可商议。

材料学院 戴李宗团队

团队介绍

	姓名	团队负责人简介
教授	戴李宗	教授，主要从事有机/无机杂化聚合物结构调控、高分子控制聚合及物理化学性质研究以及面向工程与装备制造业的功能涂层材料研发与产业化应用。多项创新成果实现产业化，达到国际（领先）先进水平。
团队成员	许一婷	教授
团队成员	曾碧榕	副教授
团队成员	袁丛辉	副教授
团队成员	罗伟昂	高级工程师
团队成员	陈国荣	工程师
团队成员	何凯斌	工程师
团队成员	刘新瑜	高级工程师
联系人/联系方式	厦门大学科技处 0592-2185633	
团队负责人照片		
		

成果：天然小麦蛋白的复合改性方法

一、项目简介

淀粉类食品的改良的发明很多，目前市售的淀粉类食品改良剂一般采用无机盐类与表面活性剂进行复配，例如明矾，碳酸盐，亚硫酸盐，乳化剂，蛋白粉等。这些改良剂它们对淀粉类食品，如拉面、面包等进行改良，可增加韧性，调节硬度和口感。但无机盐类食品添加剂会对人体产生一定的毒性，长期食用会对人体产生不良的影响。针对上述的传统淀粉类食品添加剂对人体长期产生的不良影响，开发出一种天然无害且品质好的改良剂是一个亟待解决的问题。

作为淀粉类食品的食品添加剂需具备以下条件：性能稳定，对人体无毒副作用，温和无刺激性，具有营养性，口感清香，能够与淀粉长链分子发生作用，对淀粉类食品加工过程中的流变性能以及面团的韧性，硬度，保水性，表面光洁度等性能有很好的改善。制备方法简单，耗能少，成本低，在干燥状态下稳定性好。

本项目包括天然小麦蛋白的复合改性方法及在淀粉类食品中的应用范围。关键技术已申请一项国家发明专利（200710009677.1，CN 101138384A）。

二、技术成熟度

制备出的复合改性小麦蛋白的乳化性、膨润性明显提高，与淀粉长链分子作用形成三维网络结构，改善了淀粉类食品的内部质构，增强了淀粉类食品的韧性，去酰胺的得到的部分小分子物质具有优越的乳化性能，可以替代食品的乳化剂。本产品作为淀粉类食品添加剂的替代物，是一种天然的无公害、环境友好产品，具有极高的营养价值。

三、应用范围

改性后的小麦蛋白作为食品添加剂可替代传统的淀粉类食品添加剂，用于面制品的食品加工。添加改性后的天然小麦蛋白能够改善淀粉类食品的品质和加工性。

四、投产条件和预期经济效益

效益分析：小麦蛋白 1000 元/吨，投资总额 100 万元，生产能力 2000 吨/年、年产值 2000 万元。

五、合作方式

技术转让。

化学化工学院 卢英华团队

团队介绍

其他	姓名	团队负责人简介
特聘教授	卢英华	教授，长期从事微生物发酵和功能性生物制品的研究，应用研究成果“高密度培养裂殖壶菌发酵生产二十二碳六烯酸（DHA）”和“高密度培养微生物合成虾青素”已成功在5家企业实现产业化。
团队成员	凌雪萍	副教授
团队成员	姚传义	副教授
团队成员	熊维德	助理研究员
团队成员	罗唯一	硕士生
联系人/联系方式	厦门大学科技处 0592-2185633	
团队负责人照片		
		

成果：重组大肠杆菌生产磷脂酶 D 及转酯化产品开发

一、项目简介

磷脂酶 D (PLD, EC 3.1.4.4) 是一类广泛存在于各种生物体的酶，具有水解作用和磷酸基转移作用（见图 1）。作为一种酶制剂，PLD 的转磷脂酰活性尤为重要，被用于制备具有生物活性的稀有磷脂。其中，以大豆磷脂酰胆碱 (PC) 为底物，PLD 酶法制备磷脂酰丝氨酸 (PS)，受到广泛关注。PS 作为脑健康营养补充剂，相继被美国 FDA、日本 HBM 和中国国家卫生计生委所认证，列为新资源食品。相较于提取自牛脑和植物的 PS，生物酶法制备的 PS，避免了食品安全和植物源含量低的问题。进一步，一些新的结构和功能磷脂，通过 PLD 转磷脂酰反应被合成出来，例如，磷脂酰鲨肝醇、磷脂酰葡萄糖、心磷脂类似物、磷脂酰酪醇、磷脂酰萜烯和磷脂酰丝氨酸醇，它们中一些具有抗癌和抗氧化活性。

二、技术成熟度

直到现在，受限于磷脂酶 D 来源不足和价格高（链霉菌属 PLD， ≥ 150 units/mg，6516.9 ¥/1000 U，Sigma 公司），其工业上的广泛应用受到限制。例如，文献报道的 PLD 最高产量在 10^4 - 10^5 U·L⁻¹，而制备转化得到每公斤 PS，需要 2.6×10^6 U 的 PLD。这一障碍的主要原因是高水平表达的 PLD 对宿主的严重细胞毒性，导致细胞死亡。

历经 5 年时间，从上游到下游整体设计，我们解决了毒性蛋白（磷脂酶 D，PLD）异源表达难的问题（质粒不稳定、蛋白合成时间短、细胞生长抑制和裂解），PLD 生产达到目前世界最高水平 10^6 U·L⁻¹ (748 mg·L⁻¹)（提高 20 倍）；同时发展一种简单有效提取重组磷脂酶 D 的方法（无需破碎、无需添加溶菌酶和有机溶剂、室温进行），PLD 生产成本有望降低 20 倍以上。按照实验室规模的一台 5 L 发酵罐，年产量可以提供 3.5×10^8 U 的磷脂酶 D，满足 100 kg 的 PS 转化需求计算（不计算 PLD 重复利用率），扩大反应器体积至 100-1000 L，PLD 产量可满足制备 2-20 吨 PS 的需求。

三、应用范围

经 PLD 酶法制备的 PS、磷脂酰熊果苷等可广泛用于功能食品、药品、化妆品及农牧业等领域。

四、投产条件和预期经济效益

本技术通过微生物发酵生产 PLD，菌株表型稳定，原料易得。生产过程不污染环境。对于年产 10^9 U PLD（1kg）的规模，预计设备投资 50 万元（两台 10 L 发酵罐），年销售额 1000 万元。

五、合作方式

技术转让或联合生产，具体合作方式可商议。

新材料领域

化学化工学院 洪文晶团队

团队介绍

	姓名	团队负责人简介
教授 国家青年千人、优青 闽江学者特聘教授 化工系系主任	洪文晶	洪文晶教授，从事新材料、智能控制和精密仪器研究，组建中国海军某部-厦门大学共建实验室和三个经费百万元以上的校企联合研发中心，其中多肽制药技术已在江苏南通建设占地 100 亩，投资 5.4 亿元的多肽智能制造工厂。
团队成员	师佳	副教授
团队成员	杨扬	副教授
团队成员	肖宗源	副教授
团队成员	刘俊扬	特任副研究员
联系人/联系方式	厦门大学科技处 0592-2185633	
		
团队负责人照片		

成果一：石墨烯复合光催化自清洁涂层

一、项目简介

船舶在长期在干燥、高盐、高腐蚀的恶劣环境中航行，油漆容易剥落，为了保养船舶、延长船舶使用寿命。船舶上经常需要补刷油漆。光触媒是一种以纳米级二氧化钛为代表的具有光催化功能的光半导体材料的总称，它在紫外光及可见光的作用下，产生强烈催化降解功能：能有效地降解空气中有毒有害气体，还具备除甲醛、除臭、抗污、净化空气等功能。但是光触媒在发挥作用时需要较强光照来催化，这导致它在长年见不到阳光，只能依靠普通照明灯光的船舶内部船舱失去用武之地。

团队巧妙地应利用石墨烯和金颗粒的特点，在提升了光触媒的催化能力的同时，又降低了光触媒对光线强度的要求，有效解决了光触媒在船舱内难以发挥作用的问题。

二、技术成熟度

针对光触媒在光线较弱的地方效果不佳的问题，团队与海军某部共建实验室，面向海军舰艇特种涂层方面需求，开发了石墨烯-二氧化钛-金颗粒-纳米光催化剂的自清洁涂层材料，并拓展其在民用环保涂层应用。目前，本产品正在进行最后的测试和验证。

三、应用范围

本产品的特点是降低了光触媒对光线强度的要求，提升了光催化的效果。在刚装修的船舶船舱等光线弱且空气差的房间里依然能够发挥出光触媒净化空气、清洁环境的作用。

四、投产条件和预期经济效益

本产品以光触媒、石墨烯和少量金颗粒为原料，产品绿色环保，效果显著。随着行业技术水平的不断提升，市场不断规范，再加上人民的生活水平不断提升和对健康生活提出的新的要求，我国光触媒行业市场规模将不断扩大，规模增速保持在4%左右，预计到2025年将达到68亿元左右的市场规模。本产品在光强较弱且受到装修污染的场景里能有很好的应用，有望占领较大的市场份额。

五、合作方式

技术转让或联合生产，具体合作方式可商议。

成果二：芯片封装用抗静电复合材料

一、项目简介

ABS 塑料是丙烯腈(A)、丁二烯(B)、苯乙烯(S)三种单体的三元共聚物，三种单体相对含量可任意变化，制成各种树脂。ABS 塑料是一种原料易得、综合性能良好、价格便宜、用途广泛的“坚韧、质硬、刚性”材料。在机械、电气、纺织、汽车、飞机、轮船等制造工业及化工中获得了广泛的应用。但是普通 ABS 塑料容易产生静电，严重限制了 ABS 塑料在精密材料、计算机材料等领域的应用。

研究团队面向半导体工业芯片封装中抗静电需求，制备具有优良导电性能和机械强度的 ABS/石墨烯复合抗静电材料，大大拓展了 ABS 的应用领域。相关研究洪文晶教授曾获教育部自然科学奖一等奖。

二、技术成熟度

研究团队充分利用石墨烯的导电性，用原位聚合的方法，制备出石墨烯/ABS 抗静电复合材料。通过双电测四探针测试仪测试出电导率在 $1 \times 10^{-5} \text{ S.cm}^{-1} \sim 1 \times 10^{-6} \text{ S.cm}^{-1}$ ，具有良好的导电性能。力学性能测试满足产品要求。本技术的技术路线已完全走通，正进一步对生产工艺和成分配比进行优化。

三、应用范围

广泛应用于芯片等精密电子元件的封装和防护、计算机外壳等领域。

四、投产条件和预期经济效益

以 ABS 树脂为原材料，添加石墨烯作为导电剂。利用石墨烯良好的导电性，通过原位聚合的方法将石墨烯与 ABS 均匀的混合，制备出良好的导电性材料。产品面向精密电子元件的封装和防护，随着我国精密设备和半导体产业的发展，本产品将有广阔的市场空间。

五、合作方式

技术转让或联合生产，具体合作方式可商议。

化学化工学院 侯旭团队

团队介绍

	姓名	团队负责人简介
首席科学家	侯旭	教授，长期从事动态界面设计与液体门控系统方面的研究。液体门控系统突破传统固/液界面设计的限制，应用全新的动态固/液/液界面设计制备液体复合多孔膜系统，可应用于油/气/水多相分离，海水淡化等应用领域。
团队成员	王苗	博士后
团队成员	陈柏屹	博士后
团队成员	张猛创	博士后
团队成员	乔龙	博士后
团队成员	张运茂	博士生
团队成员	樊漪	博士生
联系人/联系方式	厦门大学科技处 0592-2185633	
团队负责人照片		
		

成果：仿生液体复合膜材料

一、项目简介

随着工业生产的加快以及人类生活品质的提高,对多相分离中的分离效率和膜材料的使用寿命都有了更高的要求。本项目旨在研究制备仿生液体复合膜材料。通过仿生多孔膜材料与功能液体的协同物理化学设计,制备的仿生液体复合膜材料突破传统固/液界面设计的限制,应用全新的动态固/液/液界面设计制备液体复合膜材料,可用于污水处理和工业生产中的油/气/水分离,较传统商业膜在抗污节能,力学性能,耐用性和使用寿命等方面有显著提高。同时通过构筑应力响应等仿生响应性液体复合膜材料,也将为实现新型智能可控膜体系的构建与成果产业化提供技术支撑。

二、技术成熟度

目前已完成应力响应等多种仿生响应性液体复合膜材料的可控熟练制备。如制备基于聚二甲基硅氧烷弹性体的应力响应性膜材料,通过与功能液体的协同设计,可制备仿生应力响应性液体复合膜,可用于实现恒压条件下的气液可控输运与分离。各项指标达到要求。本工艺技术成熟可靠。

三、应用范围

仿生液体复合膜材料可广泛用于气液分离、油水分离、多相流体分离、多相微反应、微流控、材料合成、智能阀门等领域。

四、投产条件和预期经济效益

本项目计划总投资 800 万元,前期已完成设备投资 500 万元,福建省发改委专项基金资助 70 万元,资助方式为无偿补贴,新增自筹 230 万元。本项目开展仿生液体复合膜材料的实验室研发、扩大生产线设计、下游含油污水处理领域应用研究。对解决我国环境与相关产业的关键共性技术问题,提升行业技术水平,提升合作企业自主创新能力和市场竞争,对合作企业自主创新能力和市场竞争,对我省战略性新兴产业的发展具有保障和促进作用。“十三五”规划中,膜材料产业预计在 2020 年产值达到 2500 亿-3000 亿元,其中膜法水处理行业市场规模将达 1600 亿元左右。该项目在服务污水处理产业的同时,也辐射到上下游产业,开辟我省高性能膜材料产业产品高值化新途径,推动我省新材料产业技术整体提升,对福建省的经济社会发展起到重要作用。

五、合作方式

技术转让或联合生产,具体合作方式可商议。

化学化工学院 尹应武团队

团队介绍

其他	姓名	团队负责人简介
闽江学者 厦门大学特聘教授	尹应武	主持植物体全价利用、清洁制浆、缓控释肥、生物基磺化新工艺等的研发，形成了生物质产业链；在以天然气为原料的氢氰酸及其下游产品的天然气化工行业，在氧乐果、黄血盐、草甘膦等清洁生产领域，在靛蓝染料的工艺改进、废水废渣资源化利用及节能降耗，产业升级方面成功开发了多项先进实用的成套生产技术工艺包，引领了行业的变革。创立或合作的很多公司均已经成为行业龙头或技术领先者。有二十多个产品市场占有率居世界第一。
团队成员	赵玉芬	院士
团队成员	卢英华	教授
团队成员	吐松	教授
团队成员	叶李艺	副教授
团队成员	陈学云	助理工程师
团队成员	高玉兴	高级工程师
团队成员	胡泽波	工程师
团队成员	何达超	技师
团队成员	李大川	工程师
团队成员	韩田田	工程师
团队成员	蔡成伟	助理工程师
团队成员	柯靖	助理工程师
团队成员	任毅华	博士生
团队成员	郭伟	博士生
团队成员	谷传涛	博士生
联系人/联系方式	厦门大学科技处 0592-2185633	
团队负责人照片		
		

成果：纳米碳酸钙、硫酸钙及其原位改性产品生产及应用推广

一、项目简介

本项目以电石渣、石灰、烟道气、芒硝、氯化钙、废硫酸等“三废”资源作为原料,通过独创的工艺及高效节能新装备开发了系列可大规模、低成本生产的粒径均匀,平均粒径达到 50 纳米(nm)以下系列超微细钙类新产品。特别值得一提的是在烟道气净化和超低排放的同时,可充分利用其中的二氧化硫和二氧化碳和电石渣,实现“以废治废”,低成本、高品质生产纳米碳酸钙和硫酸钙。系列新产品具有很好的熔融加工和显著的增强及增韧性能,在塑料、橡胶、沥青、涂料、粘结剂等产品中大比例添加性价比优势突出,开发潜力巨大。

二、技术成熟度

本项目经过十多年持续研发,完成了小试、中试和万吨级生产线的工艺、工程及装备的验证与优化及产品的大量应用评价。可稳定生产出 30nm 以下的系列纳米碳酸钙纳米硫酸钙及其原位改性产品。新工艺具有条件温和、操作稳定、生产安全、投资少、易于工业化、环境友好的特点。已形成环境效益突出,产品品质好、收率高、成本低、废物高附加值利用的先进成熟技术。相关技术已获 2 项发明专利,新申报发明专利 3 项。

三、应用范围

1) 橡胶中应用效益好。碳酸钙是橡胶工业中使用得最早,用量最大的填充剂之一。纳米碳酸钙不仅具有普通碳酸钙的性能,而且由于其具有超细、表面改性更易分散的特点,可在橡胶中保持纳米结构和良好分散性,显著提高橡胶的弹性拉伸强度、耐摩擦性能及抗老化性能。不仅可作为补强填料单独使用,也可与炭黑、白炭黑、轻质或重质碳酸钙、陶土、钛白粉等配合使用,协同发挥补强、填充、调色、改善加工工艺和制品性能、降低含胶率或部分取代白炭黑、钛白粉等价格昂贵的白色填料,在降低橡胶产品的成本方面具有巨大的开发潜力。

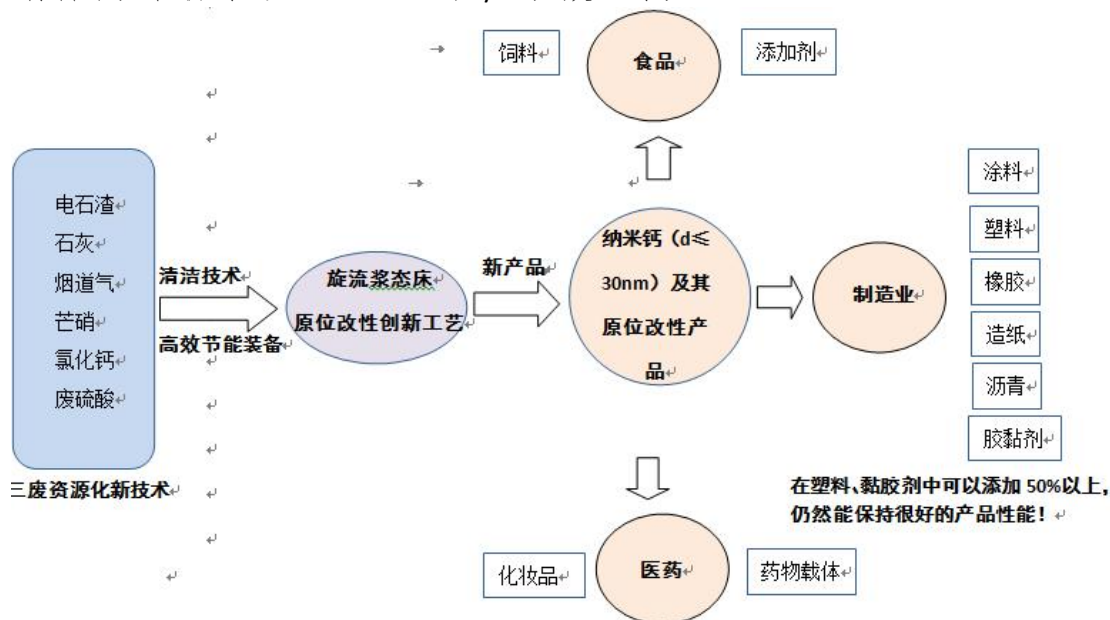
2) 塑料中开发应用潜力巨大。低成本、高品质纳米碳酸钙和纳米硫酸钙在聚氯乙烯(PVC)、聚丙烯(PP)、聚乙烯(PE)、聚乳酸(PLA)、聚苯乙烯(PS)、聚氨酯(PU)、丙烯腈-丁二烯-苯乙烯共聚物(ABS)等塑料中。研究结果表明:纳米碳酸钙和纳米硫酸钙具有显著提高塑料产品硬度、刚度和耐磨性等强度性能,因能改善塑料混炼过程中的粘流性即使大比例添加对加工性能影响也不大。纳米钙特别是活性纳米钙产品不但具有显著提升抗冲击强度的增韧效果,还可显著改善塑料散光性、抗擦伤性、平滑度,提高耐热性。可更好实现大幅减少塑料用量,降低材料成本的目的。低成本、高品质纳米钙在 PVC 溶胶、塑料薄膜中应用前景广泛,添加量可高达 50%以上。

3) 可成为涂料的主要原料。纳米碳酸钙可完全替代钛白粉和其它粉体生产优质水性涂料,不但使用更安全,而且可以更好展现纳米碳酸钙遮盖率高、白度高、流变性好和稳定性好等优点,改善涂料柔韧性、硬度、流平性和光泽度。形成涂层的屏蔽和反射作用具有抗紫外老化和防热效果,可增强涂料的隔热性。粒径小于 80nm 的纳米碳酸钙因具有良好的触变性可应用于汽车底盘防石击涂料及面漆。

4) 提升粘合剂性能和降低成本方面纳米钙大有作为。应用结果表明,大比例添加纳米钙可显著提升和调节粘结剂的内外结合力,大幅降低使用成本,可使粘合剂和密封剂具有良好的预塑化性能和高拉伸强度,是未来一个很具潜力的应用方向。

四、投产条件和预期经济效益

$d \leq 0.02 \mu m$ 轻质碳酸钙生产线改造、烟道气脱硫装置改造，电石渣、烟道气、芒硝、氯化钙、废硫酸的资源化 1 万吨生产线固定资产投资 1000 万元左右，产品成本每吨 500~1000 元，产品可高添加量广泛应用于塑料、橡胶、沥青等各种复合材料中，售价可达 1000—2000 元/吨，效益可观。



五、合作方式

技术非独家授权或联合生产及区域性市场开发。

物理科学与技术学院 张峰团队

团队介绍

	姓名	团队负责人简介
首席科学家	张峰	教授，长期从事 SiC 紫外探测器和功率器件的研究，应用研究成果 SiC 光电与电子器件专利接近 10 项成功产业化。
团队成员	吴正云	教授
团队成员	蔡加法	高级工程师
团队成员	陈厦平	高级工程师
团队成员	洪荣墩	高级工程师
团队成员	林鼎渠	工程师
团队成员	吴少雄	工程师
团队成员	孙存志	博士生
团队成员	侯岩松	硕士生
团队成员	吴俊慷	硕士生
联系人/联系方式	厦门大学科技处 0592-2185633	
团队负责人照片		
		

成果：碳化硅紫外光电探测器

一、项目简介

现今，高响应度光电倍增管(PMT)为最广泛应用于微弱紫外信号的探测器，然而由于其体积大、易损坏、需要高精度高压电源、无法实现阵列探测和价格高等因素的制约，研制碳化硅紫外雪崩光电探测器取代光电倍增管已经成为近年来国际上光电探测领域的研究热点。与光电倍增管相比，碳化硅紫外光电探测器具有体积小、可制作焦平面阵列探测、结构简单、可在室温下工作、成本低等优点。随着碳化硅材料和其器件制备技术的不断发展，其紫外光电探测器性能指标有望达到甚至超过光电倍增管。

二、技术成熟度

本研究小组已就肖特基势垒光电二极管、MSM 光电二极管、p-i-n 光电二极管和雪崩光电二极管等各种结构碳化硅光电器件光电特性的模拟研究和制备关键工艺开展了一些基础理论和应用研究。目前已经成功实现面积 $200 \times 200 \mu\text{m}^2$ — $2000 \times 2000 \mu\text{m}^2$ 的碳化硅 p-i-n 单管和 128×1 线阵列的量产，峰值绝对光谱响应度约为 0.13A/W ，暗电流密度约为 1nA/cm^2 。已研制出具有 $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2$ 增透膜的 MSM 结构碳化硅紫外光电探测器， 10V 偏压下暗电流密度约为 3nA/cm^2 。已研制出高性能低雪崩电压的 SACM 结构碳化硅雪崩光电二极管，单倍增工作电压条件下，暗电流密度约为 3nA/cm^2 ，在 90% 击穿电压 (70V) 下，器件的暗电流密度小于 $0.4 \mu\text{A/cm}^2$ ，当倍增因子 $M=1000$ 时，器件的暗电流密度约为 $3 \mu\text{A/cm}^2$ 。器件获得较低的雪崩击穿电压为 77.6V ，而且在临界雪崩击穿时倍增因子高达 10^6 。

三、应用范围

碳化硅紫外光电探测器具有极高的军事和民用价值，主要应用于太空研究，环境检测，医疗以及国防领域。在军事上可用于导弹跟踪、火箭发射、飞行器制导以及生化武器的探测等，在现实生活中可用于火灾监测、汽车尾气监测、紫外通信以及紫外辐射测量等，在环保、医学等其它领域也有着广泛的应用前景。

四、投产条件和预期经济效益

主要原料为碳化硅晶体材料，国内市场供应充足。半导体器件制备生产过程不污染环境。对于年产 10 万颗碳化硅紫外光电探测器，预计流片费用 100 万，测试设备投资 300 万元（不包括厂房、公用工程等），年销售额 600 万元。

五、合作方式

技术转让或联合生产，具体合作方式可商议。

材料学院 戴李宗团队

团队介绍

	姓名	团队负责人简介
首席科学家	戴李宗	教授，主要从事有机/无机杂化聚合物结构调控、高分子控制聚合及物理化学性质研究以及面向工程与装备制造业的功能涂层材料研发与产业化应用。多项创新成果实现产业化，达到国际（领先）先进水平。
团队成员	许一婷	教授
团队成员	曾碧榕	副教授
团队成员	袁丛辉	副教授
团队成员	罗伟昂	高级工程师
团队成员	陈国荣	工程师
团队成员	何凯斌	工程师
团队成员	刘新瑜	高级工程师
团队负责人照片		
		

成果一：导电聚合物/纳米碳复合载体及抗中毒催化剂

一、项目简介：

针对燃料电池传统 Pt/C 催化剂易中毒，使用寿命短，成本较高等问题，本项目将导电聚合物与传统碳载体复合作为 Pt 系催化剂载体，一方面保持碳材料的高电导率，另一方面利用导电聚合物自身的电活性赋予 Pt 催化剂高的抗中毒能力及催化活性。并且采用化学法合成该催化剂，可批量生产，并且在保持其催化活性的同时减小载铂量，降低成本，有利于商品化推广使用。

本项目选择聚苯胺 (PAn)、聚吡咯 (PPy) 两种导电聚合物对 XC-72C 碳黑、碳纳米管 (MWNT) 进行修饰，包括 PAn/XC-72C, PAn/MWNT, PPy/MWNT、PPy、Pan 五种复合载体材料及其载铂催化剂的生产方法，该复合催化体系中铂的负载量为 10%~30%。其中的关键技术已获得三项国家发明专利授权 (ZL 200710008657.2, ZL 2007100084524)。

二、应用范围及技术成熟程度：

本产品适用于作为电极修饰材料，包括作为燃料电池的催化剂材料，已具备规模化生产的条件。

三、投产条件和预期经济效益

投产条件：总投资约 100 万，主要用于购置反应釜、低温冷却液循环泵、计量泵、真空过滤机、真空烘箱等设备。厂房面积约 300~500 平方米。

效益分析：前期总投资 400 万元，预计第一年实现年生产能力 10 吨，产品成本约 1.0 万/公斤，售价约为 5 万/公斤。

四、合作方式

技术转让。

成果二：功能性载体高分子微球

一、项目简介

该技术涉及一项基于聚苯乙烯基的载体高分子微球的生产技术。产品经改性后，可获得表面带-Cl、-NH₃ 等功能性基团的微球。

主要技术指标：

1. PS 微球不同溶剂中的溶胀度：

	本样品	美国某公司样品	文献值
THF:	5.8 ml/g	6.36 ml/g	8.0 ml/g
CH ₂ Cl ₂ :	5.8 ml/g	5.8 ml/g	7.0 ml/g
DMF:	3.6ml/g	3.87 ml/g	3.5 ml/g
MeOH:	0.4ml/g	2.0 ml/g	2.0 ml/g
Toluene:	6.9ml/g	6.9 ml/g	7.0 ml/g

2. 粒径分布(100-200 目):

100-120	12.5%
120-180:	75%
180-200:	12.5%

3. 二乙烯苯含量: 1%

4. 红外光谱:无羰基峰

二、应用范围及技术成熟程度

本产品主要用作生化药物“多肽”合成的载体。产品性能已获美国某生化药

厂的质量认可。

三、投产条件与预期经济效益

场地 200m²，流动资金 20 万元。按年产 2 吨计，经营利润约 10 万元

四、合作方式

技术转让。

成果三：水性薄涂型钢结构防火涂料

一、项目简介

随着社会经济的发展和科技的进步，钢结构建筑越来越多地涌现。钢结构具有很多独特的优点，如高强、高韧、抗震、轻质、价廉、体积小、不消耗土木、可工厂预制、建筑工期短等等。然而不耐温也是钢结构建筑的致命弱点。这就需要耐火性能高、施工方便、装饰效果好的钢结构防火涂料。而膨胀型防火涂料的有利之一就是使用较轻的重量和相对较薄的涂层就能获得特定时间的隔热效果。在性能稳定可靠的情况下，涂层越薄越有优势。但在实际应用中发现超薄型防火涂料的防火性能不是很理想，而薄型防火涂料施工方便，价格较超薄型的低，既能满足装饰性需要，又能达到建筑设计防火规范要求，是钢结构防火涂料的发展方向。

本项目包括水性室外薄涂型钢结构防火涂料的配方及制备工艺。

技术特点：

- 1.与钢构件有优良的结合力；
- 2.达到一定温度时迅速膨胀形成绝热保护层，在预期的耐火极限内可有效保护钢结构；
- 3.在钢构件受热发生允许变形时，绝热保护层不破坏，仍能保持原有的隔热保护作用；
- 4.可根据使用钢构的环境调节配方，改变涂层厚度及饰面效果；
- 5.生产工艺流程便捷，易实现异地生产；
- 6.安全无毒、经济合理。

产品的主要技术指标：

产品技术指标均达到或超过了国家有关规范的要求，满足国家标准（GB14907-2002）要求。

二、技术成熟度

已具备产业化生产条件。

三、应用范围

水性薄涂型防火涂料适用于钢结构建筑、石油化工、冶金、电力、交通运输、库房等各类建筑物中的室内外钢、钢混构件、梁、柱、墙、楼板的防火保护。相对油溶性防火涂料环保性较好，涂层附着力强、高温条件下不开裂、不脱落。

四、投产条件和预期经济效益

投产条件：总投资约 300 万，用于购置高速分散机、分体混合分散设备、球磨机、砂磨机、振动筛等设备，厂房面积约 200~500 平方米。

效益分析：投资总额 300 万元，生产能力 2000 吨、产值 3000 万元，第一年实现年工业总产值 1500 万元、年销售收入 1300 万元、年净利润 120 万元。

五、合作方式

技术转让

成果四：无卤阻燃型聚氨酯保温材料

一、项目简介

建筑节能已成为全球气候变暖压力下世界各国关注的焦点。从保温隔热材料技术，到零能耗建筑、被动式建筑，新型聚合物在建筑保温、节能领域正发挥着以往任何材料都难以企及的重要作用。聚氨酯硬质泡沫塑料是一种性能优越的高分子合成材料，具有密度小、强度高、导热系数低、粘接性强、施工方便等特点。它既可作为绝热保温材料，又可作为结构承重材料，广泛应用于建筑、交通运输、冷藏等诸多方面。但聚氨酯泡沫易燃且不易自熄，燃烧分解产生大量有毒烟雾。无卤阻燃型聚氨酯保温材料既实现了环保的阻燃设计，又可以完全满足保温、阻燃、装饰一体化，是现今建筑行业聚氨酯保温材料的发展方向。

本项目包括无卤阻燃型聚氨酯保温材料的配方及制备工艺。

技术特点：

- 1.保持永久的阻燃性能；
- 2.降低能耗，具有优良保温隔热性能，实现阻燃、保温、装饰一体化；
- 3.结构简单，安装方便，轻质高强度；
- 4.工艺简单，设备较少，施工效率高，易实现异地生产；
- 5.安全无毒、经济合理。

产品的主要技术指标：

本无卤阻燃型聚氨酯保温材料是一种绿色环保、导热系数低、密度小、尺寸稳定、隔热保温、阻燃等优点的新型材料，产品技术指标均达到或超过了国家有关标准（JGJ144-2004，GB8624-2006）的要求。

二、技术成熟程度

已完成中试。

三、应用领域及市场前景

无卤阻燃型聚氨酯保温材料是国家建设部提倡和推广的一种现代节能环保材料，性能卓越，可以应用于大楼、宾馆、公寓屋顶、墙面等建筑行业保温防震等部位，是房屋建筑的屋顶、天花板、墙板、地板等部件的理想材料。

四、投产条件和预期经济效益

投产条件：总投资约 350 万，用于购置灌注机、发泡剂、切割机、复合机等设备，厂房面积约 300 平方米。

效益分析：如将产品制成板材，按年生产 20 万立方米计，本项目实现年销售收入 1500 万元，实际年上缴税收 45 万元。

五、合作方式

技术转让

成果五：水性阻燃隔热保温涂料

一、项目简介

随着全球能源问题的突出和节能环保理念的深入，国际出台了一系列政策法规以期大力推广节能型建筑，加大建筑节能新技术。新产品的推广力度，淘汰或限制一批落后技术和产品，达到节约能耗，保护生态环境的目的。热反射隔热保温涂料行业具备了朝阳产业的明显特征：国家政策扶持，新兴产业，竞争尚不激烈，技术含量高，行业发展速度较快，利润较高，市场需求量大，发展前景广阔。

本项目包括热反射隔热保温涂料的配方及制备工艺。其中的关键技术已申请

国家发明专利两项（CN101671523，201110062632.7）。

技术特点：

- 1.主动的将太阳光热反射回去。以期达到隔热的目的；
- 2.降低能耗，具有优良保温隔热性能，实现阻燃、隔热、装饰一体化；
- 3.具有良好的耐候性，耐洗刷性等综合性能，且制备工艺简单，使用方便；
- 4.安全无毒、经济合理。

产品的主要技术指标：

技术指标	单	指	检
太阳反射比	%	0.8	0.9
半球发射率	%	0.8	0.8
隔热温差	℃	≥1	12
隔热温差衰减	℃	≤1	6
导热系数	W		0.0
氧指数			28

本热反射隔热保温涂料经法定部门检测，符合 JG/T235-2008《建筑反射隔热涂料》、JC/T1040-2007《建筑外表面用热反射隔热涂料》行业标准要求。

二、技术成熟程度

已具备产业化生产条件。

三、应用领域及市场前景

热反射隔热保温涂料是国家建设部提倡和推广的一种现代节能环保材料，性能卓越，可以应用于大楼、宾馆、公寓屋顶、墙面、铁皮房、工地活动房、集装箱办公房、彩瓦、塑料采光雨篷等建筑的隔热保温。

四、投产条件和预期经济效益

投产条件：总投资约 600 万，用自动一体化涂料生产设备，厂房面积约 1000 平方米。

效益分析：按年生产 2000 吨计算，本项目实现年销售收入 5800 万元，实际年上缴税 242 万元。

五、合作方式

技术转让

成果六：聚合物的无卤阻燃技术

一、项目简介

高分子材料因其性能优异、价格低廉而被广泛地应用于国民经济和人民生活的各个领域，但是大多数高分子材料因其易燃性而导致的火灾时常发生，对人们生命安全和环境造成巨大的危害。在火灾死亡的人当中，大部分是因为吸入有害物质窒息致死。因此，高分子材料的阻燃化近年来受到全社会的广泛关注，其关键技术则是阻燃剂。过去大多使用含有卤素的阻燃剂，随着许多国家禁止使用有毒有害阻燃剂，市场对于环境友好无卤阻燃产品的需求日益迫切。本成果结合聚合物自身的特性，进行针对性的无卤阻燃改性，尽量降低或消除材料在火灾中的安全隐患。本技术是尤其针对电子器件等制造领域应对欧盟 REACH 法案和 RHOS 指令做出的迅速反应，其产品的顺利研发与运用将满足我国电子产品出口创汇的需求，特别是打破了欧盟一些法案在电子封装材料领域对无卤阻燃材料的技术壁垒，也促进了中国国民经济的平稳、快速发展。

该成果的主要创新点包括：采用反应型阻燃技术对环氧树脂进行阻燃改性，实现磷、氮、硅三者协同阻燃；解决了聚烯烃类高分子材料的无卤化导致阻燃效率低的技术难题，改善了聚烯烃的阻燃性、抗熔融滴落性与流延起火性；设计合成了一系列高性能阻燃剂，赋予了替木塑料优良的无卤阻燃性能。

所制备的无卤阻燃型聚合物产品技术指标均达到或超过了国家有关标准要求。在保证产品基本物理和使用性能的同时，赋予材料高阻燃性。

二、技术成熟程度

已具备产业化生产条件。

三、应用领域及市场前景

如今，随着各国对高分子材料阻燃性要求的不断提高，高效的环境友好无卤阻燃剂和阻燃高分子材料的市场需求急剧扩大，这项技术将会发挥越来越重要的作用。

四、投产条件和预期经济效益

该项目所涉及的工艺简单，设备较少，施工效率高，易实现异地生产。该项目已申请多项国家发明专利（CN101698700A, CN101704836A, CN101654864 等），一旦产业化生产，将会产生显著的经济效益和社会效益。

五、合作方式

技术转让

成果七：一种透气保健鞋底材料的制备工艺及其鞋底的设计

一、项目简介

透气性能良好的鞋能长时间保持鞋腔内干爽的微气候，使脚部皮肤自由呼吸，保证脚的健康。本项目包括一种具有可透气和防水功能的透气鞋底材料的制备、原料、配方和透气鞋底的设计两部分。关键技术已申请两项国家发明专利（CN 101392088, ZL200910111722.3），其中授权一项（一种带单向阀和疏水透气膜的鞋底 ZL200910111722.3）。

技术特点：

1. 所设计的鞋底带单向阀和疏水透气膜，可实现水汽从内到外单向循环流动和放回；

2. 所制备的鞋底透气性、耐磨、耐曲折、防滑性能好。

技术指标：

参照 GB/T7755-2003/ISO2782:1995，以恒容法对鞋底进行透气性测试，测试温度为 $38 \pm 1^\circ\text{C}$ ，实验气体为空气，测得其透气系数 $> 9.0 \times 10^{18} \text{m}^2 \cdot (\text{s} \cdot \text{Pa})^{-1}$ 。

二、技术成熟程度

该技术成熟，完全具备向企业转化的条件。

三、应用领域及市场前景

可应用于各种鞋的鞋底，市场前景良好。

四、投产条件和预期经济效益

本鞋底材料制备工艺简单，所需的原材料成本低，所以产品的成本低，且应用范围广泛，因此其经济效益是可观的。

五、合作方式

技术转让

成果八：磷、氮、硅协同阻燃的环氧树脂

一、项目简介

环氧树脂作为一种运用广泛的高分子材料，主要优点有：①耐湿性、耐碱性、耐酸性和耐溶剂性好；②固化收缩率低；③介电绝缘性、力学性能优良；④与多种基材的粘接性能优异。但是，环氧树脂耐热阻燃性能差，极大限制了它在高性能化方向的应用。

本项目采用磷、硅、氮三者协同阻燃体系改性环氧树脂，不仅使环氧树脂的阻燃性能达到不燃物标准，同时各元素比重都较低，相对降低由于某一种元素含量过高造成对环氧固化体系基体性能的过多影响。

技术指标：

序号	检测项目	技术指标
1	氧指数	≥ 26
2	韧性	纯普通工业级环氧树脂韧性的 150%
3	分解温度	$\geq 300^{\circ}\text{C}$
4	成碳率	$\geq 15\%$

注：分解温度为质量损失 5% 的温度。

二、技术成熟度

环氧树脂本质阻燃已有大量类似文献与专利报道，阐明了阻燃元素（磷、氮、硅）的阻燃机理，只要通过化学反应将其引入到环氧树脂分子链或固化剂分子链中，即达到很好的阻燃效果，完成了理论研究。

本项目实验路线中，我们将硅元素引入环氧树脂主链，将磷、氮元素引入到固化剂链中，然后将环氧硅树脂与含磷氮固化剂固化，其环氧固化体系应具有相应的阻燃性能，同时兼备环氧树脂其它的优异性能，但仍需进一步实验研究完善。

三、应用范围

广泛运用于层压板、半导体灌封、粘接、模塑、涂料等行业，特别是电子、微电子领域。

四、投产条件和预期经济效益

效益分析：按年产 10 吨计算，项目投产后，产值 600 万元，销售收入 600 万元、年交税总额 55 万元、年净利润 90 万元。

五、合作方式

技术转让。

成果九：丙烯酸系高吸水性树脂

一、项目简介

高吸水性树脂是一类具有高吸水保水性能的高分子材料，已在医用卫生、农林园艺等众多领域扮演重要角色。理想的高吸水性树脂应具备高吸水能力、高吸水速率、良好的机械强度；本项目开发的多孔性高吸水性树脂在吸水能力和吸水速率上具有很大优势。项目内容主要包括基于聚丙烯酸（钠）-丙烯酰胺高吸水性树脂的生产技术，可获得同时具有高吸水/盐水倍率和速率的簇状多孔高吸水性微球树脂。

主要技术指标：

吸水倍率：1150g/g

吸生理盐水倍率：90g/g

吸100倍质量水的时间：15秒

微球粒径：10-100微米

微球孔隙率：40%

微球孔径：1-10微米

二、技术成熟度

已经产业化，并已在部分生理卫生用品、婴儿纸尿裤厂家使用。

三、应用范围

适用于各种生理卫生用品、婴儿纸尿裤、农林园艺，并可用于药物释放、蛋白质分离、组织培养、酶固定等生物学领域

四、投产条件和预期经济效益

效益分析：按第一年产50吨计算，项目投产后，平均销售价格100000元/吨，产值500万元，销售收入500万元、年交税总额45万元、年净利润80万元。

五、合作方式

技术转让。

成果十：POSS-环氧-碳纤维复合材料

一、项目简介

该项目设计一项基于POSS-环氧-碳纤维复合材料的生产技术，并将碳纤维/POSS/环氧树脂复合材料应用在轻质运动器械的制造上，以求研发出处于领先地位的具有真正意义的纳米—碳纤维/环氧树脂复合材料轻质运动器械，包括网球拍、羽毛球拍、自行车、弓箭等。该复合材料同时具有高硬度，高模量，高抗冲击性，耐磨损疲劳老化，良好吸震性的POSS-环氧-碳纤维复合材料。

主要技术指标：

拉伸强度：3500MPa

拉伸模量：230Gpa

弯曲强度：1200MPa

弯曲模量：80Gpa

层间剪切强度：90MPa

层间剥离强度：10MPa

二、技术成熟度

目前已经合成了含可反应性单官能团的POSS，优化了其合成工艺，得到产率较高、性能稳定的POSS。并将制备了各种POSS及碳纤维改性环氧树脂复合材料。

三、应用范围

高档轻质运动器械，如网球拍、羽毛球拍、自行车、弓箭等的原料

四、投产条件和预期经济效益

投产条件：生产该种树脂的生产要求较简单，只需普通的搅拌加热设备和反应设备即可，无需改装即可进行生产。

效益分析：按第一年产原料10吨计算，环氧4万元每吨，POSS3000元每千克，添加0.5-3%，碳纤维300元每千克，添加量为20%-50%，每吨成本20-40万元，每吨售价80-100万元。产值800万元，税收200万元，利润400万元。若用于羽毛球拍制造，平均每支羽毛球拍50g该复合材料，可生产20万支，每支以人民币200元计，产值4000万元，税收300万元，利润500万元。

五、合作方式

技术转让。

成果十一：导电聚苯胺及其衍生物

一、项目简介

导电聚合物的发现为有机高分子材料的应用开辟了一个新领域，聚苯胺由于合成工艺简单、掺杂机制特殊，具有良好的导电性、优良的环境稳定性以及特殊的光、电、磁学性能而得到广泛的研究。但仍存在以下问题：（1）聚苯胺的分子链骨架刚性强，分子间相互作用力大，几乎不溶不熔，加工性能和机械性能较差；（2）合成产物的结构、分子量和聚集态难于控制，对宏观性能的影响大；（3）聚苯胺经掺杂后虽然表现出一些优异的性能，但相对于本征态，稳定性降低。

针对以上问题，本项目采用化学氧化聚合法合成了不同功能酸掺杂的聚邻甲苯胺（POT）、聚间甲氧基苯胺（PmMAn）、聚邻氨基苯硫酚（PAT）、苯胺与邻磺酸基苯胺的共聚物（An-co-SAn）。通过探讨各种因素对聚合反应的影响，得到各种单体的适宜的聚合条件。有效地提高了聚苯胺衍生物的导电性及热稳定性等各项性能。本项目主要包括多种聚苯胺衍生物的合成方法，其中关键技术已申请了6项国家专利（ZL 200510000289.8，200410087823.9，200510000290.0，200510000283.0，200510000288.3，200510000291.5）

产品的主要技术指标：

外观及颜色：蓝黑色或深绿色粉末，

掺杂态产品电导率： $10^{-6} \sim 10^0$ (s/cm)

粒径： $\leq 30 \mu\text{m}$

纯度： $\geq 98\text{wt}\%$

气味：无味

分子量：5,000-100,000

分子量分布： ≤ 7.4

可加工温度：低于 150°C

熔点温度：无熔点，超过 250°C 分解

体密度： $0.8 \sim 1.2\text{g}/\text{cm}^3$

吸水性：在空气中吸水 1-6wt%

化学反应活性：具有可逆的氧化还原性能，可以与酸、氧化剂、还原剂反应。

二、应用范围及技术成熟程度：

本产品可作为导电涂料、防腐涂料、电磁屏蔽材料等材料的功能添加剂，功能性电极修饰剂。

四、投产条件和预期经济效益

投产条件：总投资约 100 万，主要用于购置反应釜、低温冷却液循环泵、计

量泵、涂刷器、真空过滤机、真空烘箱等设备。厂房面积约 200~500 平方米。

效益分析：项目执行期间总投资 500 万元，项目完成时预计第一年实现年生产能力 10 吨，产品属于高科技产品，附加值高，售价约为 300~500 元/kg。

五、合作方式

技术转让。

成果十二：表面修饰导电聚合物的单分散高分子微球

一、项目简介：

导电聚合物具有传统聚合物所缺乏的电活性，因而在轻质电池、电磁屏蔽材料、防腐涂层和传感器等领域有着很大的发展潜力。导电聚合物特别是聚苯胺由于自身的分子结构刚性大，分子链间相互作用力强，因而其加工性能较差，难溶难熔，这在一定程度上限制了导电聚合物的应用。将聚苯胺与其他材料复合，制备复合材料是解决这个缺陷的重要方法之一。

该项目涉及一项基于表面修饰导电聚合物的单分散聚苯乙烯高分子微球的生产技术。单分散的聚苯乙烯微球经改性后，可获得表面包覆有壳层结构或者纳米线结构的导电聚合物如聚苯胺、聚环取代苯胺以及聚吡咯。该项目的关键技术已申请四项国家发明专利（200710009461.5，200710009676.7，200710144024.4，200710144023.X）。

技术特点：

1. 合成条件温和，常温常压下即可，对生产设备要求较低，有利于该方法的工业化；
2. 相对普通界面聚合，其生产效率高，周期较短，同时采用的有机溶剂较少；
3. 产物的纳米包覆层结构具有比表面效应等纳米材料的性能，为其进一步的应用提供了可能；
4. 所制备精细纳米结构的导电聚合物与聚苯乙烯复合形成功能化微球，该纳米结构是具有直径处于纳米尺度 10~100nm 的线性纳米导电聚合物；
5. 球壳结构的导电聚合物层的厚度可通过改变聚合包覆的实施条件进行调节；
6. 聚苯乙烯的单分散微球的尺寸直径可以通过调节分散聚合实施条件进行控制。

主要技术指标：

1. 不同产品聚苯乙烯微球的粒径：1~40，粒径分布 PDI：1.001~1.1
2. 导电聚合物的纳米线结构的尺度为：10~100nm

二、应用范围及技术成熟程度：

本产品可用于轻质电池、电磁屏蔽材料、防腐涂层和传感器等领域。

三、投产条件与预期经济效益：

场地 200m²，流动资金 20 万元。按年产 2 吨计，经营利润约 10 万元

四、合作方式

技术转让。

成果十三：聚合物膜修饰电极电化学传感器

一、项目简介

目前我国对水质监测的项目包括酸碱度、温度、浊度、色度、溶解氧、磷及磷酸盐、氨、氮、硝酸盐、硫化物、有毒害金属离子、有机物、农药、油脂及各类有毒害化合物约 40 多个项目，其中约有 90% 以上的项目都可通过传感器来实现监测。实现电化学传感器对水质进行科学管理的关键在于传感器的响应速度、灵敏度、稳定性及选择性。

本产品具有以下优点：导电聚合物具有高的稳定性、氧化还原的可逆性和显著的化学记忆性而成为化学与生物传感器制造的新型材料，它克服了小分子媒介体在反应中易于流失，操作复杂，成本高等不利因素，具有可利用种类多、可在室温下操作等优点。本项目成果研制的聚合物膜修饰电极电化学传感器，通过环取代和掺杂，调节聚苯胺的活性电位，实现了对醇、酚、溶解氧等物质选择性检测，具有灵敏度高、选择性好、响应时间短的优点。项目成果达到“国际先进水平”（闽科鉴字[2005]第 74 号），获得 2008 年福建省科技进步二等奖，其中关键技术获得三项国家发明专利授权（ZL 2005100002900、ZL2005100002830，ZL 2005100002883）。

二、技术成熟度

所研制的电化学传感器 2004 年底开始在法国南部 Meze 欧共体城市污水处理中心进行水质连续监测，历时 3 年多，运行情况稳定。该传感器装配于法国电气公司（EDF）可连续监测温度、电导率、pH、氧气浓度的装置。可在较大电位范围内检测到 H_2O_2 ，对异丙醇、甲醇、对苯二酚、邻苯二酚电氧化过程具有强烈的电化学响应。

三、应用范围

功能性聚苯胺膜修饰电极“传感器”化，实现对环境水介质中部分醇、酚、溶解氧的连续检测；其中溶解氧检测电化学过程中产生的 H_2O_2 ，具有除色、除臭，降解污染物、降低 COD 等作用，可广泛应用于环境水源污染的有效检测及控制领域。

四、投产条件和预期经济效益

本项目产品的生产要求较简单，只需普通的搅拌设备、反应及涂膜设备即可，无需改装即可进行生产。

属于高科技产品，每根电极生产成本（包括基体电极和聚合物材料）约为 100 元，售价可在 5000 元以上。

五、合作方式

技术转让。

材料学院 解荣军团队

团队介绍

	姓名	首席个人简介
首席科学家	解荣军	解荣军教授长期致力于氮化物发光材料及半导体照明与显示器件研究，首创“单颗粒诊断技术”开发新型氮化物发光材料，在超高显色白光LED照明器件、广色域液晶背光源、大功率激光照明等领域做出了国际领先的研究成果。
团队成员	庄逸熙	助理教授
	李焯	助理教授
	唐学原	助理教授
	周天亮	工程师
	李淑星	博士后（博新计划）
联系人/联系方式	厦门大学科技处 0592-2185633	
首席科学家照片		
		

成果一：8K 超高清显示器液晶背光源用新型发光材料

一、项目简介

随着消费者对更高显示品质的需求，8K（7680×4320 像素）超高清显示器将逐步取代目前市场上的 4K（3840×2160 像素）显示器。日本夏普公司早在 2013 年就积极研发 8K 超高清显示技术，2015 年已推出样机，并决定于 2018 年下半年进行批量生产；日本公共广播公司 NHK 更是准备用 8K 信号转播平昌冬奥会和东京奥运会。8K 超高清显示器的核心部件是液晶背光源，为提高显示器的色域范围和亮度，使显示器能显示更为丰富的色彩，要求发光材料发射光谱的半峰宽尽可能窄。开发具有窄带发射的发光材料，特别是具有绿色发光、高量子效率、高可靠性的材料，对于超高清显示产业的发展具有重要意义。

二、前期研究基础

立足于超高清显示产业的技术需求，研究团队基于在氮化物发光材料研究的工作基础，在国家重点研发计划《第三代半导体核心配套材料》项目（子课题，第三代半导体高密度能量光源用新型荧光材料及制备技术，2017YFB0404301）的支持下开展多种窄带发射荧光粉的合成制备与应用研究工作。

三、应用技术成果

研究团队开发了多种低光衰、高可靠性窄带发射的绿色发光材料，如 β -SiAlON:Eu²⁺（FWHM < 60nm）、 γ -AlON:Mn²⁺,Mg²⁺（FWHM < 45nm）等，并与日本夏普公司合作，开发出色域范围 > 100% NTSC 的白光 LED 背光源器件。



图 1. 研究团队开发的高性能窄带绿色发光材料并应用于日本夏普 AQUOS 8K 超高清电视机

四、合作企业

夏普（Sharp）株式会社于 1912 年创立于日本。自创业依赖，夏普公司开发出日本国内第一台收音机、电视机、世界第一台计算器和液晶显示器等产品。1953 年，夏普公司成功地进行了电视机的批量生产。随着电子行业和 IT 行业的迅速发展，夏普公司积极扩展新领域，并将经营重心置于视频、家电、手机及信息等产品的制造和销售。近年来，夏普公司推出超高清液晶电视机 AQUOS 系列，将电视和生活的关系推向一个崭新的天地。

成果二：大功率激光照明用新型发光材料

一、项目简介

受制于发光效率的物理极限，单颗白光 LED 的功率和流明都相对较小，大

大限制了其在诸如汽车前照大灯、航空照明等高端产品中的广泛应用。为了突破白光 LED 在制备超高亮度、大功率白光光源时面临的瓶颈，激光照明技术应运而生，成为实现超高亮度和超大功率照明的新一代颠覆性固态照明技术。

二、前期研究基础

作为激光照明中的关键材料，激光荧光材料由于承受更大功率密度的入射激光，在使用中容易产生发光饱和、可靠性低和使用寿命短等现实问题。基于此，研究团队在国家自然科学基金委项目支持下，开展了面向大功率激光照明用新型发光材料的研究工作。

三、应用技术成果

研究团队以钇铝石榴石体系 (YAG:Ce³⁺黄色荧光材料) 和氮化物体系 (CaAlSiN₃:Eu²⁺红色荧光材料) 为研究对象，率先开发出高导热 YAG:Ce³⁺ 基复相黄色荧光陶瓷，其在 50W·mm⁻² 的高光通量密度蓝光激光激发下，仍能保持优异的可靠性，该产品已与企业合作开发出汽车前照大灯。为了获得高显色指数的激光白光，通过考察晶粒择优取向、烧结助剂和组合烧结工艺等对材料致密化、微观结构的影响，首次制备得到致密的 CaAlSiN₃:Eu²⁺ 红色荧光陶瓷。

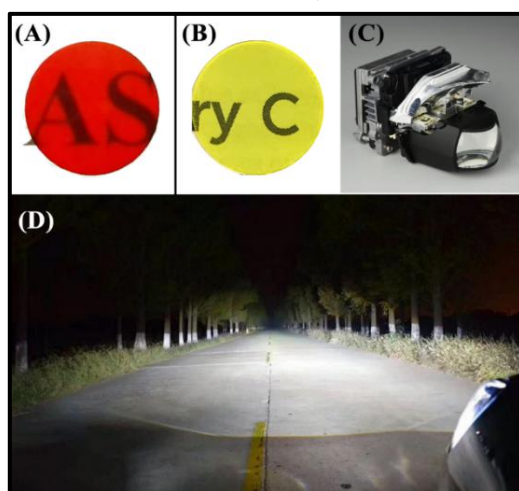


图 2. (A) CaAlSiN₃:Eu²⁺ 红色荧光陶瓷, (B) YAG:Ce³⁺ 基复相黄色荧光陶瓷, 与企业合作开发汽车 (C) 激光大灯和 (D) 装车效果。

四、合作企业

超视界激光科技(苏州)有限公司是由几名毕业于巴黎南十一大学和清华大学的博士创立,在创立之初就吸收并掌握了国外激光照明研究的前沿技术和国内行业发展的最新趋势,成为国内领先自主研发、生产并向市场推出激光车灯、激光探照灯及其他激光照明产品,并拥有完全自主知识产权和超过 50 项相关发明专利的高科技激光应用类公司。2016 年公司在苏州高新科技项目招商展中凭借自主研发的白光激光光源组获得评审组专家的一致好评,最终获得项目评审第一名,并受苏州市政府邀请,落户苏州创业园。公司秉承‘技术创新为根本,市场导向为原则’的宗旨,从光学工艺,产品性能,产品外观设计,工业设计,洁净车间的精细生产等方面不断完善产品开发体系,并以此为核心竞争力,面向军工、汽车、船舶、铁路、搜救等相关照明领域,建立了广泛的销售网络,同时给未来海外市场的开拓打下了坚实的基础。公司将逐渐在中国及全球设立地区级技术服务中心,从应用技术支持到产品售前和售后服务等方面为客户提供全方位的解决方案,在激光照明改变未来生活的科技浪潮中,持续给客户创造最大价值,并为了把超视界打造成行业最具影响力的品牌之一而不断努力。

电子科学与技术学院 游佰强团队

团队介绍

	姓名	团队负责人简介
项目负责人	游佰强	IEEE 高级会员，教学名师，教授，82年毕业于电子科技大学，99年从西安交通大学调入厦门大学。教学科研并重，已发表学术论文100多篇，获得国家发明专利授权78项，目前正在主持建设2门国家级精品视频及多门MOOC在线开放课程，现带有9名研究生。
团队成员	周建华	教授
团队成员	李伟文	副教授
团队成员	李杰	工程师
团队成员	林兵	硕士生
团队成员	朱建基	硕士生
团队成员	吴鑫江	硕士生
团队成员	王宇	硕士生
联系人/联系方式	厦门大学科技处 0592-2185633	
团队负责人照片		
		

成果：新型人工电磁材料的开发与应用（左右手复合材料）

一、项目简介

21世纪以来，一种被称为“左手材料”的人工复合材料在固体物理、材料科学、光学和应用电磁学领域内开始获得愈来愈广泛的重视。左手材料也称人工电磁材料或超材料，是具有天然材料所不具备的超常物理性质的人工复合结构或复合材料，其性质往往决定于人工设计的各种新颖电磁结构，是目前电磁学和材料学等领域的前沿。团队围绕新型人工电磁材料设计、传输特性特别是在天线领域方面的应用已进行了系列化的研究领域，近年来完成了多个省级科技项目、国防预研项目，重点研究涵盖了新型人工电磁材料传输特性、双负频率特性、对称及非对称人工电磁材料、人工电磁材料对天线及其阵列特性的控制技术。发表相关的IEEE、EI检索论文20多篇，在新型人工电磁材料的基本理论、电磁结构设计特别是现代通信各频段天线性能改进等方面取得了系列成果。

二、技术成熟度

围绕新型人工电磁材料传输特性、对称及非对称人工电磁材料、人工电磁材料对天线及其现代通信各频段天线性能改进等现代应用，申报相关国家发明专利40多项，其中20多项已经获得授权，可以针对不同应用解决新型人工电磁材料系列核心技术问题，达到微细结构设计、特性精确控制（调控）。主要合作单位有福建星海通信科技有限公司和中国船舶重工集团公司第七二五研究所厦门分部等。

三、应用范围

项目覆盖汽车、船舶、航空、集成电路等特定环境天线/无线大容量传输硬件支撑需求。

四、投产条件和预期经济效益

从投资的角度，人工电磁材料和天线批量研制工艺要求并不复杂，采用常规具有一定精度的机械加工设备或者高稳定度的PCB制版设备就可以完成平面小型化特殊结构，设备寿命较长，在高科技设计技术的保障下操作调控也很方便。扣除产品的后期包装和推广成本，利润极高，需求量大，保守估计各种类别的人工电磁材料及其天线年产值都会在数百万以上，属于低投入高回报的产业，核心点在于材料结构及天线设计。

项目投资额视合作关系而定，一般前期投入每个特需专项前期100~150万人民币，后期追加及提成（不包括厂房等投入）。

五、合作方式

合作研发、许可、技术转让。根据合作方式，每个具体子项目300~500万，具体合作方式可商议。

新能源和节能环保领域

化学化工学院 尹应武团队

团队介绍

	姓名	团队负责人简介
闽江学者 厦门大学特聘教授	尹应武	主持植物体全价利用、清洁制浆、缓控释肥、生物基磺化新工艺等的研发，形成了生物质产业链；在以天然气为原料的氢氰酸及其下游产品的天然气化工行业，在氧乐果、黄血盐、草甘膦等清洁生产领域，在靛蓝染料的工艺改进、废水废渣资源化利用及节能降耗，产业升级方面成功开发了多项先进实用的成套生产技术工艺包，引领了行业的变革。创立或合作的很多公司均已经成为行业龙头或技术领先者。有二十多个产品市场占有率居世界第一。
团队成员	赵玉芬	院士
团队成员	卢英华	教授
团队成员	吐松	教授
团队成员	叶李艺	副教授
团队成员	陈学云	助理工程师
团队成员	高玉兴	高级工程师
团队成员	胡泽波	工程师
团队成员	何达超	技师
团队成员	李大川	工程师
团队成员	韩田田	工程师
团队成员	蔡成伟	助理工程师
团队成员	柯靖	助理工程师
团队成员	任毅华	博士生
团队成员	郭伟	博士生
团队成员	谷传涛	博士生
联系人/联系方式	厦门大学科技处 0592-2185633	
		
团队负责人照片		

成果：环保节能装备——模拟“龙卷风”技术及高效节能装备

一、项目简介

项目团队遵循“道法自然”，通过原理、装备和应用创新，开发了模拟“龙卷风”技术及系列装备，开创了过程强化新模式。已在烟气超低排放，水体高效增氧、降尘抑烟、消防灭火、施肥喷药、替代机械搅拌等领域成功应用，性价比优势显著。

该发明已通过权威部门检测和成果鉴定，获得多项专利，是国际领先的原创技术，可助力“碧水蓝天”工程。

本项目团独创了充分利用体系自生能和有效能模拟“龙卷风”的“刮风下雨”式的过程强化模式。

通过“因势利导”旋转雾化喷头设计，将一直被忽视的传动动能高效地转化为转动能和充分雾化的表面能，有效避免了动能损失，实现了大范围、长距离充分雾化分散，显著提升了过程强化效果。

新型旋转喷头可借助流体对外喷射时的反作用力和小阻力优势，产生高速旋转，在液体或空气中旋转速度每分钟可达数百次到数千次不等，高速旋转的气流或液流不但可以带动周边气体或液体旋转，而且可促进分散流体与介质的摩擦，强化雾化或分散效果。

大流量射流旋转喷头可以克服现有喷头容易阻塞、雾化面积小、分布不均，雾化效果差等弊端，实现长距离、宽范围、大流量充分雾化和大面积覆盖，使水雾在径向和环向分布更为均匀。

每立方米的液体可雾化成粒径 $60\ \mu\text{m}$ 左右的液体颗粒，表面积达到 $105\ \text{m}^2$ 。借助气体自身的动能、多喷头旋转产生的动能和体积收缩产生的有效能共同形成合力，可促使流体更强、更快、作用范围更大的定向旋流运动，产生类似“龙卷风”的快速旋流效果，并沿塔体螺旋上升，从整体向上运动方向改变为螺旋上升运动，旋转喷头起到了形成负压、促进旋流“风眼”形成的作用，可以更好地使物系的自身能量转化为有效能量，强化过程混合，实现高效节能。

在特定的装备和实际体系中诱发产生强烈旋流，能够很好破解各种实际体系传质传热效率难提高和实施成本高的问题。

目前已经成功开发能耗极小的成套高效节能装备系统，开辟了低实施成本和高效率传热、传质、传递的过程强化新途径，应用领域广泛。

二、技术成熟度

以模拟“龙卷风”为亮点的烟气净化系统技术与装备已经4年的研发、应用评价和不断放大、多体系应用及系统优化，形成了工艺包及成套装备技术。基于前期基础，具备针对不同对象的工艺包开发和设计能力，制定了技术及装备的标准，具备承担核心装备的设计与加工，生产线在线评价与优化，全系统及成套单元装备的设计、安装、调试及服务运营能力。

本项目已经获得和申请12项发明专利，包括多国的国际专利。基于“龙卷风”原理开发的全新技术与装备的巧妙结合，已建成的20吨/小时锅炉和225吨/小时锅炉的烟道气净化装置已经先后通过厦门大学、中国环境科学学会和内

蒙古科技厅组织的专家论证和现场鉴定,专家一致认为该项研究成果提供了一种高效节能装备系统发展的新途径,实现了原理创新、装备创新、应用创新,在烟道气及黄磷尾气脱硫、除尘净化、消烟灭火、溶氧、混合、换热等方面成功应用,并表现出了很好的使用效果,是过程强化技术的重大突破,整体达到国际先进水平。

三、应用范围

(1) 脱除工业烟道气中 $PM_{2.5}$

本项目基于模拟“龙卷风”技术开发的高效节能净化装备可在不使用双塔脱硫和湿式电除尘的前提下,以低设备投资和低运行成本满足二氧化硫和 $PM_{2.5}$ 的最新超低排放要求。全套技术及装备的集成,不但原料可使用高硫煤,而且副产物还可联产纳米硫酸钙和纳米碳酸钙,实现烟道气的高附加值资源化利用,减少污染排放,助力“碧水蓝天”和循环经济工程。

(2) 消防领域

高速自动旋转雾化喷头很好的克服了现有消防喷头用水量大、灭火效果一般的缺点,可实现几秒~几十秒快速灭火。同时具有消烟、吸热、降温功能,利用产生的体积急速膨胀的巨大水蒸气降低氧气含量,阻隔空气进入,达到快速、高效、低用水量的灭火效果。产品通过消防部门的检测,性能优于现有消防产品,可望开发出消防新技术和消防产品新标准。

(3) 农业领域

可喷雾覆盖 40 米直径的区域,将大幅扩展设施农业半径,提高农业生产效率,可替代传统的滴灌、喷灌施水、施肥和施药;可喷施不全溶性浆料(固液混合),突破滴灌需要全水溶肥的限制。大孔道喷雾方式有助于粉煤灰、碳酸钙、秸秆、石膏、生物基材料低成本、高效率、均匀还田及大面积盐碱地、沙漠改造,打造生态农业产业。

可进一步开发以调整大棚生产温度、湿度,农业灌溉、施肥、喷药,气雾栽培,水产养殖,水产保鲜等改造为主要方向的喷雾旋流技术及装备,构建生物质资源利用、生物基产品开发、三废资源化、节能环保技术与高效装备等协同促进的产业集群。

(4) 可替代搅拌强化混合,降低污水治理成本

创新的旋流混合装备系统可以拓展到气、液、固三相体系,可替代机械搅拌进行更高效混合,减少设备投资,破解混合及布气不均匀的难题。借助体系输入或循环物料动能产生旋转或温度急剧变化产生的体积变化所形成压力梯度,在气相中自动诱导出类似“龙卷风”的效果,在液相中强制形成漩涡般的旋流效果替代机械搅拌,可大大促进反应及分离过程的传热传质,可在固液、气液、气固两项或气液固三相体系的混合、反应及分离过程中广泛应用,提高溶氧能力,在各种混合体系、污水生化处理、生物发酵等体系中将有广泛的应用前景。

(5) 大气除尘降温

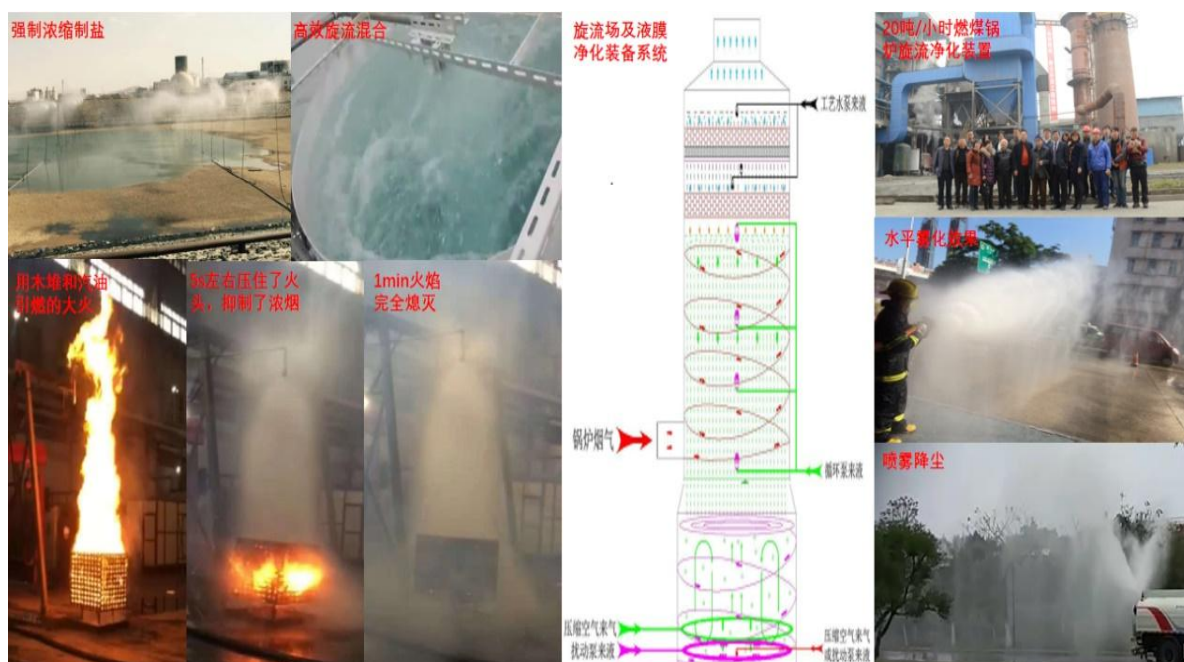
在雾霾治理、扬尘治理、人工降雨领域应用前景巨大。研究发现,对含有 $PM_{2.5}$ 为 $2000 \mu g/m^3$ 和 PM_{10} 为 $8000 \mu g/m^3$ 的扬尘重污染空气喷雾 2 秒左右, $PM_{2.5}$ 和 PM_{10} 削减 98% 左右。

四、投产条件和预期经济效益

合资合作，联合开发技术及市场，创新合作模式。

将重点落地工业开发区，探索合资合作的机制体制，灵活采用 PPP 模式、第三方治理模式、工程总包模式、项目改建模式、带资改造享受指标和效益等方式，在开发区与企业 and 政府建立“利益共享、风险共担、全程合作”的共同体关系，帮助政府节能减排，破解环境和资源瓶颈，减小企业投资风险。

总体目标：开发和推广模拟“龙卷风”技术以及成套高效节能装备系统在大气扬尘治理、烟道气超低排放、余热回收与利用、强制蒸发和冷却、消烟灭火、高效多功能反应器、混合分散、污水高效处理、高效农业设备等领域的应用。



模拟“龙卷风”技术与装备及应用场景

五、合作方式

合资合作，技术非独家授权及区域性产品联合生产。

化学化工学院 赵金保团队

团队介绍

	姓名	首席个人简介
首席科学家	赵金保	现任新能源汽车动力电源技术国家地方联合工程实验室主任、电化学技术教育部工程研究中心主任、“闽江学者”特聘教授、“千人计划”特聘专家等。长期从事化学储能及其关键材料的研究，具有丰富的电池设计和制造经验。
团队成员	张鹏	副教授
	王静	工程师
联系人/联系方式	厦门大学科技处 0592-2185633	
首席科学家照片		
		

成果：电动汽车动力电池用高安全功能隔膜的技术开发与产业化

一、项目简介

隔膜是决定锂离子电池性能的重要材料之一，尤其对电池的安全性能起着至关重要的作用。主要体现在隔离正、负极片，使电池内的电子不能自由穿过，防止电池内部短路，同时让电解液中的离子在正负极间自由通过，实现离子导电。锂离子电池的安全性不但取决于电极材料，还与电池隔膜具有极大的关系，在某种程度上来说隔膜起到最关键的作用。电池内部短路是锂离子电池安全性的最大隐患。锂离子电池 80% 以上的热失控（发热、冒烟、起火、爆炸等）是由电池自身内部短路而引起的。造成电池内部短路的原因很多，但最主要的原因是由隔膜材料决定的。目前锂离子电池所用隔膜主要以聚烯烃微孔膜为主，成分主要是聚乙烯（PE）和聚丙烯（PP）。聚烯烃类隔膜的熔点温度较低，在电池温度过高时，隔膜会收缩甚至融化，造成电池内部短路，从而引起安全事故。

提高聚烯烃隔膜的耐热性，增大聚烯烃隔膜热闭孔温度与破膜温度的温度差是提高聚烯烃隔膜性能的重要途径。功能隔膜是在隔膜表面涂覆一层热稳定性良好的耐热层（陶瓷等）。耐热层可以在隔膜表层形成一个稳定的框架，阻止隔膜的进一步收缩，即使隔膜局部融化，表面的耐热层也可以置于正负极片之间，形成一个良好的绝缘壁垒，切断电流，防止短路的进一步发生。

二、前期研究基础

项目于 2011 年 1 月立项，同年 8 月被科技部“863 计划”重大项目支持（项目编号 2012AA110404）；同时，使用该功能隔膜材料的动力锂离子电池也获得了“863 计划”重大项目立项（项目编号 2012AA110204）。2012 年底，项目团队在中航锂电（洛阳）有限公司建成一条年产 300 万平方米陶瓷涂覆功能隔膜生产线。科技部网站把该项成果列为国家“863 计划”电动车重大专项的 3 个代表性重大突破性成果予以报道，指出“该项目的实施，对于完善和补充我国锂离子动力电池产业链缺失的关键一环，对于提高锂离子动力电池生产和应用的安全性具有至关重要的作用。”（http://www.most.gov.cn/gnwkjdt/201307/t20130703_106882.htm）

生产线经过半年多的连续生产后，完成相关配方固化，合浆、涂布、分切工艺技术开发，形成生产能力，并进行了陶瓷隔膜电池设计、试制与测试，并于 2013 年 11 月通过了中航工业集团组织的科学技术成果鉴定，专家组鉴定意见如下：“该项目开发了陶瓷涂层与聚烯烃微孔膜复合技术，研制出具有耐高温性能和热关断作用的 PE 和 PP 系列的功能隔膜材料，并完成了产业化技术开发，建立了一条年产 300 万平米的功能隔膜生产线，鉴定委员会一致认为：“该项目成果整体技术处于国际先进水平”。2013 年 12 月，采用该功能隔膜的高容量锂离子动力电池产品通过了“电动汽车用锂离子蓄电池”强制性检测，安全性能达到使用要求。

三、应用技术成果

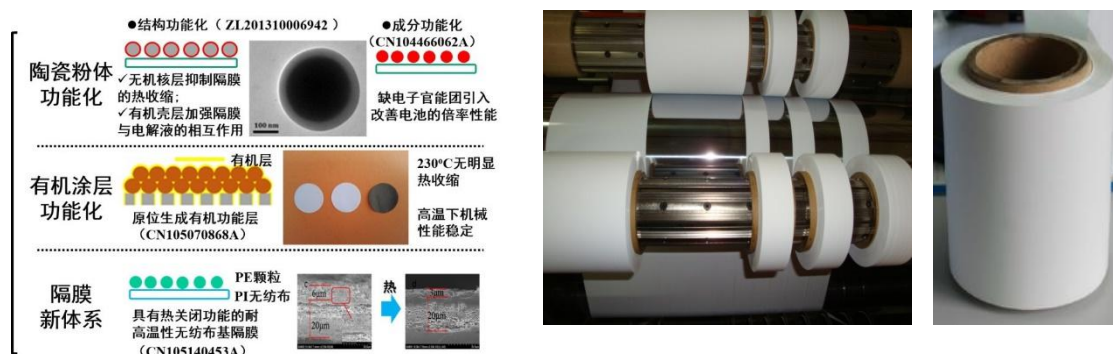


图 1 全新的功能隔膜产品

(一) 发明、开发了多种具有全新构造和构成的陶瓷涂覆功能隔膜。

主要包括，1) 表面高分子材料改性的无机陶瓷材料与传统聚烯烃隔膜复合的陶瓷涂覆功能隔膜材料 (ZL201310006942.6)；2) 具有“多级热响应功能”的新型功能隔膜。3) 具有功能化结构单元或成分单元的陶瓷粉体涂覆材料 (ZL201310006942.6; ZL201410751072.X)。4) 发明了具有热关闭功能的耐高温性无纺布基隔膜 (CN201510057825.1)。

(二) 开发了水基单面涂覆陶瓷隔膜关键技术。

包括无机材料的表面修饰和基材膜的表面处理；无机材料的分散技术的确立；基材膜上的涂布技术的开发；高速烘干技术的开发和抑制基材膜的起皱等关键技术。

(三) 发展了多种新型功能隔膜。

包括新型隔膜结构功能化、陶瓷粉体成分功能化以及超高温维度稳定与低温热闭孔相结合的被动安全机制与主动安全策略复合的新型功能隔膜等。

(四) 开发了功能隔膜在锂电中的应用技术。

基于电池极端工况条件下的热效应，发明了一种针刺隔膜性能检测方法，可快速实现陶瓷涂覆功能隔膜产品高温维度稳定性等特性的检测，具有高效、低耗等特点 (CN201310228494.4)。

四、合作企业

中航锂电(洛阳)有限公司，负责大规模生产技术的开发、工艺路线的优化和开发产品的应用技术。截止目前，公司隔膜相关技术共申请 15 项专利，其中 PCT 专利 2 项，获授权 3 项发明专利和 5 项实用新型专利。累计生产功能隔膜 500 余万平方米。2014 年公司起与河南义腾和沧州明珠委托加工、合作开发、合资建厂等方式，分别完成 PP 基、PE 基功能隔膜的量产，并应用于公司生产的所有电池产品上。近三年来产品累计形成产值已达 30 亿元。

团队还与中兴新材、德尔未来等进行了广泛的技术合作。

化学化工学院 杨勇团队

团队介绍

	姓名	首席个人简介
首席科学家	杨勇	国际 J Power Sources 杂志主编；国际锂电池大会执委会委员，获国际电池材料学会（IBA）技术成就奖、中国电化学贡献奖等荣誉；“闽江计划”特聘教授。国家杰出青年科学基金获得者，首批“新世纪百千万人才工程”国家级人选。主要研究领域涉及化学、材料及能源学科。
团队成员	龚正良	博士，副教授
	张忠如	博士，高级工程师
	高军	博士，高级工程师
	李益孝	博士，工程师
联系人/联系方式	厦门大学科技处 0592-2185633	
首席科学家照片		
		

成果一：新型锂电池多功能添加剂及功能电解液

一、项目简介

设计并合成了系列多功能添加剂，通过单一添加剂同时实现阻燃、成膜等多种功能，并开发了相关功能电解液，有效改善电池安全性和寿命的同时降低添加剂使用量，大幅节约成本。研究结果对设计与发展新型的锂离子电池电解液添加剂具有重要的借鉴和参考意义。

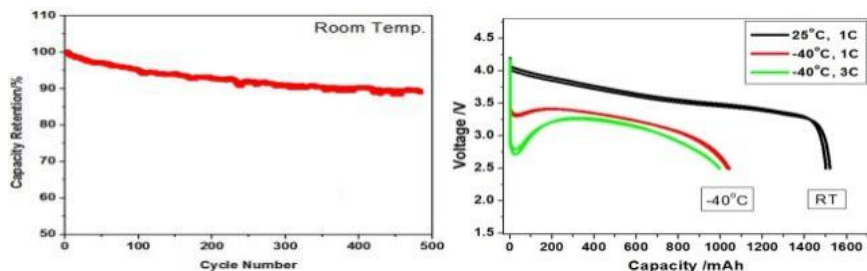
二、前期研究基础

在新型添加剂设计合成和功能电解液开发上具有十余年的丰富经验，与国内相关知名企业建立了广泛合作。已在国内外 SCI 学术期刊上发表学术论文 16 篇，申请国家发明专利 6 项，已授权 3 项，代表性论文得到了锂电行业研究者的证实和肯定。

三、应用技术成果

1、与企业合作成功开发软包钴酸锂电池 4.4V 高电压电解液、阻燃电解液和低温电解液。完成主要技术指标 4.4V&1C 循环 86%@500 周，低温-40 度 3C 放电，电解液燃烧性下降 90%以上等特征指标，相关电解液配方已在合作电解液企业种得到应用；

2、为企业开发三元动力电池用电解液，实现电池高温 55 度 1000 周循环；



四、合作企业

1、多氟多化工股份有限公司成立于 1999 年 12 月，致力于高性能无机氟化物、电子化学品、锂离子电池材料、新能源汽车的研发、生产和销售的高新技术企业，也是我国无机氟化工行业第一家上市公司。公司先后承担国家 863 计划 1 项，国家火炬计划 2 项，国家科技兴贸项目 1 项，国家重点新产品 3 项。拥有国家高技术产业化示范工程、战略性新兴产业专项等项目 10 项。

2、珠海市赛纬电子材料股份有限公司于 2007 年 6 月成立，注册资本 5000 万元，目前总资产逾 3 亿元。是一家研发、生产、销售中高端锂离子电池电解液的国家高新技术企业，公司的主导产品广泛应用于手机、电脑等产品用小型锂离子电池、新能源汽车用动力电池等，被赛迪顾问和中国电池网评为 2016 年中国锂离子电池行业电解液年度竞争力品牌榜单第六名。

成果二：高比能锂离子电池正极材料

一、项目简介

发展高比容量的锂离子电池材料及电池体系是未来高比能锂离子动力及储能电池技术发展的必由之路。正极材料作为锂离子动力电池四大材料的核心材料，对电池的最终性能起着至关重要的作用，锂离子电池的性能优化往往依托于

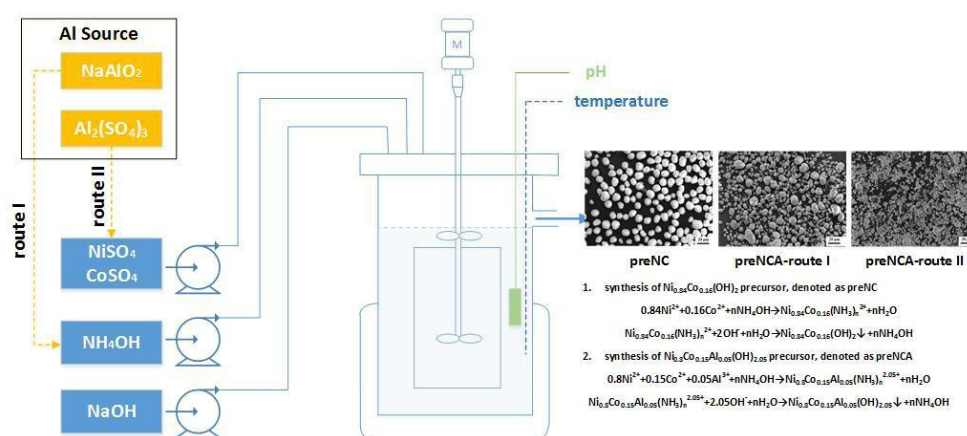
正极材料的技术突破，因此正极材料的研究成为当前锂离子动力电池最为关注的板块。目前商用的锂离子动力电池正极材料主要有锰酸锂、磷酸铁锂和三元材料。与锰酸锂、磷酸铁锂材料比较，层状氧化物材料具有较高的比容量，单体电芯的能量密度有较大的提升，是未来电动汽车的主流选择。高容量氧化物正极材料的开发对于实现 300 Wh/Kg 锂离子动力电池产业化有着重要意义。

二、前期研究基础

自 2000 年始开展相关研究，具有深厚的技术积累，通过优化合成工艺、体相掺杂、表面包覆等手段有效地提高了材料的比容量和循环稳定性，材料性能达到国际先进水平，已完成高镍三元材料、高电压钴酸锂、富锂锰基等高能正极材料的公斤级小试和评测。其中，高镍三元氧化物正极材料 0.05 C 首圈放电比容量可达 200 mAh/g 以上，100 圈循环容量保持率达 92%。

三、应用技术成果

高比容量高镍三元氧化物正极材料及其制备技术：开发出了具有高比容量和长循环寿命的高镍三元材料，提高材料结构的优化及制备技术的创新，显著降低了材料成本，提高了材料的放电比容量和循环稳定性，0.05 C 首圈放电比容量可达 200 mAh/g 以上，100 圈循环容量保持率达 92%。在新一代高比能动力电池中有着很好的应用前景。



高镍三元氧化物正极材料前驱体制备技术

四、合作企业

华为技术有限公司：与华为合作开发新型高比容量氧化物正极材料。

厦钨新能源材料有限公司：由厦门钨业股份有限公司与三明市国有资产投资经营公司共同出资设立，位于三明经济开发区吉口产业园，目前注册资本 1.45 亿元。专业从事锂离子电池正极材料研发与生产，2016 年实现产品销售 7000 多吨，产值突破 10 亿元。公司三元复合正极材料产业化项目有完善的生产管理体系及国内外忠实的用户，三元复合正极材料产品供不应求，电池材料已经销售给包括国际上先进的松下公司、国内电池标杆企业 ATL 等，已经进入国际电动车市场，车用锂离子三元正极材料发展前景一片大好。

成果三：铅碳电池技术

一、项目简介

传统的铅酸蓄电池制造成本低、安全性好,但比能量和比功率低,放电过程中性能下降,且铅对环境有影响,进一步的发展受到制约。近年来,以铅碳电池为代表的新型铅酸蓄电池在发达国家面世,并在混合动力车和储能领域得到示范应用。铅碳电池兼容了电容器与铅酸蓄电池的优点,因此比传统铅酸蓄电池具有更高的比功率、更长的使用寿命,比电容器具有更高的比能量。在特定的放电深度范围内,充放电功率可提高 50%,循环寿命比普通铅酸蓄电池延长 3 倍以上。同时比电容器与电池的外并方式简化了外电路,大大降低了生产费用。由于铅碳电池负极中加入过高的碳材料,导致充电时负极过早析出氢气;同时,碳材料超级电容的放电区间与铅负极的放电区间并不一致,这是制约铅碳电池发展的关键问题,也是铅碳电池发展的瓶颈问题,只有解决好这个问题,铅碳电池才能更加快速地发展。本项目的研究对于发展新能源汽车产业,以及电能源储存领域具有重要意义。同时,铅碳电池的生产可以减少铅的使用量、增加铅酸蓄电池的使用寿命,对于解决我国传统铅酸蓄电池企业环境问题具有积极意义。

二、前期研究基础

项目组在铅碳电池方面从 2009 年就与福建闽华电源股份有限公司开展合作研究,积累了丰富的经验。发表有关的学术论文多篇,已申报与铅碳电池相关的国家发明专利 5 项。尤其是曾对多种碳材料对负极性能的影响进行了研究,包括倍率放电性能、快速充放电性能、循环伏安测试、SEM 测试,极板孔隙率的影响规律等,并分析其影响机理。

三、应用技术成果

项目组制作的样品电池通过多种方式的性能检测。其中以日本启停电池标准 (SBA S0101) 进行测试的 12V9Ah 铅碳电池的循环寿命超过 30 万次,比普通铅酸蓄电池高出 5 倍以上。按照欧洲 EUCAR 标准测试,循环寿命可达 7 万次,达到第 4 批普通电池寿命的 4.3 倍。

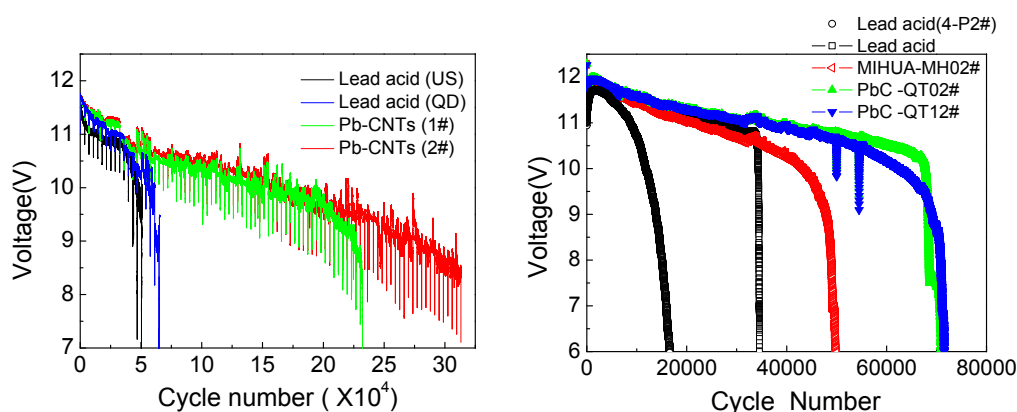


图. 按照日本启停电池标准 (SBA S0101) 图. 按照欧洲 EUCAR 标准测试结果

四、合作企业

无

化学化工学院 董全峰团队

团队介绍

	姓名	首席个人简介	
首席科学家	董全峰	厦门大学特聘教授，装备发展部重大专项专家组成员、中国电池工业协会常务理事。获得厦门市科技进步奖、福建省科技进步奖、全国信息产业科技创新先进个人、全国电池行业首批技术专家等	
团队成员	郑明森	副教授	博导
	袁汝明	助理教授	
	范镜敏	工程师	
联系人/联系方式	厦门大学科技处 0592-2185633		
首席照片			
			

成果一：锂空电池及关键材料

一、项目简介

电化学储能是清洁高效的能量利用方式，是未来综合解决资源、环境问题的主要技术途径。锂空电池直接使用空气中的氧气作为正极的活性物质，因而具有极高的理论能量密度，可达现有锂离子电池的 10 倍左右，被认为是一代所谓“终极”化学电源。

二、前期研究基础

研究团队持续开展锂空电池方面的研究，实验室已建立了从材料合成到模拟电池组装系统，在空气电极及金属锂电极方面都取得了重要进展。早在 2012 年，研究团队就在国际能源与环境领域顶级期刊（Energy Environ. Sci., 2012, 5, 9765 - 9768）发表了领先的研究成果。

三、应用技术成果

虽然锂空气电池是非常有吸引力的电化学储能体系，但要实现其广泛应用，仍然有很多困难需要克服。对其中关键的空气电极而言，主要有以下三个方面的问题：（1）气体电极结构问题。不溶的放电产物 Li_2O_2 容易堵塞空气电极，阻碍氧气的扩散与进一步反应，使得其实际放电容量远远低于理论放电容量；（2）氧气反应的动力学问题。氧气在空气电极上的氧化还原反应较为缓慢，导致充放电过程的过电位较大（通常大于 1 V）；（3）界面问题。放电产物 Li_2O_2 与空气电极的接触界面问题，直接影响充电过程，使得 Li_2O_2 不能被完全分解，造成锂空气电池的可逆性较差。

针对这些问题，研究团队设计和合成出一种具有开放式结构的剑麻状 Co_9S_8 材料，并首次将其作为锂空气电池正极。其开放状结构不仅为反应产物提供了丰富储存空间，有效避免不溶 Li_2O_2 对空气电极的堵塞。而且，特殊的开放式结构有利于氧气的俘获与释放，为高效快速电极反应提供保障；其次， Co_9S_8 具有优异的催化活性，有效改善了氧气反应动力学，大幅度提高了电极反应速度；最后， Co_9S_8 且具有良好的氧气亲和性，可以诱导氧气在 Co_9S_8 纳米棒表面反应生成过氧化锂，形成优异的 Li_2O_2 /电极接触界面，从而有利于充电过程中充分发挥 Co_9S_8 的催化效率，促进 Li_2O_2 的完全分解。所以，该 Co_9S_8 空气电极综合解决了上述三个方面的问题，相应的锂空电池表现出优异的电化学性能。在 50 mA g⁻¹ 的电流密度下，可以获得高达 ~6875 mAh g⁻¹ 的放电容量，在控制放电容量为 1000 mAh g⁻¹ 的条件下，可以将充放电过电位降低至 0.57 V，优于目前已报道的氧化物基催化剂。



仿生开放结构电极示意图

四、合作企业

无

成果二：锂硫电池及关键材料

一、项目简介

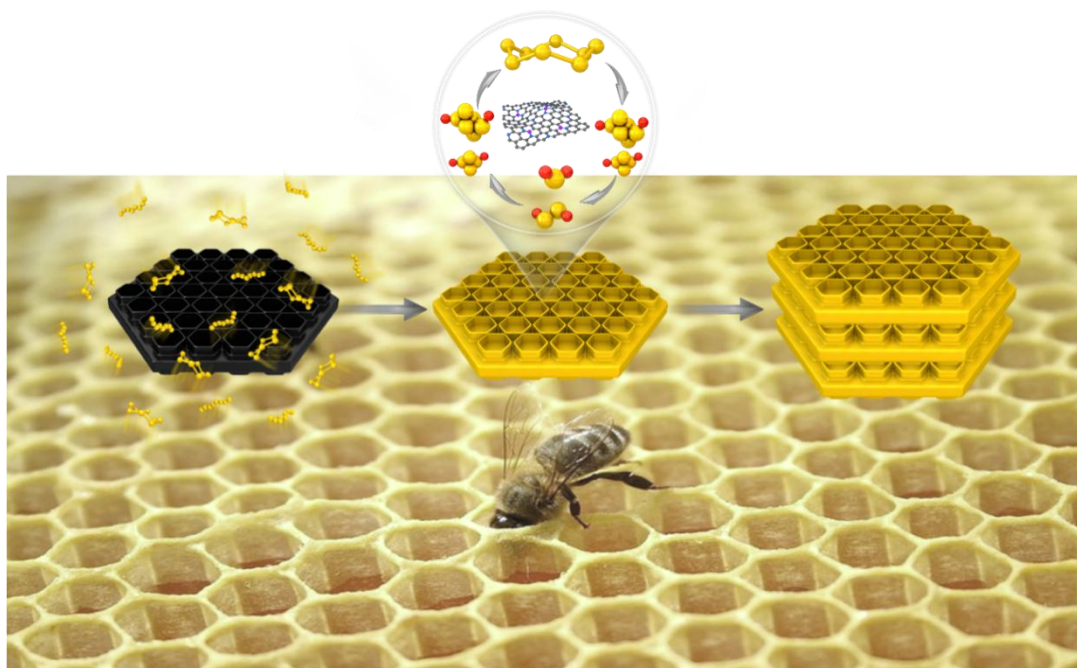
电化学储能是清洁高效的能量利用方式，是未来综合解决资源、环境问题的主要技术途径。锂硫电池是继目前锂离子电池体系之后的新一代高比能锂电体系。

二、前期研究基础

研究团队对锂硫电池体系开展了较为系统的工作，建立了较为全面的装配系统和测试系统，取得了系列研究成果。

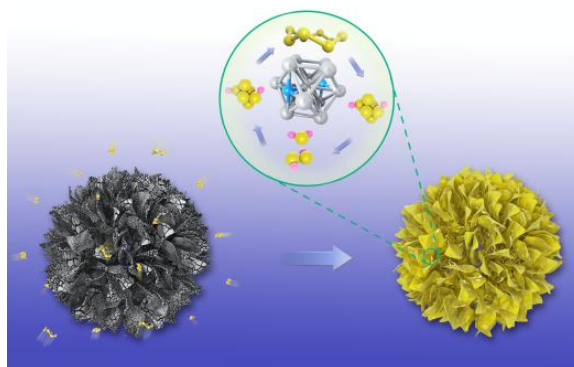
三、应用技术成果

1. “双高”硫电极复合材料。要实现可超越现有锂离子电池的高比能锂硫电池的商业化应用，不仅需要提高复合正极材料的硫含量（high sulfur content, HSC），还需要有高的硫复合电极的硫载量（high sulfur loading, HSL），形成所谓“双高”电极。研究团队采用模板法构筑了一种新型的准二维多孔蜂窝状 Co@N-C 材料作为锂硫电池的载硫基体。蜂窝状的结构具有最高的密度、最大的可利用空间以及所需要的材料最少等优势，将这样一种特殊的结构作为锂硫电池的骨架材料，不仅让具有高比表面积的单片蜂窝状实现高含量的硫复合，还可以通过多层蜂窝片的有序堆积实现高的载硫量，同时保持了 Co-N 的“双催化”、多功能的作用，取得了优异的电化学性能（ACS Nano, 2017, 11(11), 11417-11424）。



“双高”电极材料示意图

2. 非碳类 Co₄N 基体材料。研究团队首次制备了非碳类介孔 Co₄N 微球作为硫复合电极基体材料，实现了高达 95% 的载硫量，并取得了优异的电化学性能；同时，该 Co₄N 基体材料对充放电过程中多硫化物具有更强的亲和性、更快的吸附速度、更高的吸附量，是一种理想的硫复合电极基体材料（ACS Nano, 2017, 11, 6031-6039）。



四、合作企业

无

成果三：基于 POMs 的新型储能材料

一、项目简介

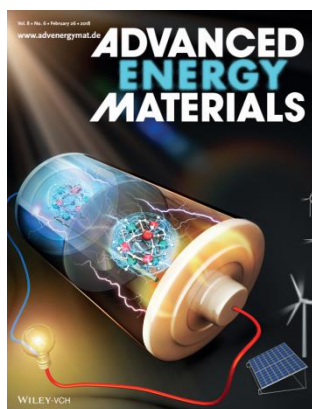
电化学储能是清洁高效的能量利用方式，是未来综合解决资源、环境问题的主要技术途径。传统的锂离子电池一直使用 LiCoO_2 、 LiMn_2O_4 、 LiFePO_4 等几种正极材料，存在材料比容量、比功率均较低，且难以再生等问题。因此，研发新型电化学储能材料是人们追求的目标。POMs 开放式的结构适合大的金属阳离子（比如 Na^+ 、 Mg^{2+} 等）的快速传输，单个多金属氧酸盐团簇处于纳米尺寸（1~5nm）在发生可逆的多电子的电化学氧化还原反应的时候能够保持其团簇结构的稳定，从而实现稳定的高能量密度和高功率密度；该类材料易于设计合成，易于回收，是未来极具发展潜力的新型储能材料。

二、前期研究基础

研究团队和合国际上 POMs 研究领域最强的课题组英国 Glasgow 大学 Leroy Cronin 教授课题组合作，首次开展基于 POMs 储能材料的系统研究，研发出超高功率锂离子储能体系和钠离子电池正极材料。

三、应用技术成果

我们首次报道了 $\text{Li}_7[\text{V}_{15}\text{O}_{36}(\text{C}_3)]$ 作为锂离子电池正极材料在 1.9-4.0 V 的电压窗口范围能发生稳定可逆的 14 个电子的反应，表现出 250 mAh g⁻¹ 的放电比容量，而且依然能够保持 $\text{Li}_7[\text{V}_{15}\text{O}_{36}(\text{C}_3)]$ 团簇结构的稳定。展示出 POMs 材料作为储能材料的应用潜力。同时，后续的研究发现 $\{\text{V}_{15}\text{O}_{36}(\text{C}_3)\}$ 团簇中，由于不同位点的钒展示出不同的电化学性能，对金属锂表现为不同的氧化还原电位，因此 $\{\text{V}_{15}\text{O}_{36}(\text{C}_3)\}$ 团簇展示出同时作为正极和负极的潜力，作为锂离子对称电池，在 100 A g⁻¹ 的电流密度下仍然能够提供高达 51.5 kW kg⁻¹ 的能量密度。同时在 1 A g⁻¹ 的电流密度下循环 500 周，容量保持率仍然在 80% 以上。显示出 POMs 材料良好的结构稳定性和循环性能。进一步的研究表明， $\{\text{V}_{15}\text{O}_{36}(\text{C}_3)\}$ 团簇不仅具有良好的储锂能力，而且作为钠离子电池材料也显示出优异的性能。 $\{\text{V}_{15}\text{O}_{36}(\text{C}_3)\}$ 团簇作为钠离子电池正极材料能够释放 240 mAh g⁻¹ 的容量，全电池的能量密度可以达到 390 Wh kg⁻¹ (Adv. Mater. , 2015, 27, 4649 - 4654; Adv. Energy Mater. 2017, DOI: <https://doi.org/10.1002/aenm.201701021>) 。



基于 POMs 材料的电池示意图，被用作 AEM 杂志封面

四、合作企业

无

成果四：金属锂负极

一、项目简介

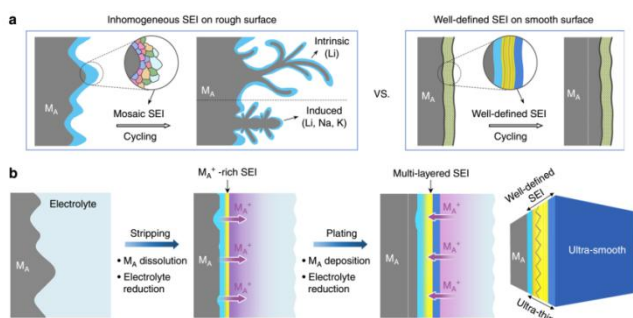
锂是最轻的金属，具有最负的电极电位，因而是最理想的电池负极材料。但是，锂的枝晶及表面不稳定等问题一直是基于锂负极的电池体系的最大困扰。

二、前期研究基础

金属负极的问题也是电化学领域的一个基础问题。这方面研究团队与毛秉伟教授团队合作长期开展合作，有较深厚的积累。

三、应用技术成果

研究团队通过研究发展了电化学调控的方法，实现对金属锂表面的电化学抛光和 SEI 膜的原位成膜，不仅获得了大范围原子平整的锂表面，而且构筑了分子尺度均匀光滑的 SEI 膜。运用 AFM 力曲线、XPS 深度剖析、FTIR 和 EIS 等显微学、谱学和电化学方法等多尺度表征技术对锂负极进行了详尽研究，结果表明该 SEI 膜呈现出无机物嵌入、有机物交联的软硬相间的多层膜结构特征和明显提升的离子电导率。这种微观平整光滑且兼具刚性和弹性的 SEI 膜的锂负极，具有优越的电化学性能，对锂枝晶有很好的抑制效果，表现出明显加长的稳定性及对电池电解液的普适性，锂平面电极可在 2 mA cm^{-2} (1 mAh cm^{-2})、100% Li 放电深度 (DOD) 下稳定循环至少 200 周且库伦效率高达 99%；与硫或者钴酸锂正极材料构成的全电池也同样展现出优越的充-放电循环性能 (Nature Communications, 2018, 9, 1339)。



四、合作企业

无

能源学院 林鹿团队

团队介绍

	姓名	首席个人简介
首席科学家	林鹿	厦门大学特聘教授，博导，能源学院副院长。从事生物质高值转化制备化学品与生物基化学品的研究与技术开发。承担了 973、863 等国家级项目多项，发表 SCI 论文 120 多篇，他引次数超过 3000 次，担任多个国际 SCI 杂志编委。
团队成员	龙敏南	教授、博导
	郑志锋	闽江学者特聘教授、博导
	刘运权	教授、博导
	曾宪海	生物能源所所长、副教授、博导
	刘健	生物能源所副所长、高级工程师、硕导
	王夺	生物能源所副所长、副教授、硕导
	孙勇	副教授、硕导
	叶跃元	高级工程师、硕导
	李水荣	讲师、硕导
	唐兴	讲师、硕导
	甘礼惠	工程师
联系人/联系方式	厦门大学科技处 0592-2185633	
首席科学家照片		
		

成果一：秸秆制纤维素乙醇与航空燃油技术

一、项目简介

乙醇汽油使用对环境友好是全面的：以玉米为原料的燃料乙醇，全生命周期里大概一吨乙醇可以减排 34%。目前已有超过 40 个国家和地区推广生物燃料乙醇和车用乙醇汽油。2017 年 9 月，国家发展改革委、国家能源局、财政部等 15 个部门联合印发《关于扩大生物燃料乙醇生产和推广使用车用乙醇汽油的实施方案》：到 2020 年，全国范围内将基本实现车用乙醇汽油全覆盖，预计到时燃料乙醇汽油需求超过 1000 万吨。同时，生物航空燃油已实现小规模飞行试验，展示了良好的发展前景。因此，利用不可食用的农业秸秆等资源发展可规模实现产业化的生物燃料乙醇和航空燃油技术是未来重要的发展方向，在能源领域具有重大的意义。

二、前期研究基础

本项目得到了国家重点基础研究发展计划课题（973 计划课题）“生物质细胞壁组分结构解译与组分键合机制，2010CB732201”、福建省发改委、厦门市科技厅的项目资助，目前已经形成了秸秆生物质组分分离、酶解糖化、发酵糖分离、乙醇发酵以及 5-羟甲基糠醛合成、5-羟甲基糠醛羟醛缩合产物加氢脂肪烃化合成航空燃油的整个工艺路线。

三、应用技术成果

目前该项目已经与相关企业签订了技术协议，委托合同进入实质签订阶段。

四、合作企业

本项目合作企业为大庆联谊石化股份有限公司。

大庆联谊石化股份有限公司成立于 1993 年，位于黑龙江省大庆市大同区，是一家从事石油化工产品生产、销售、油品及化工品贸易的能源化工企业。公司注册资本 64800 万元，占地 1000 多亩，于 1997 年 5 月在上海证券交易所挂牌上市。2016 年 12 月，北京海淀科技发展有限公司注资收购联谊股份，持有联谊公司 63.27% 的股份，成为大庆联谊石化股份有限公司的控股股东，目前在大庆建立年产 550 万吨的炼油生产线。

成果二：环保型生物质组分分离产业化技术

一、项目简介

生物质特别是木质生物质包括农业秸秆、木材等是地球上含量最丰富的可再生有机碳资源，主要由纤维素、半纤维素和木质素等组分结合构成。探索木质生物质的清洁高效并有规模化应用前景的分离与转化新方法新途径，以替代不可再生的石油、煤等化石基化学品、材料和能源，是本世纪初以来的科学热点领域之一。

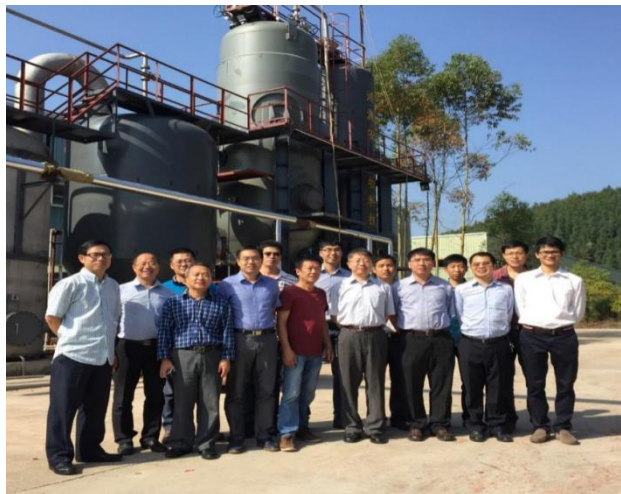
本团队探索性发现并初步建立了一种固体碱-活性氧蒸煮分离木质生物质组分的方法，并由此建立了弱碱氧化体系制浆的新方法体系。利用该方法实现生物质组分分离过程中，采用环境友好的不溶于水但在水溶液中产生弱碱性的 Mg 基化合物作为催化剂（固体碱），并加入 O₂ 这一清洁化合物，蒸煮过程不含水溶性强酸、强碱和含硫化合物，生产过程中无传统分离方法的恶臭味产生，安全有效，固体碱可以回收再利用。分离的生物质组分一方面可用作纸浆等材料，另一

方面可直接作为转化纤维素合成燃料乙醇和航空燃油的重要原料。

二、前期研究基础

本项目得到了国家重点基础研究发展计划课题（973 计划课题）“生物质细胞壁组分结构解译与组分键合机制，2010CB732201”、福建省发改委、厦门市科技局的项目资助，目前已经完成了实验室公斤级小试到吨级中试装置的建设。

三、应用技术成果



吨级中试示范装置

本项目目前已经建立了公斤级实验室小试和年利用原料万吨级的中试示范装置，并与相关企业已经展开合作。

四、合作企业

本项目合作企业为泉州福山农业科技有限公司。

福山农业科技有限公司是一家以造福社会、自主创新、坚守诚信、共创未来为发展理念的农业高科技企业，是集农林植物产品的研究、开发、生产、销售与服务为一体的高科技企业。

成果三：海洋活性功能糖（低聚木糖）研究

一、项目简介

本项目技术通过生物炼制技术对大米草等多种海洋源生物质进行组分分离，获取纤维素、半纤维素与木质素，并通过木聚糖酶将半纤维素转化为低聚木糖。项目科学意义如下：（1）通过大米草中纤维素、半纤维素与木质素组分分离，阐明大米草等海洋源生物质纤维素、半纤维素与木质素组成与结构特点（2）通过木聚糖酶及半纤维素侧链酶（如阿拉伯糖苷酶、阿魏酸酯酶、乙酰酯酶、葡萄糖醛酸酶等）对大米草半纤维素特异性酶解，解构海洋源生物质半纤维素素的分子结构特征。

二、前期研究基础

本实验室已经完成在毕赤酵母中的高效表达黑曲霉半纤维素酶，包括主链酶 GH10 家族内切 β -1,4-木聚糖酶、GH3 家族 β -木糖苷酶以及侧链酶 GH62 家族阿拉伯糖苷酶、GH67 家族 α -葡萄糖醛酸酶。本论文进一步从黑曲霉中克隆 GH11 家族内切 β -1,4-木聚糖酶，CE1 家族乙酰木聚糖酯酶和阿魏酸酯酶 A 等基因并在毕赤酵母中高效表达以构建完整的半纤维素水解酶体系。在此基础上，利用重

组半纤维酶对竹材加工剩余物和小麦麸皮进行协同酶解，研究半纤维素酶协同作用机理，实现半纤维素的高效酶水解转化为高附加值产品。

本项目技术已经过中试示范，以滩涂大米草为原料进行中试测试，低聚木糖得率 6~9%。与目前低聚木糖龙头企业山东龙力生物科技股份有限公司（A 股上市公司，代码：002604）相比，低聚木糖单位成本更低，产品价值更高。

在量产低聚木糖基础上，开发了系列新型低聚木糖保健品。产业化的工艺包括原料粉碎、及预处理、半纤维素提取分离纯化、木聚糖酶发酵、糖化产低聚木糖、低聚木糖分离纯化等过程。在第一阶段分级分离预处理提炼半纤维素，并以半纤维素为原料制取木聚糖；第二阶段发酵生产木聚糖酶，利用新型工艺将木聚糖水解为低聚木糖；第三阶段对低聚木糖糖化液等进行分离提纯，结合已有的成熟保健品技术，开发形成新型产品，包括高纯低聚木糖、低聚木糖保健口服液等。

三、应用技术成果

低聚木糖（Xylooligosaccharides, XOS）是一种重要的功能性食品，由 2~7 个木糖以 β -1,4-糖苷键连接而成的混合物，它除了具有低热、稳定、安全、无毒等良好的理化特性外，还有促进肠道内有益菌繁殖、抑制有害菌生长的独特生理功能，现已引起广泛关注。低聚木糖可高效增殖双歧杆菌，具有调节肠道菌群，润肠通便，提高免疫力、降低血压、血清胆固醇及血糖、防龋齿、清口臭、促进人体对钙的吸收等功效。目前，低聚木糖已经在保健食品、动物食品领域广泛使用，并逐步向乳品、功能性食品饮料、糖果、医药辅料、婴幼儿配方食品、营养强化剂等市场领域渗透，极具市场前景。我国低聚木糖年需求量达 5 万吨，国际上需求量每年以 25% 的速度递增，日本市场年需求量约 5 万吨，欧美市场年需求量约 10 万吨。市场价格约 18 万元/吨。

本项目低聚木糖技术已经过中试放大。



产糖用水解酶中试装置

已建成年 5000 吨级海洋活性功能糖综合利用生产线，需要资金 1500 万元，

土地 10 亩。达产后预计年产 500 吨低聚木糖（75L 型），纸浆 3200 吨、木质素饲料 1000 吨，销售收入 7590 万元，净利润 1500 万元。

四、合作企业

厦门华澄制药有限公司，厦门晓岚生物科技有限公司

成果四：海洋紫球藻联产花生四烯酸与藻红蛋白

一、项目简介

花生四烯酸(arachidonic acid, AA, 或 ARA, 20:4 -6) 又称全顺 -5,8,11,14-二十碳四烯酸, 是属于 ω -6 系列的一种人体必需的多不饱和脂肪酸(Polyunsaturated fatty acids, PUFAs), 具有广泛的生物活性和重要的营养作用。ARA 不仅是机体组织细胞膜的结构成分, 同时, 它也是内循环系统和中枢神经系统中起重要作用的前列腺素、环前列腺素和白三烯类等二十碳衍生物的直接前体。另外, ARA 也是成熟母乳成分之一, 它对婴儿的视力和智力发育是必需的。因此, 英国营养基金会和 FAO/WHO 推荐在婴儿奶粉中添加 DHA 和 ARA。ARA 及其代谢产物的生理功效还包括: 在细胞内可发挥第二信使作用, 参与造血和免疫调节, 引起血管舒张, 参与肝、胆多种功能的调节, 引起炎症反应及参与神经内分泌和促进细胞分裂等。在水产动物营养方面, ARA 是许多鱼类幼体、对虾幼体的必需脂肪酸, 关系到幼体的生长发育和存活。饵料中添加 ARA, 可提高投喂动物的生长速度和存活率。因此, 在婴幼儿保健食品、医药、化妆品、饲料等领域得到广泛应用。1994 年我国卫生部正式批准可在婴幼儿配方食品中添加 ARA, 1999 年正式批准 ARA 作为新型营养强化剂, 卫生部公告 2010 年第 3 号文件中公布的 7 种新资源食品, 其中就包括 ARA 油脂。

ARA 的传统来源是动物肝脏、猪肾上腺、血液、鱼油和蛋黄等, 但这些组织中 AA 的质量分数极低, 一般少于干重的 0.2%, 并且受产地和季节的限制, 开发费用很高, 无论在产量还是成本上都不能满足市场的需要。目前 ARA 的来源途径有两种: 一种是利用生物技术培养微生物, 另一种是培养微藻。微生物发酵主要使用高山被孢霉, 被孢霉发酵生产 ARA 具有生物量大、油脂含量丰富和不饱和脂肪酸组成比较合理等优点。但由于外界环境变化或其他因素的影响, 被孢霉菌种易发生退化, 表现在菌种长势微弱、杂菌丛生、耗糖能力减弱, 生物量、油脂含量和 ARA 含量降低等, 这对发酵生产来说是很不利的; 而且由于在菌体中 ARA 含量与其它多不饱和脂肪酸相比优势并不明显, 使 ARA 的富集难度增大, ARA 市场价格一直居高不下, 不能适应市场的需求。

藻胆蛋白是某些藻类特有的重要捕光色蛋白, 早在上个世纪初, 就曾报道在蓝藻和红藻中存在强烈荧光性的红色、紫罗蓝色和蓝色蛋白质。科学研究表明, 藻胆蛋白是一种既可以作为天然色素用于食品、化妆品、染料等工业上, 也可制成荧光试剂, 用于临床医学诊断和免疫化学及生物工程等研究领域。另外, 还可以制成食品和药品用于医疗保健上, 应用范围广阔, 具有很高的开发、利用价值。藻胆蛋白主要存在于蓝藻、红藻、隐藻和少数一些甲藻中, 其主要功能是作为光合作用的捕光色素复合体, 在一些藻类中藻胆蛋白也可以作为储藏蛋白, 以使藻类在氮源缺乏的季节得以生存。已知的藻胆蛋白主要可以分为以下 4 大类: 藻红蛋白(Phycocerythrin, PE)、藻蓝蛋白(Phycocyanin, PC)、藻红蓝蛋白(Phycocerythrocyanin, PEC)、别藻蓝蛋白(Allophycocyanin, APC)。

藻红蛋白(P-phycoerythrin,PE)是目前普遍使用地新型荧光标记试剂。在特定波长激发下,藻胆蛋白能发射强烈的荧光,其荧光强度是荧光素的30-100倍。具有很好的吸光性能和很高的量子产率,在可见光谱区有很宽的激发及发射范围。因藻红蛋白具有光敏作用,是海洋藻类中重要的捕光色素蛋白之一,也是新型的高效光敏剂。

据大量文献报道,藻红蛋白具有显著的抑制和杀死人类Hela、SMMC 7721、SW480等多种肿瘤细胞的功效。经适宜波长的光激发后可以产生单线态氧及其它的氧自由基,杀伤生物大分子。肿瘤光动力治疗是以此为基础而发展起来的很有前景的肿瘤治疗新手段。尽管新型的光敏药物在不断的涌现,包括:铝酞菁、C60等,但目前常用的光敏药物主要来自全血中分离的血叶琳衍生物,它们不仅价格昂贵,而且毒副作用大,有严重的皮肤光毒反应。接受以血叶琳衍生物作光敏剂的光动力治疗的病人至少要避光两周到一个月,以防止皮肤受到光毒性的破坏。因而,限制了肿瘤光动力治疗的广泛应用。有研究表明藻红蛋白是一种新型的高效、无毒副作用的光敏药物,可望开发为有实用价值的新型光动力药物用于杀死肿瘤细胞。据报道,藻红蛋白与肿瘤细胞的相互结合过程,为藻红蛋藻红蛋白与细胞结合主要发生在三个结构层次,即细胞膜,胞浆和胞核。PE首先与细胞膜结合,形成明显的环状荧光;随着与细胞作用时间的延长,逐渐进入胞浆及核内,有时甚至可以观察到核内清晰的核仁。已有资料证明,PE在经过激光激发后可以产生单线态氧及其它的氧自由基产物。这些活性氧组份具有破坏包括蛋白质和核酸等在内的生物大分子的作用。藻红蛋白的激光光敏杀伤肿瘤细胞可能在细胞水平的三个层次上发挥作用:1)藻红蛋白结合于肿瘤细胞膜或游离于膜外,光敏反应发生时,产物可攻击膜蛋白和不饱和脂质,引起膜蛋白光氧化,损伤膜结构;2)位于胞浆内,光辐照产生的单线态氧等自由基对胞浆内酶和核酸进行攻击,影响细胞内生化反应,破坏RNA的结构。作用于线粒体,破坏生物氧化链等;3)作用于细胞核内的DNA,阻碍细胞周期的进行,启动细胞凋亡。目前医学界正积极深入藻红蛋白的抗肿瘤机制,为将其开发成抗肿瘤药物做准备。另外,藻红蛋白在分子免疫诊断、荧光试剂等领域已有广阔的市场前景。

二、前期研究基础

本项目团队在福建省海洋高新技术产业发展专项资金、厦门市科技计划项目、厦门大学校长基金等经费的资助下,完成了100L培养液规模培养紫球藻及不饱和脂肪酸ARA产物分离提纯工艺研发工作,建立了小型中试培养紫球藻及ARA产物分离纯化的工艺路线,并获得纯度95%的ARA产品。已建立紫球藻联产藻红蛋白的提取纯化工艺路线。

三、应用技术成果

目前该技术已于相关企业对接进行合作开发,并正联合承担省级重大科技攻关项目。

四、合作企业

合作企业为厦门汇盛生物有限公司。

厦门汇盛生物有限公司,于1998年成立,是专业从事微生物发酵、研发、生产和销售为一体的民营高新科技企业。公司建筑面积三万多平方米,公司目前拥有现代化发酵车间、提取车间及综合办公楼;配备有精密检测实验室、发酵系统、藻油包埋系统、动力系统、蒸汽系统、无菌空气系统、冷水循环系统等生产设施和设备;并已形成完善的生产工艺流程。公司具有较好的创新意识和新产品的开发能力,追求以新产品项目开发带动企业的发展。在公司开发生产的各类生

物产品中，“虾青素的发酵法产业化项目”被列入《厦门市“十一五”科技发展专项规划》重大项目新兴产业创新工程、福建省十大优秀成果转化项目；“高密度培养微藻发酵生产 DHA 项目”被认定为厦门市高技术成果转化项目、2009 年国家中小企业技改项目、福建省产业调整和振兴 2010 年重点项目、福建省科技重大专项专题项目。

公司严格按照现代企业管理机制，在生产控制、品质控制、售后服务等方面力争做到精益求精；奉行以质量求生存，以创新求发展，以信誉求效益为原则，连续八年被厦门市政府授予“守合同、重信用”单位，并被银行评为 AA 级信用企业。公司已通过 ISO9001:2008 质量管理体系、ISO22000:2008 食品安全管理体系等认证。汇盛公司坚持“用科技传递健康”的理念，不断地开发新技术、新产品、提供新服务，倾心致力于绿色营养添加剂的发展事业。

能源学院 王兆林团队

团队介绍

	姓名	首席个人简介
首席科学家	王兆林	厦门大学教授，能源学院副院长。主要从事清洁能源系统的集成、无碳燃料的制取、应用以及相关动力系统方面的研究，在加拿大先后任实验室经理、项目经理、氢能总监、助理科研教授、高级研究员等职，是该校清洁能源实验室（Clean Energy Research Laboratory）的主要创始人之一。回国后主要从事多能互补能源互联网、高效无碳动力（如氢/氨发电机）和热力系统（如氢/氨燃料锅炉）、储能以及能源系统集成方面的研究和产业化工作。
团队成员	赵英汝	副教授、硕导
	陈朝	教授、博导
	孟超	工程师
	郑淞生	助理教授、硕导
	何嵩	高级工程师
	程其进	副教授、硕导
	云大钦	助理教授、硕导
	郑灵灵	助理教授
	谢燕楠	助理教授、硕导
	张彬彬	工程师
联系人/联系方式	厦门大学科技处 0592-2185633	
首席科学家照片		
		

成果一：第三代高效太阳能电池的研发

一、项目简介

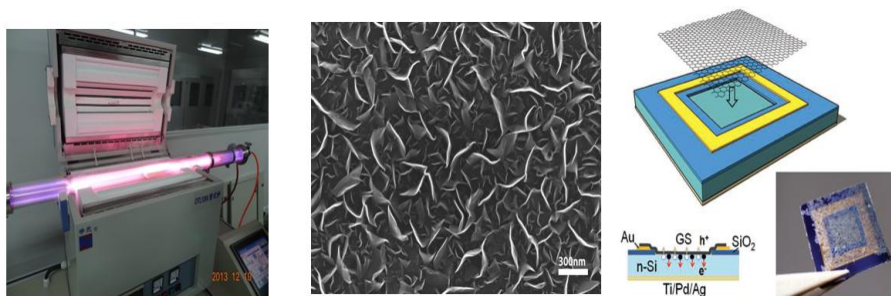
能源日益紧缺、污染日益严重、气候剧变，人类面临空前的能源危机和环境危机，人们认识到能源供应也必须走可持续发展的道路。在可再生能源中，光伏发电具有独特优势和机遇。它是利用量子力学原理，直接将太阳光能转化为电能，具有高效、无污染、取之不尽、应用灵活、性能可靠等优势。虽然光伏发电已有很大进展，但作为主要能源还有较远距离，其主要原因是太阳能电池的价格仍然较高、光电转换效率还不够高。所以降低成本，提高光电转换效率依然是发展光伏发电的永恒课题。

太阳能电池已经历三代的发展。然而，第一代晶硅太阳能电池耗材太多，进一步降低成本的空间已很少；目前第二代薄膜太阳能电池因电池效率较低、稳定性差等问题，严重限制了其推广。新概念第三代高效太阳能电池是继晶硅和薄膜太阳能电池之后发展的新型太阳能电池，采用不同于常规太阳能电池的材料和工作原理，达到高效、低成本、高可靠的目的，已引起科研界极大兴趣，并已成为研发热点。

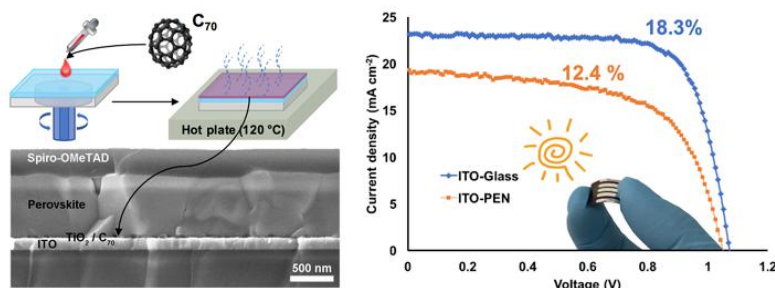
二、前期研究基础

团队成员在新概念第三代光伏材料、光伏器件以及太阳能电池的数值模拟等方面进行了长期的研究。已开展了硅量子点镶嵌在非晶碳化硅中、纳米晶硅、石墨烯纳米墙、钙钛矿、全碳等光伏材料和光伏器件的研究；并采用 AMPS、Afors-Het 等数值模拟软件对第三代高效太阳能电池的结构进行优化。

三、应用技术成果



等离子体技术制备的石墨烯纳米墙及其在高效太阳能电池的应用



高效柔性钙钛矿太阳能电池

四、合作企业

合作企业英利集团，于 1987 年成立，1998 年进入太阳能光伏发电行业，1999

年承接国家第一个年产 3 兆瓦多晶硅太阳能电池及应用系统示范项目,2007 年 6 月在美国纽交所上市,是全球领先的太阳能光伏企业。英利以“生产老百姓用得起的绿色电力”为使命,依托长期积累形成的战略优势、全产业链优势、创新优势、品牌优势和文化优势,成为全球光伏行业的领军企业,发展成为集光伏组件制造、电站开发建设运营和清洁能源整体解决方案提供商为一体的综合性能源企业集团。英利高度重视光伏前瞻技术和关键技术研发,拥有“光伏材料与技术国家重点实验室”和“国家能源光伏技术重点实验室”两个国家级研发平台,企业技术中心被国家发改委等部委联合评定为国家级企业技术中心。

成果二：多晶硅真空感应熔炼除磷连续化生产关键技术及其产业化

一、项目简介

低成本冶金法生产太阳能级多晶硅的技术瓶颈是无法实现真空感应熔炼的连续化生产,因此无法实现规模化量产。因此,本团队开展“低成本太阳能级多晶硅真空除磷连续化生产关键技术及其产业化”的研究,重点要解决太阳能级多晶硅真空感应熔炼除磷的连续化生产关键技术,彻底突破低成本冶金法生产太阳能级多晶硅的关键工艺技术瓶颈。

二、前期研究基础

本技术是在 2007 年福建省科技重大专项/专题项目“低成本多晶硅提纯及其太阳能电池的研究开发与产业化”(项目编号:2007HZ0005-2)和 2014 年福建省自然科学基金面上项目“多晶硅通气除磷及其机理研究”(项目编号:2014J01209)的研究成果的基础上,进一步开展产业化关键技术攻关。

三、应用技术成果

已成功研发并自主设计与制造一套可实现连续化生产的真空感应熔炼除磷系统,并已实现单炉 5kg 的连续化生产实验。



四、合作企业

合作企业长泰翔创新材料科技有限公司,于 2016 年 8 月 8 日成立,注册资

本 500 万元人民币，经营范围包括：研发、生产及销售太阳能电池芯片、太阳能电池组件、太阳能供电电源、太阳能应用产品、太阳能集热板及热水器系统、风力发电设备、太阳能电池生产线设备、太阳能控制器、太阳能逆变器、太阳能应用产品控制软件、太阳能新材料、单晶硅、多晶硅；设计、安装及销售太阳能热水器工程、风力发电工程、太阳能电站工程；经营进出口业务。该公司为了实现本项目核心技术的产业化转化而专门联合成立的，为本项目核心技术的乳化公司。因此，本项目负责人与该公司的合作始于 2016 年 8 月 8 日，具有良好的合作基础。厦门大学资产经营公司作为独立法人，持有该公司 20% 的股权。

长泰翔创新材料科技有限公司上一年度财务状况（总资产 1848546.58 元、资产负债率 11.15%、销售收入 0 元、入库税收总额 0 元、净利润-198710.16 元）；由于本项目涉及的技术瓶颈尚未取得突破，因此，合作企业目前正极力配合本申请人开展产业化中试试验研究，公司尚未正式投产，现有的投入均为研发投入，到目前为止公司总投入已达到 200 万元左右。企业以低成本冶金法太阳能级多晶硅的生产为终极目标，本项目的顺利实施必将使企业打开书面，后期发展势头强劲。

能源学院 李君涛团队

团队介绍

	姓名	首席个人简介
首席科学家	李君涛	厦门大学教授、博导，能源学院化学能源研究所所长。以第一作者/通讯作者发表SCI论文40余篇，获得发明专利3项。主持国家自然科学基金3项、福建省自然科学基金1项、厦门市科技计划项目1项、企业项目5项。参与科技部“863”重大项目1项、国家重点研发计划项目1项。获得“福建省高校杰出青年科研人才培养计划”支持，和“福建省高校新世纪优秀人才”。
团队成员	龚正良	副教授，硕导
	张鹏	教授，硕导
	周尧	助理教授，硕导
	林志彬	工程师
联系人/联系方式	厦门大学科技处 0592-2185633	
<p>首席科学家照片</p> 		

成果：高性能动力电池电极材料研发

一、项目简介

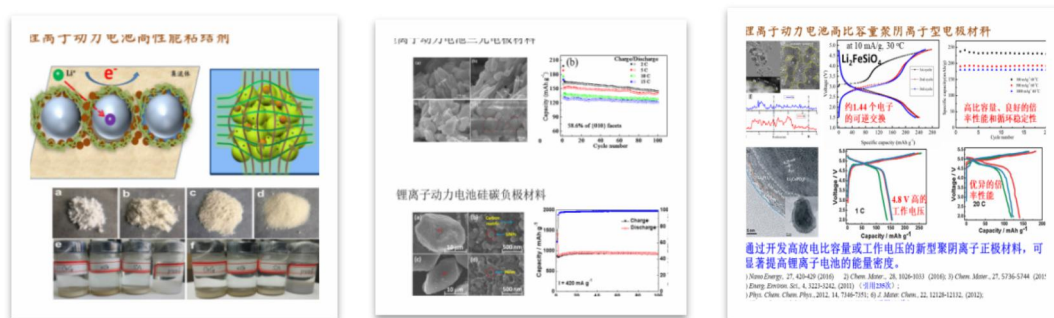
目前在可能用于电动汽车的电化学电源中，锂离子电池最具竞争力。但目前锂离子动力电池的性能指标尚不能完全满足电动汽车的要求，其中电池比能量是制约电动汽车行驶里程的瓶颈问题，发展高比能锂离子动力电池已经成为世界各国研究的热点。同时对高比能锂离子动力电池对电极材料、电极过程、界面过程、储能机制的研究也具有科学意义。

二、前期研究基础

近五年，研发团队已经发表发表 SCI 收录论文 100 篇、获得授权发明专利 15 项。主持国家自然科学基金 7 项、福建省自然 2 项目、厦门自然科学基金 2 项、科技基金企业横向课题 10 与项目；参与国家重大科技项目 6 项；获得福建省省人才项目 2 项。

研发团队在电化学研究方法、电化学能源材料制备和性能表征、锂离子电池研究等方面具有优势，并配备了较为完善的从实验室研究到中试的研究设备。课题组配置了电极材料、高分子聚合物制备设备：各种管式炉、箱式炉、微波炉、电热烘箱、水热反应装置、球磨机、手套箱和扣式电池冲床、整体电池封口机、涂布机等；性能测试仪器设备：电化学充放电仪器、电化学恒电位仪、电化学原位研究的红外光谱、电化学原位 XRD 等。也可以利用厦门大学的公用设备和条件，包括拉曼光谱、高分辨透射电镜、扫描电镜和超高真空电子能谱等。

三、应用技术成果



四、合作企业

合作企业 1：宁德时代新能源科技有限公司（CATL），于 2011 年在宁德成立，是一家新能源汽车动力电池系统、储能系统的研发、生产和销售的大型龙头企业。CATL 致力于通过先进的电池技术，为全球绿色能源应用，提供高效的能源存储解决方案，建立了动力和储能电池领域完整的研发、制造能力，拥有材料、电芯、电池系统、电池回收的全产业链核心技术。企业经营状况良好，2017 年，公司资产总额为 496.63 亿元，净资产为 1264.71 亿元，动力电池系统销量全球排名第一，营业收入 199.97 亿元，实现净利润 39.72 亿元。企业研发实力强，具有 3400 多名专职研发人员，其中包括 2 名国家千人计划专家，6 名福建省“百人计划”创新人才。

合作企业 2：厦门钨业新能源有限公司，是厦门钨业在 2016 年设立，主要从事能源新材料领域业务，建设了锂电正极材料和镍氢电池负极材料（贮氢合金）两大产品线，其中锂电正极材料包括了钴酸锂、三元材料、磷酸铁锂和磷酸铁锂等产品。

合作企业 3：江西新卡奔科技股份有限公司，成立于 2008 年 4 月，是专业生产加工石墨烯结构产品、石墨提纯产品、锂电池负极材料的专业企业。

航空航天学院 张建寰团队

团队介绍

	姓名	团队负责人简介
教授/系主任	张建寰	教授，长期从事光机电一体化技术、超精密光学非接触测量技术的研究、微小型光学系统应用技术、光电信息技术、传感技术等研究。
团队成员	何良宗	研究员
团队成员	曾涛	讲师
团队成员	郭栋	博士生
团队成员	陈嘉哲	硕士生
团队成员	高涵	硕士生
团队成员	徐鑫勇	硕士生
团队成员	孙嘉清	硕士生
团队成员	程冰	硕士生
联系人/联系方式	厦门大学科技处 0592-2185633	
团队负责人照片		
		

成果一：OBC（充电机）+DC-DC 二合一集成车载电源

一、项目简介

普及电动汽车已成为国家实现节能减排的重要战略举措，而充电技术正是实现电动汽车普及的关键支撑技术。车载电源包括车载充电机(OBC)和 DC-DC 两个部分。OBC 由两级构成，前级将电网交流电高效、高功率因数地转换为 360V 直流电，后级负责为动力电池组高效充电，完成 200V~450V 电压调节和电气隔离功能。DC-DC 负责将动力电池组高电压高效地转换为 14V 直流电，为蓄电池充电，同时实现电气隔离。目前，市面上乘用车和大巴车两大类电动车，其动力电池母线电压范围分别为 200-450V 和 450-800V。考虑 DC-DC 通用性，要求 DC-DC 在 200V-800V 的宽输入电压范围下为蓄电池充电，从而覆盖乘用车和大巴车两种车型的充电，实现一机多用。DC-DC 的宽输入电压高变比也是本项目的特色所在。

车载充电机和 DC-DC 的集成，具有优化束走向、易于整车布局、优化空间、降低整车重量及优化成本的多方面优势。其主要项目指标如下表所示：

项目	OBC	DC-DC
输入电压	90-264Vac	200-800Vdc
输出电压	200-450Vdc	14Vdc
输出功率	6.6KW	1.5kW
输出纹波率	≤±1%	≤±1%
额定效率	≥96% @360Vdc	≥96%@360&540Vdc

二、技术成熟度

已完成了 6.6KW OBC 样机的开发和 1.7KW DC-DC 样机的开发，技术指标达到设计要求。

三、应用范围

车载充电机的技术发展，为新能源汽车实用化和大众化提供了强有力的支撑。适合乘用车、大巴车等各种纯电动和混合电动车。

四、投产条件和预期经济效益

各种功率器件和控制芯片国内市场都有成熟的供应商，不存在底层的技术壁垒。预计按照年产 1 万台乘用车的规模，每套充电机 2.5 万元计，年销售额可达 2.5 亿。

五、合作方式

技术转让或联合生产，具体合作方式可商议。

成果二：客车电源智能管理系统

一、项目简介

在公共交通领域大力推广使用混合动力及纯电动客车等新能源客车是实现国家节能减排战略的重要举措。而客车电源系统的智能化管理是保证课程安全运行的必要手段。本项目旨在为客车开发一套智能化电源管理系统。该系统可以实现：检测蓄电池充放电电流和发电机发电电流；监测起动电流以保证安全起动；基于蓄电池 SOC 的智能充放电控制，保证整车用电平衡以延长蓄电池使用寿命；

利用 CAN 总线技术实现电源状态的实时监测和故障预测，指导用户的维护与保养，并对蓄电池、发电机、起动机进行有效的控制，提高整车电气系统安全。

二、技术成熟度

已完成了 JKH2029 样机的开发，并投入试运行 1 年以上。

三、应用范围

混合动力及纯电动客车等新能源客车。

四、投产条件和预期经济效益

各种功率器件和控制芯片国内市场都有成熟的供应商，不存在底层的技术壁垒。预计按照年产 1 万台乘用车的规模，每套充电机 0.6 万元计，年销售额可达 6000 万。

五、合作方式

技术转让或联合生产，具体合作方式可商议。

成果三：一种光伏组件输出 P-V 特性优化装置和其控制方法

一、项目简介

在光伏发电系统中，光伏组件输出功率-电压 (P-V) 特性呈现非线性，并具有最大功率点，且其最大功率点随着光照和环境温度等因素变化而变化。然而光伏发电系统周围常常存在建筑物或是树木等遮挡物，其在光伏组件上形成的局部阴影不仅导致光伏组件输出功率降低，而其 P-V 特性曲线出现多个极值点。常用的扰动观察法和导纳增量法等最大功率跟踪方法容易陷入局部极值点，造成能量损失，效率低下。目前已有全局最大功率点跟踪算法只能被动的搜索光伏组件当前的全局最大功率点，且全局最大功率点的功率远小于当前光伏组件可输出的功率；同时，该算法的参数设计和实现比较复杂。

本发明使得光伏组件在局部阴影等恶劣的光照效果下仍然只具有一个最大功率极值点，保障了全局最大功率极值点的实现。同时，可以匹配原有扰动观察法和导纳增量法设备，不会使后级设备增加额外的负担，具有通用性，提高了通用性。

二、技术成熟度

已完成了硬件装置及其控制方法的原理性验证。

三、应用范围

集中式、分布式等光伏发电系统。

四、投产条件和预期经济效益

各种功率器件和控制芯片国内市场都有成熟的供应商，不存在底层的技术壁垒。预计按照我国装机容量 1.4 亿千瓦，计装机成本 0.1 元/瓦，年销售额可达 140 亿。

五、合作方式

技术转让或联合生产，具体合作方式可商议。

成果四：桥式模块化开关电型五电平自平衡逆变器

一、项目简介

多电平逆变器在中高压交流电机调速、分布式发电、静止无功补偿、新型直流输电等领域有良好的应用前景，已成为当前电力电子技术中备受人们关注的重要研究热点。传统电容钳位型多电平逆变器存在电容电压不平衡问题，且在分布式发电场合一般需要两级变流，损耗较大。

本发明提出一种桥式模块化开关电容型五电平自平衡逆变器，将开关电容模块与电容箝位电路有机结合起来，实现宽变比电压输出和电容电压的自平衡，且容易实现电压的模块化扩展。与传统五电平逆变器相比，上述逆变器减少了电路元件数目，实现了多电平逆变器的升压输出，减少了中高压逆变器设计中升压变压器的变比，节约了成本，解决了母线电容电压不平衡的问题，提高了输出波形质量，有效降低了谐波含量，具有高效高功率密度的优势。同时，由于结构上的完美对称性，具有去共模电压的特征。

二、技术成熟度

已完成了硬件装置及其控制方法的原理性验证。

三、应用范围

集中式、分布式等光伏发电系统。

四、投产条件和预期经济效益

各种功率器件和控制芯片国内市场都有成熟的供应商，不存在底层的技术壁垒。预计按照我国装机容量 1.4 亿千瓦，计逆变器装机成本 0.21 元/瓦，年销售额可达 294 亿。

五、合作方式

技术转让或联合生产，具体合作方式可商议。

成果五：动态电压调节器（DVR）及其智能控制

一、项目简介

在诸多电能的质量问题中，电压的骤降（voltage sags）和骤升（voltage swells）造成的危害最为普遍，会对工业生产造成重大影响。动态电压恢复器（DVR）的串联补偿装置已经得以应用，其良好的动态性能和很高的性价比使得它成为治理动态电压问题，特别是电压骤降/骤升的最经济、最有效的手段。相比于传统电压源型逆变器式结构的动态电压恢复器（DVR），AC-AC 变换器式 DVR 无需直流储能单元能量可以双向流动、功率因数高，谐波含量低、动态响应速度快、易集成等优势。

本发明提出了一种基于 Quasi-Z-Source AC-AC 变流器的动态电压恢复器（DVR）及其智能控制方法。该动态电压恢复器（DVR）串联在电网公共耦合点与负载之间，由若干个 Quasi-Z-Source AC-AC 变流器和隔离变压器组成。Quasi-Z-Source AC-AC 变流器既可以升压也可以降压，其输出电压既可以和输入电压同相也可以和输入电压反相。基于以上独特特性，本发明采用单相补偿、双相补偿、三相补偿的智能控制方法通过注入相应的补偿电压达到补偿电网电压骤降/骤升的目的。

二、技术成熟度

已完成了硬件装置及其控制方法的原理性验证。

三、应用范围

中低压配电网电力系统。

四、投产条件和预期经济效益

各种功率器件和控制芯片国内市场都有成熟的供应商，不存在底层的技术壁垒。预计经济效益在估算中。

五、合作方式

技术转让或联合生产，具体合作方式可商议。

成果六：开关电容型电力电子变压器

一、项目简介

在家用或商用电器、通信电源系统中通常采用低功率、低电压的自耦变压器来获得不同数值的交流电压，但是自耦变压器同任何电磁变压器一样，效率低并且会产生相当大的噪声，与此同时用于生产自耦变压器的材料金属铜成本较高，经济效益不佳。

本发明提出提供一种基于桥式模块化多电平双向开关电容交流-交流变流器的电力电子变压器，可实现升、降压双向交流-交流变换，及其幅值调节。该开关电容型电力电子变压器仅由一定数量的电容和开关组成，无磁性元件，具有效率高、体积小、重量轻、功率密度大、易集成等优点。

二、技术成熟度

已完成了硬件装置及其控制方法的原理性验证。

三、应用范围

中低压配电网电力系统。

四、投产条件和预期经济效益

各种功率器件和控制芯片国内市场都有成熟的供应商，不存在底层的技术壁垒。预计经济效益在估算中。

五、合作方式

技术转让或联合生产，具体合作方式可商议。

航空航天大学 王培勇团队

团队介绍

	姓名	首席个人简介
首席科学家	王培勇	厦门大学航空航天大学动力工程系教授、博导、系主任。主要从事动力电池热管理、电池热物性参数测量技术等新能源技术研究。至今在 TOP 期刊发表学术论文 10 余篇，受能源行业顶级杂志 Progress in Energy and Combustion Science (影响因子 17.382) 邀稿 1 篇。
团队成员	方正	教授
	邢菲	副教授
	产世宁	博士后
联系人/联系方式	厦门大学科技处 0592-2185633	
首席科学家照片		
		

成果一：户外便携式高功率无缝切换供电系统

一、项目简介

目前市面上存在的UPS电源类产品主要应用于220V市电中断时采用蓄电池供电，临时备用，不具备便携特性。真正实现便携地可在户外提供不间断交流220V输出的产品还没有出现，其具备不可替代性。

二、前期研究基础

系统允许带电更换电池，故理论上只需准备足够数量的电池组，整套系统供电输出就不会间断。由于采用了LiPo电池作为能量来源，该系统具备了便携、无污染、低噪声等优点。品技术参数如下：储能元件能量密度（Maximum energy density）： $\geq 932 \text{ J/g}$ （ $259 \text{ W}\cdot\text{h/kg}$ ）；有效直流供电电压范围（Battery voltage range）：20V~29V；可控输出功率（Controllable output power）： $\geq 1000\text{W}$ 。本产品已在某国防重点实验室实际应用。

三、应用技术成果

便携式户外不间断电源具备轻便、环保、低噪声、模块化、可循环使用等优点，适用于国防、刑侦、医疗、科研、抢险救灾等多种需要电池供电且不允许输出间断的场合。由于自然界科研项目、户外工程项目、野外实战任务等的客观需求，在偏远地区等场所很难得到稳定持续的高质量电能，内燃机发电有笨重、高噪声、高排放的缺陷，在崎岖无公路车辆无法通行的地区难以适用。此时便携式户外不间断电源有明显的优势。在自然灾害面前，许多电力设施遭到破坏，短时间内无法恢复供电，给抢险救灾工作带来了极大困难，影响了救灾的进程和人民的生命安全。在电力车无法到达的地方，便携式户外不间断电源具备其独特的优势，能人力携带到急需场所，迅速提供不间断电能，保证救灾活动的供电补给，确保重大手术等紧要工作的顺利开展。此外，其便携、低噪声和不间断供电的特性可保证机密勘察等特殊任务的顺利进行。





四、合作企业

华中科技大学自动化学院是由原控制科学与工程系和原图像识别与人工智能研究所于 2013 年合并组建的学院。原控制科学与工程系前身是成立于 1973 年的华中工学院自动控制系，1998 年更名为华中理工大学控制科学与工程系；原图像识别与人工智能研究所是 1978 年由教育部和航天部共同批准成立从事图像识别和人工智能研究的研究机构。

成果二：动力电池模热管理性能模拟

一、项目简介

电动汽车采用动力电池包提供能源，动力电池的热管理系统是电动汽车最重要的系统之一。动力电池的热管理决定了电动汽车的充电速率以及极端条件下的使用性能。项目开发了高精度的模型并数值模拟了动力电池包在不同充、放电，不同环境温度下的电池温升及电池包内温度分布，与试验数据对比表面模拟精确，可替代试验。

二、前期研究基础

精确模拟了启腾 M70EV 电池包在不同工况下的温度分布，为电池包热管理提供数据。

三、应用技术成果

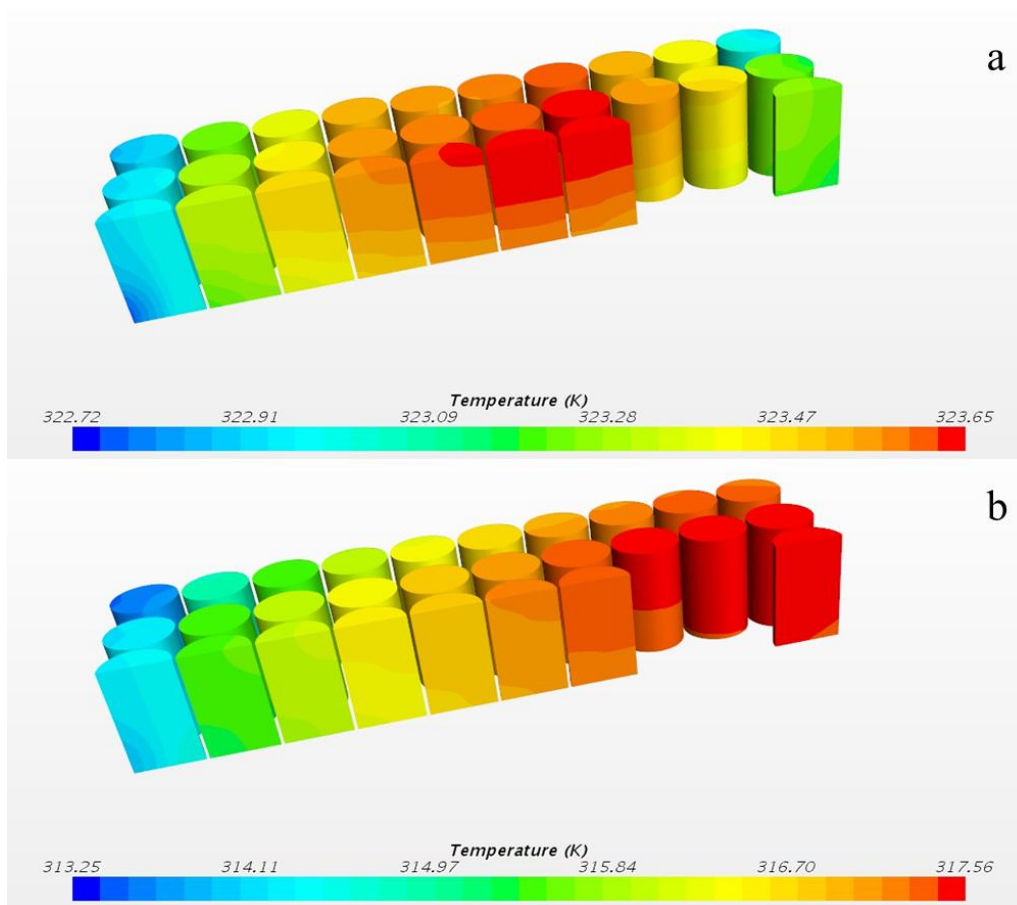


图 1 电池组温度分布云图：a. 中间模块，b. 边缘模块

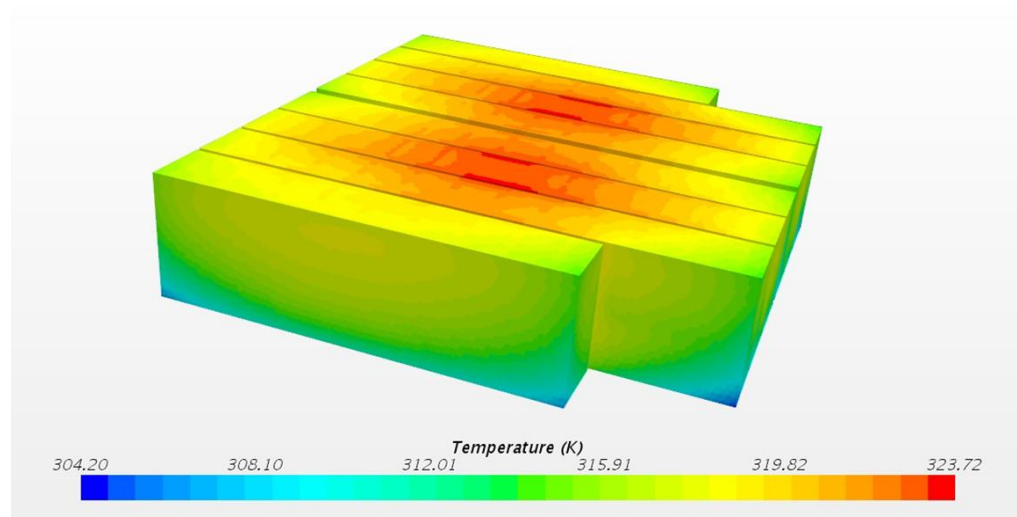


图 2 电池组温度分布云图

四、合作企业

福建易动力电子科技有限公司是由福建省委组织部百人计划引进人才陈晓济于 2014 年 12 月创办的国家级高新技术企业、国有参股企业，“新三板”挂牌公司，注册资本 4310.5 万元。公司位于福建龙岩国家高新技术产业开发区，主要研发生产经营新能源汽车、工业机器人及分布式电网等储能系统的锂离子电池集成系统并提供技术支持与服务，具有安全、可靠、实用、环保等独特优势。

成果三：动力电池热物性参数测量

一、项目简介

电动汽车采用动力电池包提供能源，动力电池的热管理系统是电动汽车最重要的系统之一。动力电池的热管理决定了电动汽车的充电速率以及极端条件下的使用性能。在进行动力电池热管理计算时需要知道电池热物性参数，包括比热，轴向、径向及周向的导热系数。目前全球尚无成熟的高精度各向异性导热系数测量方法和设备。开发出导热系数测量方法和仪器对于动力电池热管理具有非常重要的意义。

二、前期研究基础

已开发出测量锂电池轴向导热系数的仪器。正在开发锂电池径向导热系数测量仪器。

三、应用技术成果



锂电池导热系数测量仪

上述锂电池热导率测量仪填补市场空白，是市场上唯一存在的电池热导率测量产品。而且该产品测量精度高，测量误差小于2%。

四、合作企业

由于市场前景非常好，打算自己生产销售。

成果四：动力电池包液冷结构优化设计

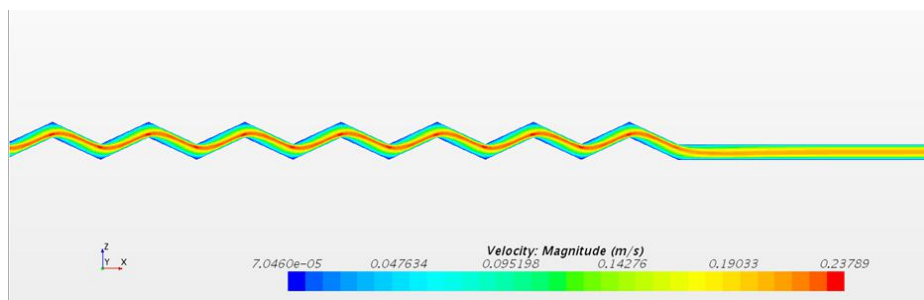
一、项目简介

电动汽车采用动力电池包提供能源，动力电池的热管理系统是电动汽车最重要的系统之一。动力电池的热管理决定了电动汽车的充电速率以及极端条件下的使用性能。乘用车通常采用蛇形管液体对流冷却电池。高性能的电池热管理系统通常要求冷却系统体积小、重量轻，耗能小，冷却快。本项目通过高精度的数值模拟技术对液冷管道系统进行优化设计，达到传热系数高，压降小，体积小的目的。

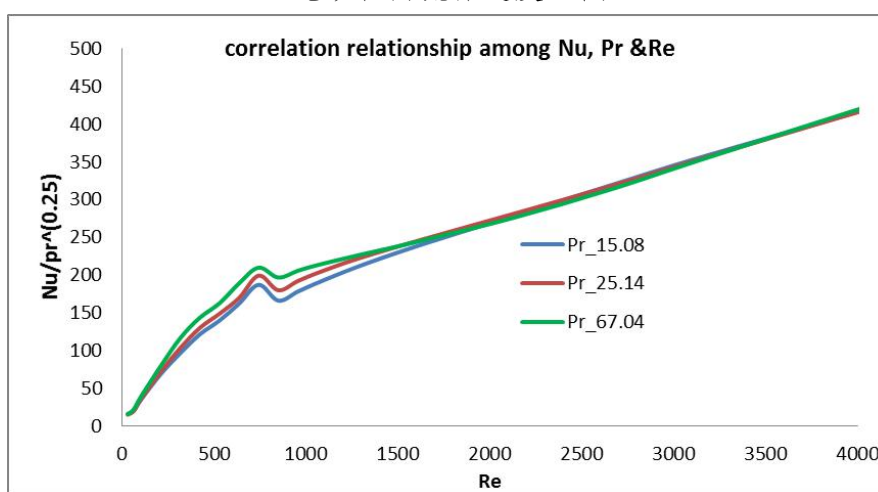
二、前期研究基础

对不同截面形状，不同角度的蛇形管进行了对流换热系数、压力损失系数的精确计算。

三、应用技术成果



蛇形管内流体速度云图



蛇形管对流换热系数关系式

四、合作企业

福建易动力电子科技有限公司是由福建省委组织部百人计划引进人才陈晓济于 2014 年 12 月创办的国家级高新技术企业、国有参股企业，“新三板”挂牌公司，注册资本 4310.5 万元。公司位于福建龙岩国家高新技术产业开发区，主要研发生产经营新能源汽车、工业机器人及分布式电网等储能系统的锂离子电池集成系统并提供技术支持与服务，具有安全、可靠、实用、环保等独特优势。

信息学院 姚俊峰团队

团队介绍

	姓名	首席个人简介
首席科学家	姚俊峰	姚俊峰 教授，博士生导师，厦门大学信息学院数字媒体工程系系主任、IEEE 与 ACM 会员，2016 年 10 月到 2017 年 10 月美国 UNIVERSITY OF WASHINGTON 访问学者，2014 年 9 月入选中国侨联特聘专家，2015 入选福建省第四批百人计划人选。研究领域为智能算法研究及工业过程仿真、数字化真人研究、虚拟现实技术开发与应用。
团队成员	Nadia	教授
	郭小虎	教授
	李俊	研究员
	吴清强	教授
	龙飞	副教授
	余莹莹	副教授
	苏劲松	副教授
联系人/联系方式	厦门大学科技处 0592-2185633	
首席科学家照片		
		

成果：复杂工业过程企业能效监测评估及优化控制系统应用

一、项目简介

复杂工业过程生产流程中消耗的能源种类多，包括电、天然气、氧气、水、蒸汽等，而且能源使用量大，其能源成本约占到生产成本的 50%—60%。加强企业能源管理、规范不同流程工艺间的能效评价体系，同时结合现代信息技术与检测技术，以实现对企业内部不同层面能源利用状况及其效率指标的监测、评估与优化调度，将有助于企业进一步降低能源消耗与生产成本，并有利于加快企业精细化管理进程。

二、前期研究基础

授权发明专利：mysql 与 mongodb 数据同步的方法及系统 (ZL201510779001.5)，2015.10

授权发明专利：基于数据依赖性和访问量云数据分配存储化方法 (201510779709.0)，2015.10

软件著作权：闪速炼铜冶炼区域能效评估与检测系统(软著登字第 1104015)

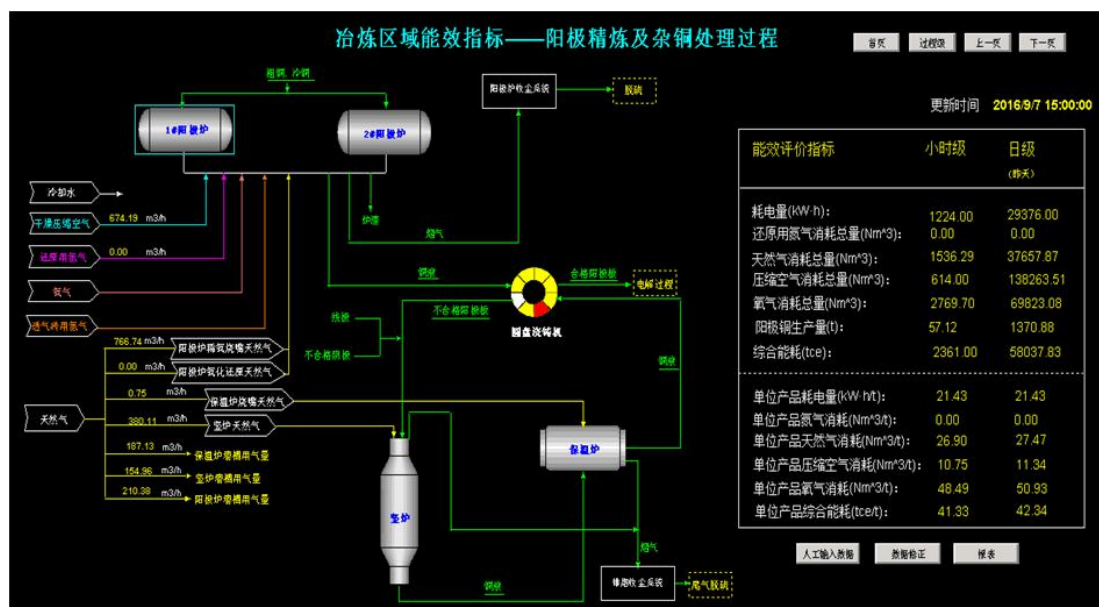
软件著作权：闪速炼铜硫酸区域能效评估与检测系统(软著登字第 1104517)

软件著作权：基于模式优化的铜闪速熔炼能效优化控制系统(软著登字第 1104025)

软件著作权：基于 SPARK 的炼铜能效系统(软著登字第 1104059)

三、应用技术成果

“复杂工业过程企业能效监测评估及优化控制系统应用”已经完成了系统的开发并于 2015 年在金冠铜业有限公司投入了实际使用，取得了节约能源 5065 万元，增加利润 5000 万元，纳税 1250 万元的经济效益。



复杂工业过程企业能效监测评估及优化控制系统界面



生产过程系统级能效在线监测界面



项目获奖证书

四、合作企业

铜陵有色金属集团股份有限公司是一家集铜金属采选，冶炼，加工，贸易为一体的上市公司，1992年6月经安徽省体改委批准设立，于1996年11月在深圳证券交易所挂牌上市，是中国最早上市发行股票的铜业企业。公司坐落于素有“中国古铜都”之誉的安徽省铜陵市，是新中国最早建立起来的铜工业基地。经过60多年的建设，铜陵有色集团现已发展成为以有色金属为核心主业，集金融贸易、精细化工、装备制造、科研设计、物流、房地产开发、建筑安装、井巷施工等相关产业多元化发展的大型企业集团。2016年，实现销售收入1496亿元，连续6年位居安徽省首位。

建筑与土木工程学院 王绍森团队

团队介绍

	姓名	首席个人简介
首席科学家	王绍森	建筑与土木工程学院院长，教授，博士生导师，建设部绿色建筑评估专家，福建省勘察设计大师，当代百名中国建筑师，国家一级注册建筑师，中国建筑学会会员，省美术家协会会员。曾获国际、国家和省部级优秀建筑设计奖十余项。
团队成员	张建霖	教授，厦门大学校长助理，福建省教学名师
	凌世德	教授，厦门大学建筑设计研究院院长
	李立新	副教授，建筑与土木工程学院副院长
	杨斌	教授，青年千人计划入选者
	石峰	副教授，建筑系副主任
	刘姝宇	副教授，建筑系副主任
	张燕来	副教授，建筑系主任
	王波	副教授，建筑物理实验室主任
	唐洪流	副教授
	宋代风	副教授
	洪晓强	助理教授
联系人/联系方式	厦门大学科技处 0592-2185633	
首席科学家照片		
		

成果：绿色建筑与节能示范平台

一、项目简介

建筑节能是我国长期坚持的一项基本战略，绿色建筑是其中的重点发展方向。厦门市已从 2016 年起全面执行绿色建筑标准，作为厦门市全面落实绿色发展理念的重要举措之一，绿色建筑有着广阔的发展空间和潜力。随着计算机技术、数控建造技术、3D 打印技术、智能控制技术的发展以及在建筑中的逐步应用，建筑行业迎来了一次新的技术变革，将建筑形式创新与性能优化相结合的设计方法成为建筑设计发展的重要方向，参数化、智能化、适应气候为建筑表皮设计提供了新的思路，将具有广阔的发展空间。

二、前期研究基础

研究方向立足于厦门城市发展的实际需求，着眼于解决实践过程中的技术问题，主要依托厦门大学建筑与土木工程学院，科研实践平台包括厦门大学建筑设计研究院（国家甲级）、BIM 虚拟仿真实验教学中心（福建省省级虚拟仿真实验教学中心）、中英宜居城市研究中心（筹）等。研究团队将教学、科研与工程实践相结合，近五年承担国家级及省部级自然科学基金 20 余项；出版专著 20 余部，发表论文 200 余篇，其中最优核心期刊论文 10 余篇，SCI 收录论文 30 余篇，团队有多项成果获十多项省部级优秀设计奖及工程技术奖等奖项，在国际及区域性建筑设计竞赛中获多项大奖。

三、应用技术成果

1) 绿色建筑研究

着力提高绿色建筑设计与技术研究水平，通过绿色建筑、零能耗建筑等的设计与运营，为厦门市绿色建筑与建筑节能技术应用提供示范与推广，带动厦门地区绿色建筑的发展。



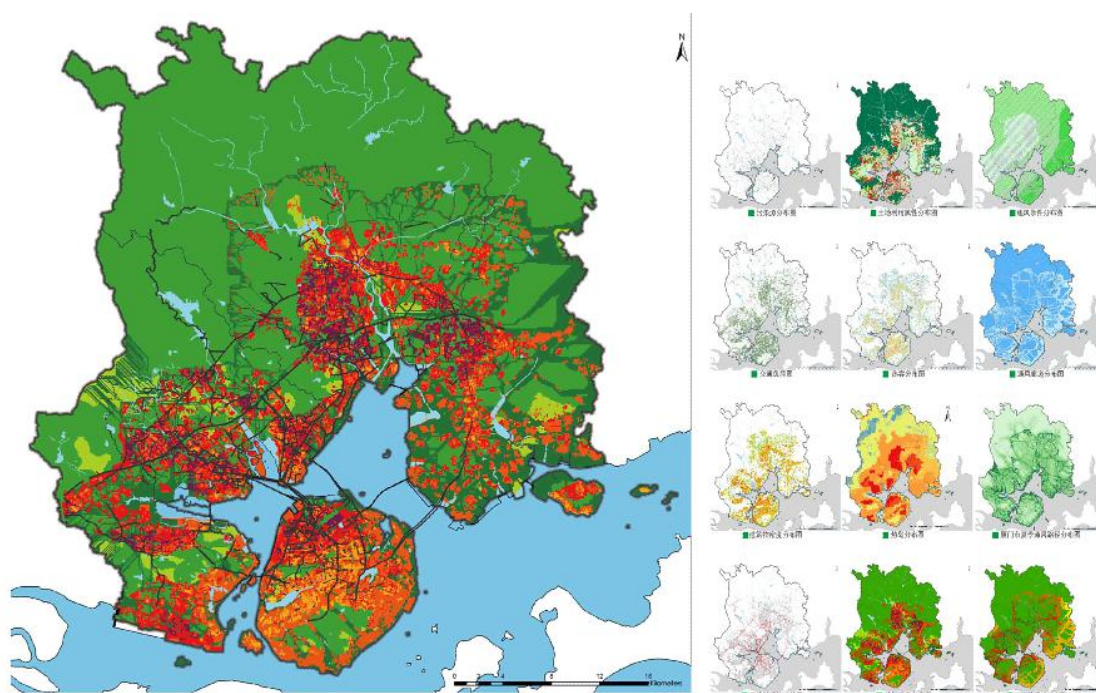
2013 年 SD 竞赛参赛作品“Sunny Inside”



2018 年 SD 竞赛参赛作品“Nature Between”

2) 城市节能

基于 UCMaP 及 CFD 等研究方法，改善城市通风、缓解城市热岛，探讨适应闽东南沿海地区气候特点的城市设计、住区规划等解决方案。



厦门市城市气候地图

3) 绿色建筑工程实践

在工程实践方面，通过绿色建筑的设计和建造运营，将绿色建筑技术应用在建筑工程实践中。



厦门南洋学院图书馆

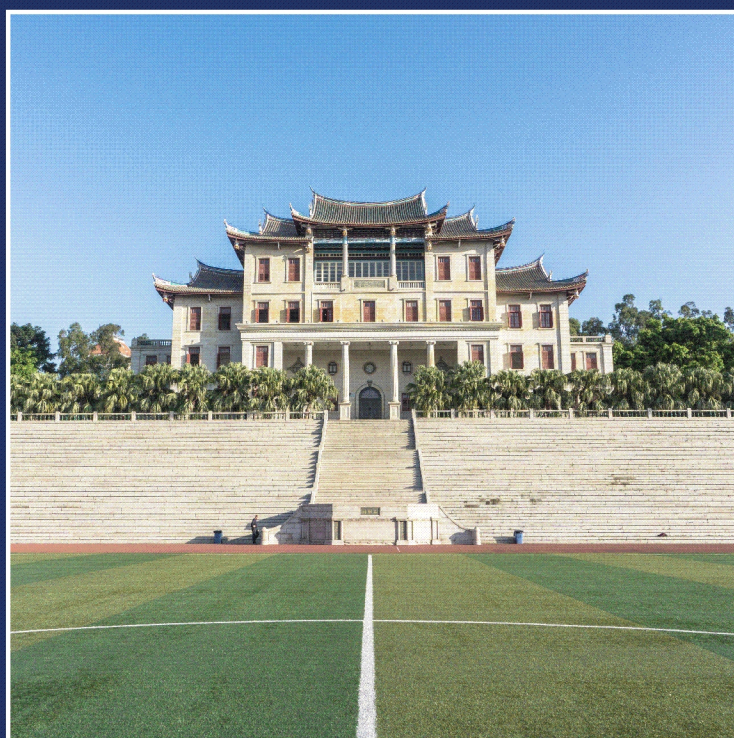
四、合作企业

a. 厦门大学建筑设计研究院

作为甲级设计院，厦门大学建筑设计研究院成立于1987年，隶属国家教育部，是国内一流的学院型设计院之一。二十余年来，与中国建设事业同步发展，随中国建筑设计行业成长壮大。作为中国卓越的设计机构，一直坚持产、学、研相结合的技术创新体系，秉承“高标准设计服务的现代经营管理，领跑行业设计技术的进步和发展”的新理念。厦门大学建筑设计研究院技术力量雄厚，专业配置齐全，具有丰富的设计经验、突出的行业成就以及严格执行的管理规范。

b. 中国中元国际工程公司

中国中元国际工程公司是中国机械工业集团公司全资企业，是由中元国际工程设计研究院为核心联合重组的以工程设计为龙头、集规划咨询、工程监理、设备成套、项目管理、工程承包为一体的工程公司。公司核心企业始建于1953年，是国家甲级工程勘察设计单位。公司在新的世纪里，连续数年均被评为全国勘察设计、工程承包、项目管理五十强单位，二〇〇五、二〇〇六两年连续被亚洲建筑师协会评为中国十大建筑设计企业之一。



厦门大学科技处

电话：0592-2185633

传真：0592-2180407

邮编：361005

邮箱：std@xmu.edu.cn

网址：<http://std.xmu.edu.cn/>