



河海大学部分领域科技成果汇编

河海大学产业技术研究院
技术转移中心

目 录

第一部分 水利土木	1
第二部分 智能制造	42
第三部分 新能源	105
第四部分 新材料	125
第五部分 医疗健康	133
第六部分 电子信息	144

第一部分 水利土木

水利工程变形安全机器视觉动态精细感测技术

所属领域：工程建设与工程安全、高端装备制造

目前开发阶段：成熟技术

成果简介：

机器视觉主要通过计算机来模拟人的视觉能力，识别视觉信息。机器视觉智能测量系统是基于机器视觉测量技术，结合物联网、智能灾变识别算法等技术，利用机器视觉对水工结构物表面的位移进行监测，采用摄像设备将被监测的目标物进行图像信号采集、图像系统处理、数字信号转换，最后通过图像处理技术和算法获得建筑物的实时变形。

机器视觉智能测量系统由机器视觉智能测量仪，靶标，数据采集与传输系统、数据管理平台组成，该系统可对水工建筑物(大坝、堤防、渡槽、边坡)的表面位移进行高精度连续监测，监测精度可达亚 mm 级。进行监测时，在结构物相对稳定的位置安装机器视觉智能测量仪，在待测结构物上布设若干靶标，机器视觉智能测量仪识别结构物上的靶标图像，当被测结构物发生平面位移时，靶标坐标随之变化，通过内置的图像增强边缘计算软件将图像转化为二维位移数据，从而测量到被测物的水平与垂直双向位移。

创新点及主要技术指标：

(1) 非接触式量测，嵌入式软硬件，可实现边缘计算

机器视觉智能测量仪与测点靶标分别布设，采用非接触式量测，便于现场快速布设、便捷实施。测量仪内含嵌入式计算模块，减少数据传输，直接输出二维位移数据。

(2) 二维位移、动静态一体高精度测量

可实现垂直与水平位移一体化测量，最高采样频率可达 60Hz，最多监测靶标数量可达 30 个，最高测量精度可达 0.1mm。

(3) 融合云端监测平台，实现智能化安全预警

依靠监测管理平台的端云协作对所有监测数据进行远程监控与安全评估，当数据出现报警时，可实时调看现场图像对被测物体情况进行直接判断，规避误报警的情况，实现水利水电工程结构物安全监测的自动化与智能化预警。

应用领域及市场前景：

机器视觉智能测量系统适用于水利水电工程，包括大坝、水闸、堤防、边坡、涵洞等结构的表面位移实时监测。

机器视觉测量系统是基于机器视觉测量技术，结合物联网，智能灾变识别算法等技术形成的一套智能化系统。采用非接触式测量，通过数字图像相关技术实现水利水电基础设施结构变形的亚像

素级测量，具有实时性高、精度高、安装方便、监测成本低等优势。目前该系统在水工建筑项目中的应用效果良好，可为建筑物等各类工程的安全运行提供变形数据指导，有效提高水利行业结构物灾变风险的防范和应急处理的能力。监控工作者可以对大坝变形情况进行实时远程查看，关注异常数据，保证建筑物健康运行。使水利水电工程的外部变形监测工作真正实现自动化、高精度、低成本远程监控。

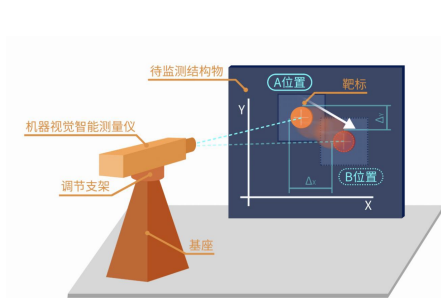


图 1 测量原理图

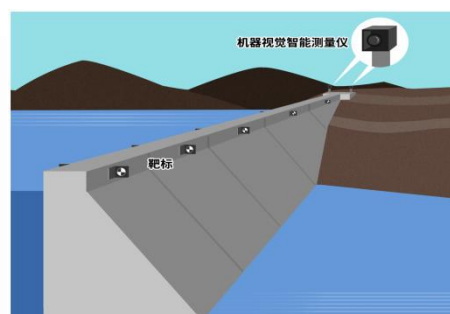


图 2 现场布设示意图



图 3 机器视觉智能测量仪监测水库大坝位移测量模式

项目完成人：陈波

面向水电站智能检测的水下环境感知与自主定位平台研制及应用

所属领域：水利信息化、高端装备制造

目前开发阶段：样品

成果简介：

我国是世界上水电站最多的国家，由于长年运行，加之受水工建筑物的结构老化和地震等地质灾害影响，安全问题日益凸显，严重影响了工程的安全稳定运行和长期效益的发挥。此类工程安全隐患通常处于水面以下，排查难度较大，而大多数水库大坝不具备放空条件，因此针对该类工程问题的水下安全隐患探查是一个急需解决的工程问题。长期以来，水下检测工作主要采用潜水员作为水下移动载体。目前水下机器人已成为水利工程智能检测方面最具潜力的水下探测工具，对于水利工程除险加固和大坝日常安全管理等均具备十分重要的应用价值。本项目针对大型水电站复杂环境中安全检测重大需求，提出水下无人载体多机路径规划、水下惯性自主组合定位导航、水下环境感知和水下检测方法，实现基于多水下机器人的水电站关键部位协同检测，有效提高水下自主系统检测效率。

创新点及主要技术指标

(1) 复杂水下环境造成通信数据丢包，使得传统的协同路径规划方法难以实现多水下机器人系统高效协调与合作，不能提供最佳决策方案实现最优路径规划。研究协同航路规划的多种约束条件，基于深度强化学习进行协同航路规划，使得多水下机器人实现全局性、全方位和全过程整体协同。

(2) 针对水下机器人定位方面的研究大多集中在滤波算法研究，未能从根源分析误差成因。提出了基于拟牛顿四元数估计理论的 DVL 误差标定技术、基于变中心最大熵的 USBL 安装误差标定技术以及基于变分贝叶斯的 SINS/DVL/USBL 紧组合定位技术，以解决复杂水下环境中传感器易受干扰、组合定位精度差的难题。

(3) 针对现有检测手段在对大型水电站库区及大坝整体结构进行大范围检测时的效率低、精度有限等问题。提出基于多波束探测声呐与水下机器人联合检测系统，建立基于语义 SLAM 的水电站三维环境模型，进一步提升检测系统对水下结构设施、水底表层特征等判读、识别能力，有助于解决水电站库区边坡、坝体、消能结构、导墙等结构的状态安全检测难题，提高了大型水电站结构异常检测的精度。

成果在江苏中海达海洋信息技术有限公司等复杂水下环境作业中得到应用，并拓展到中石油渤海钻探公司承担的海上钻探项目，有力支撑了以大型水电站为代表的大型复杂水下作业的日常运维与故障检修工作，取得了显著的社会效益和经济效益，近 3 年新增销售额 4066.72 万元，新增营收 982.51 万元，新增利润 1591.28 万元，新增税收 305.6 万元，节支总额 1185.41 万元。

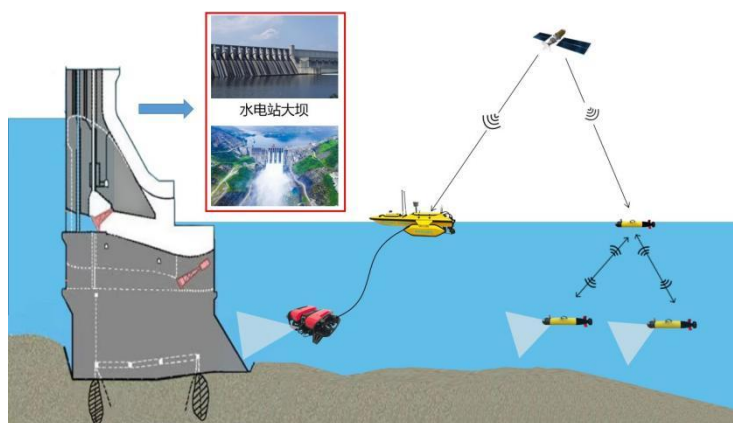


图 1 多无人系统水电站关键部分协同检测

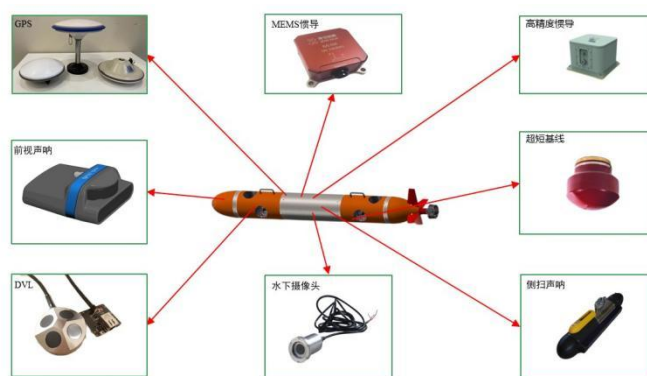


图 2 无人系统组合导航定位平台

项目完成人：黄浩乾

疏浚土拌和绿色低碳路基填料技术

所属领域：水文预报、水资源调度与利用、节水技术与管理、水工程材料

目前开发阶段：样品

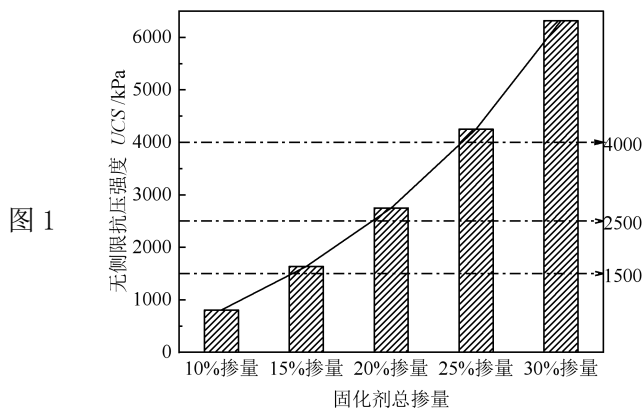
成果简介：

河湖治理、航道整治等产生大量的疏浚土方，其处理困难，往往需占用大量土地进行堆存。本项目以一类工业固废（非危）为主要原料，采用高分子-固废复合固化剂处理疏浚土，将其拌和为路基填料，可用于防汛道路、堤顶道路、公路路基等，为就近资源化疏浚土方提供技术支撑。

含水率 60% 的疏浚土在掺入 20% 本技术研发的复合固化剂后，28 天抗压强度可达 2.8MP，其固化土的 CBR 值达 26.8%，水稳系数超过 0.98，拌和的路基填料满足了一级公路填土的性能要求。相同掺量下，本复合固化剂与疏浚土拌和的路基填料比传统石灰土具备更高的 CBR 值和水稳性。该复合固化剂与疏浚土拌和的路基填料，每方填料比传统石灰土或二灰土节约 8~15 元，具有更好的经济性。

创新点及主要技术指标：利用率低且来源广泛的非危险固体废弃物为原料，通过多种固废组合替代水泥、石灰等传统胶凝材料做固化剂，固化处理疏浚土作为路基材料，可大幅减少道路填料的原料成本，降低防汛道路、堤顶道路、公路路基的建设成本，并减少相关工程的碳排放。

河湖治理、航道疏浚中的疏浚土就近用于防汛道路、堤顶道路、公路路基等，减少疏浚土方的外运及堆存，实现疏浚土方资源化利用。



60% 含水率疏浚土在不同复合固化剂掺量下
28 天无侧限抗压强度

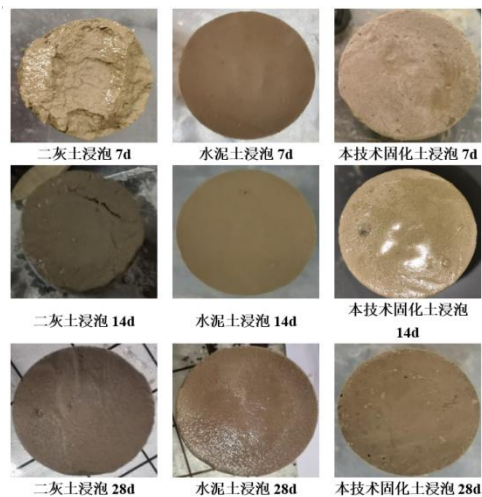


图 2 本技术固化土与传统二灰土、水泥土的水稳性对比

项目完成人：冯兴国

河湖长制评估系统

所属领域：其他

目前开发阶段：成熟产品

成果简介：

技术原理：采用先进的 B/S 网络结构模式，开发 web 端评估系统，利用统一认证登录，增强系统便捷性与安全性。将公众满意度调查、河湖长制现场评估作为系统的输入，实现河湖长制现场评估 APP 与公众满意度调查系统联动使用，实现即时上报，远程查看暗访、评估现场，实现异地办公。采用层级评估与第三方独立评估模式，严格控制评估权限，做到评估对象清晰、指标明确、互不干预，使评估更加公正、透明与即时。

技术特点：1、丰富的赋分计算模型，灵活方便的配置方式，能适应河湖长制的评估。2、涵盖省、市、区县、乡、村的多层次自评和第三方的抽查、评估，在各级考核标准化后，可实现各级考核的一体化，实现评估的公开、公平、公正。3、实现评估的全程电子化，提高评估的效率、质量，实用、灵活方便。4、云端部署，接口丰富，远程支持，实现快捷。

解决的具体问题：（1）信息化开展河湖长制评估工作，减少纸质化材料，通过互联网、云服务等技术，改革传统评估模式，提高了评估工作效率与质量。（2）评估工作涉及大量基础数据的采集，利用信息化手段提高有效数据采集并进行分类，生成关键性数据报表，为促进河长制工作健康发展提供科学依据，据有现实意义和深远意义。

创新点及主要技术指标：

河湖长制评估系统 1 套包含 4 大子系统：评估系统、核查系统、手机 app 暗访系统和群众满意度测评系统。整套费用根据用户需求可控制在 40-50 万，包含 2 年免费运维费用。到期后每年按照合同价的 10%收取运行费用。

河湖长制评估系统的运行能大大提高评估工作效率与质量，有效数据的采集与自动化分类，生成关键性数据报表，为促进河长制工作健康发展提供科学依据，据有现实意义和深远意义。

适用于国家及各省（直辖市）以下河湖长制总结评估工作开展。系统能实现自评估和第三方评估。

项目完成人：鞠茂森

超低水头水液-气-液能量转换泵提水技术

所属领域：水资源调度与利用

目前开发阶段：样品

成果简介：

技术原理及技术特点：

1. 液-气能转换装置：液气能转换的基本原理是将液体的势能在管道下流转变为动能的过程中，吸入空气并将液能的大部分能量赋予空气，使空气成为有压（正压、负压）气体，收集和利用该有压气体做功泵水。

2. 高效的高压气体收集技术：是通过利用河流几米的自然落差引入空气，通过有效设计进气孔的深度、大小、数量、进气管的直径及物理位置等提高管道进气率，从而形成更多的有压空气。

解决的具体问题：

本技术的研究对象是一套根据自然界能量转换原理，利用自然河流中蕴藏的低水头水能进行更高扬程提水的自主设计的装置。利用垂直管道负压以及气液两相流现象，将低落差河流水力能转化成高压气体，并通过气液分离技术将高压气体搜集利用，实现向更高扬程提水的功能。这套装置是对传统水能开发利用的有效补充，可以根据用水需求进行设计，规模可大可小、应用灵活，不需要消耗传统的汽柴油或电力资源。而且这套装置在河流中的制造、安装不需要修建高坝大库，基本维持了河流的自然生态系统与水文过程，属于环境友好型工程，可以为地貌复杂、基础设施薄弱等不利条件下山区供水提供全新高效的解决方案。

创新点及主要技术指标

1、整个扬水装置实现综合效率45%以上，示范建设项目实际效率已超过50%。

2、理论扬程可达到1000m。

3、实践中示范建设项目扬程达到1000m以上，单机日提水量达到最高1000m³。

本技术应用于水利给水领域，利用低水流落差，实现液-气-液之间的能量转换，而不需要消耗传统的油电资源。

项目完成人：孙阳

利用深循环天然导水通道实施水资源的合理调度与利用

所属领域：水资源调度与利用

目前开发阶段：原型

成果简介：

火山喷发停息后，停止流动的岩浆在冷却成岩过程中出现的收缩缝演变成为地下水的导水通道，高原地区的地下水通过收缩缝向玄武岩地区排泄。研究证实，西藏羌塘盆地的河水与湖水入渗裂谷后通过深循环导水通道向塔里木盆地、鄂尔多斯盆地、华北平原、苏北平原、东北等新生代玄武岩地区排泄。羌塘盆地的渗漏量达到一条黄河的年流量。

创新点及主要技术指标：

首次发现地下水存在地幔循环形式。西藏高原、巴布亚新几内亚等高原地区的降水通过裂谷与导水通道向盆地排泄，形成自流盆地。

由于西藏不同裂谷段对应着不同的导水通道，这些导水通道分别连通着塔里木盆地、华北（北京、天津、渤海湾、济南等）、长白山、太行山、内蒙高原、大兴安岭等新生代火山岩地区。有些导水通道连接海洋，将宝贵的水资源直接输送到渤海、黄海等，白白浪费掉了。例如，西藏渗漏水每年向渤海输送的地下水达到 200 亿。如果将这些输送到海洋的裂谷查清楚，在渗漏源区修建水坝与渠道等水利工程，可将输入到海洋的这部分水调入邻近的裂谷，通过裂谷下的天然通道实施调水，这些裂谷通向北京、天津、济南、新疆等缺水地区。由于深循环地下水导水通道已经安全运行了几十万年以上，无需管理，只要找到裂谷所对应的进口与出口，则可将实现调水。



项目完成人：陈建生

新能源驱动的苦咸水淡化装备及利用关键技术

所属领域：水资源调度与利用、节水技术与管理、高端装备制造、清洁能源

目前开发阶段：样品

成果简介：

水资源短缺是全球治理的重点和难点。内陆地区气候较为干旱，水资源短缺问题尤为突出。然而，内陆地区通常广泛分布着苦咸水资源，并且储量丰富。《黄河流域生态保护和高质量发展规划纲要》指出，要积极推动再生水、雨水、苦咸水等非常规水利用，实施区域再生水循环利用试点，在城镇逐步普及建筑中水回用技术和雨水集蓄利用设施，加快苦咸水水质改良和淡化利用。因此，苦咸水等非常规水资源开发利用正在成为应对日益严重的全球水资源危机的重要手段。

我国西北地区水资源匮乏、生态脆弱，但风资源光资源丰富，但是光伏、风电不稳定，易产生弃光弃风，造成浪费。西北地区绿电消纳能力不足，限电令更进一步降低了消纳能力。《关于构建市场导向的绿色技术创新体系的指导意见》（发改环资〔2019〕689号）提出，绿色技术创新是绿色发展的重要动力，是全球新一轮工业革命和科技竞争的重要新兴领域。利用新能源解决缺水地区的水资源生产和利用问题意义重大。

杨涛教授团队研发了适应多种水质条件的苦咸水预处理技术与装置、液流去离子淡化水质及回收率提升关键技术及装置、构建了光伏驱动苦咸水淡化微网和水能耦合控制系统、研发了基于界面蒸发的浓缩废水处理关键技术和设施，填补国内技术空白，为苦咸水地区的清洁水资源绿色生产、高效利用，以及解决生态治理的水资源瓶颈提供新途径。

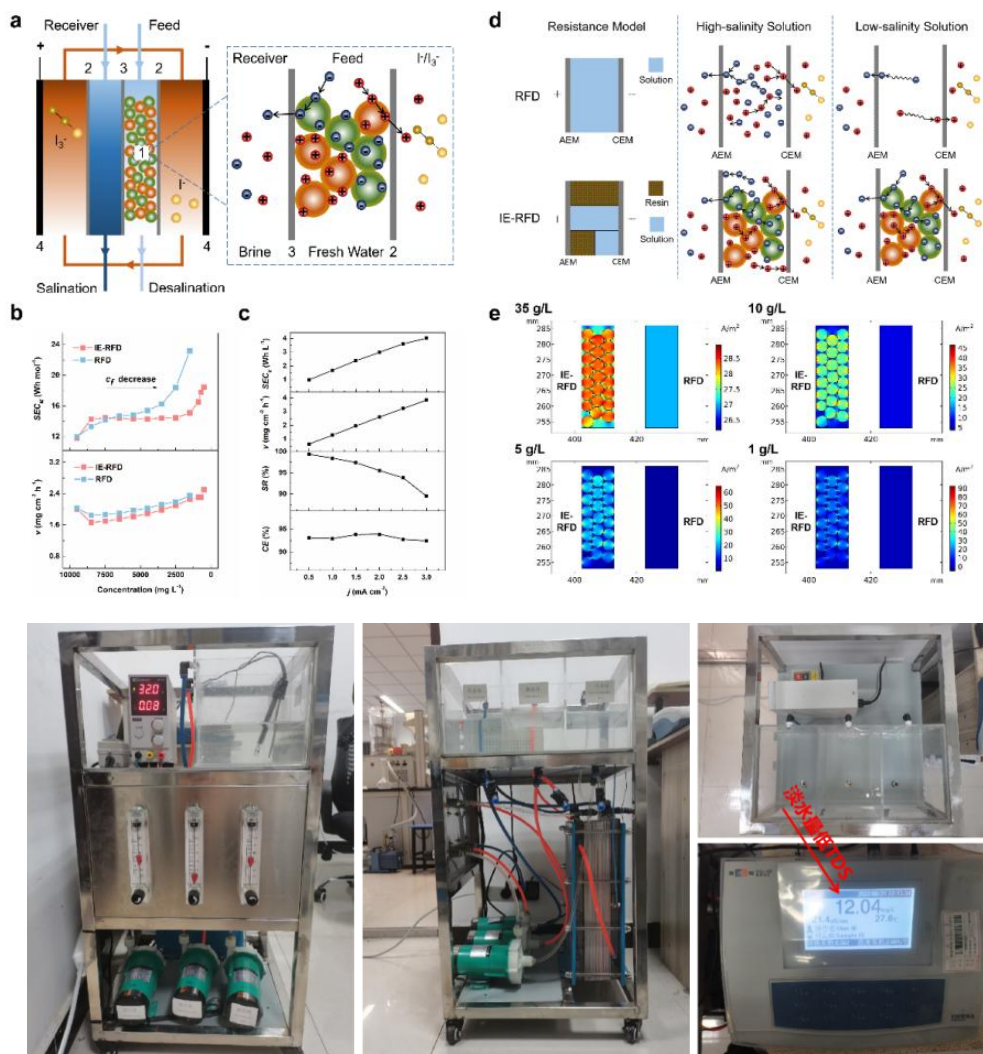
经过二十余年的研发，河海大学在我国生存环境演变和北方干旱化趋势预测研究、气候变化对黄淮海地区水循环的影响机理和水资源安全评估、农村小水电节能增效关键技术等科研项目支持下，在新疆、河北、山东等地与当地水利、农业、电力部门联合开展不同规模的示范应用，取得了良好的效果。

创新点及主要技术指标：

新型液流去离子结构，选用电化学反应动力学性质优异的电解液，利用离子交换剂作为离子传递桥梁，和反渗透技术相比实现了低能耗、高出水水质和高回收率。高效的浓缩废水蒸发处理技术，利用界面蒸发材料大幅提高蒸发效率，减少蒸发处理池建造面积和建造成本，使浓缩废水转化为易于处理的盐晶。实现水-能耦合系统系统集成、负荷分析、经济型计算及数值模拟，建立可持续的清洁水资源绿色智能生产模式。

“二十大”报告指出，要推进美丽中国建设，坚持山水林田湖草沙一体化保护和系统治理，统筹产业结构调整、污染治理、生态保护、应对气候变化，协同推进降碳、减污、扩绿、增长，推进

生态优先、节约集约、绿色低碳发展。我国水资源短缺和风光等新能源分布互为补充的背景下，利用新能源建设，驱动以苦咸水淡化为代表的清洁水资源生产制备技术革新，解决居民饮水安全和生态治理难题，成果在水利、能源、交通、农业、环境等行业，具有广阔的市场前景。



项目完成人：杨涛

选择性氧化促进市政脱水污泥二次深度脱水的技术与装备

所属领域：水环境与生态保护

目前开发阶段：成熟产品

成果简介：

我国城市污水厂每年产生大量脱水污泥以及富营养湖库打捞的藻泥对生态危害很大，它们含水率高，体量大，有毒有害物质多，为了便于后续的最终处置，急需寻找合适的深度脱水技术，降低含水率。尤其是直接对脱水污泥（藻泥）进行不稀释的二次深度脱水技术，由于其占地小，设备小型、灵活，充分利用原脱水工艺的优势，逐渐得到市场的青睐。

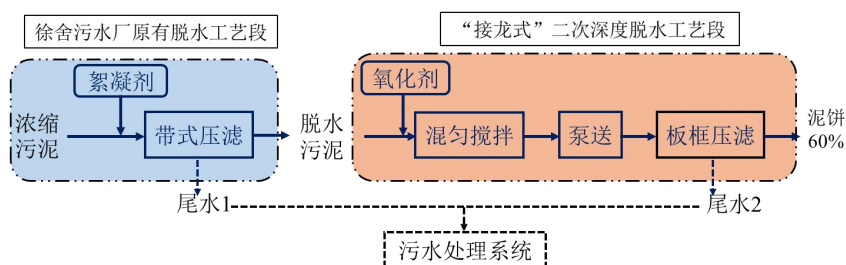
创新点及主要技术指标

1、发现了选择性氧化促进脱水污泥二次深度脱水的机理，确定的结合水转化为自由水促进水分脱出的充分条件和必要条件。脱水污泥经“干式”调理后可以直泵入板框压滤机进行二次深度脱水。

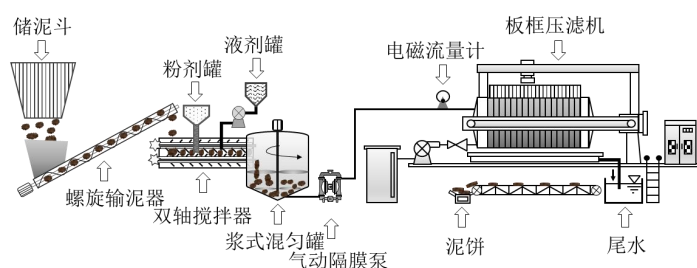
2、选择性氧化后可以在设备中实现“进得去”和“出得来”，实现不稀释的二次深度脱水。调理+进样+压榨+卸泥，可以控制在 1.5h 以内，预处理费用低于 100 元/t

一、应用领域及市场前景

现有典型工艺对污泥、藻泥干物质做了“加法”，主要手段是通过添加干物质（主要采用石灰）调整含水率，但药剂掺量高，脱水后污泥体积庞大；而该技术几乎不增加污泥干物质的前提下，可以将污泥体量降至 1/2 以下，为后续运输、处理与利用大大减轻了负荷。



工艺流程图



工艺概念图



项目完成人：朱伟

干泥法清淤整装成套技术（潜床袋式集泥器）

所属领域：水环境与生态保护

目前开发阶段：样品

成果简介：

技术原理：

根据水动力学及底泥沉积、分布规律，在河湖易淤积的地方布设集泥器，辅助刮泥器将底泥推送至集泥器中。集泥器中布设衬袋，进入集泥器中的底泥在重力作用下逐步固结，水分通过衬袋排出，降低了底泥的含水率，一般情况下底泥的含水率可以降低至 60%。衬袋内的泥满后，将衬袋取出，实现了干泥法清淤。

技术特点：底泥在集泥器衬袋内通过原位重力沉降，实现了上岸淤泥含水率低，无需设置堆场进行脱水处理，也不需要进行尾水处理。

解决的问题：

（1）减少清淤中的环境影响。减少清淤工程的作业面积，避免对航运、旅游等功能的影响，减少清淤中因对底泥的扰动产生的二次污染。

（2）减少底泥处理处置成本。依靠重力浓缩，可以最大限度降低底泥的含水率；将原来短时间内需要处理完成的数万甚至上百万方的底泥，化整为零，极大的减少了底泥处置的压力，减少了后续的处置成本。

（3）减少清淤能耗。底泥自然沉积在集泥器中，无需使用清淤船等机械设备，大大降低了清淤中的设备能耗。

（4）减少对河湖基底的扰动破坏。本技术可以减少常规清淤工程中对基地的破坏或污染底泥清除不彻底的问题，为河湖生态复苏提供良好基底条件。

创新点及主要技术指标：

- 1、高精度淤泥分布测绘：精度>80%，误差小于 3cm；
- 2、套筒衬袋式集泥器：容量 10t；
- 3、倒簸箕刮泥器：单次刮泥量 1m³；
- 4、清出淤泥含水率：<60%。

桥港试点工程集泥器现场施工照片

本技术应用推广的范围为河湖清淤工程，适合无堆场、对尾水排放、底泥含水率及清淤扰动要求高的清淤工程。

项目完成人：鞠茂森



构建河道堤岸生态修复系统关键技术研究

所属领域：水环境与生态保护

目前开发阶段：样品

成果简介：

本技术从河道淤泥的资源化处理出发，提出内源污染削减与外源污染控制相结合、底泥原位快速脱水固化技术、底泥构建生态护坡及生态浮岛技术，三者相互联系结合形成系统的河道堤岸生态系统修复技术体系。

研发高效、生物友好的水质治理剂，将水中污染物稳定化无害化转化的同时，沉淀于底泥中，并通过生态清淤控制水体的内源污染问题。开发一系列淋洗剂、脱水剂、固化剂、土壤改良剂，将资源化的固废应用于生态岸坡的构建。这些固废的稳定化及资源化不仅能有效削减河道内源污染，控制面源污染的扩散，同时所构建的生态护坡植被具有很好的景观效果，保持了生态的连续性，同时生态边坡和生态浮岛的植被又能有效的对地表径流微污染水质进行截留净化等作用。最终形成了生态系统重构技术和生态安全评估体系，为实现治理效果的长效性奠定基础。

该技术的实施可恢复和强化水环境的生态功能，有助于河道及沿线生态环境的恢复与保护，提高河网水系的环境容量和环境质量，将明显改善水环境状况，有利于促进维护河流健康、确保河流生态服务功能的持续发挥，进而推进水生态文明建设目标的落实。

创新点及主要技术指标：

新型友好水处理技术使河道水体中微生物和有机物的去除率达到 85%和 96%，使河道水体中重金属去除率达到 80%。淤泥快速减量化技术使淤泥固化土 3 天抗压强度相对于传统硅酸盐水泥固结土提高 286.5%，淤泥高效稳定化技术使受污染的淤泥中重金属浸出率下降 80.4%~99.9%，淤泥中物生物总量降低了 86.4%，经淤泥土壤化技术处置后的废弃淤泥使植物发芽率提升了 13%，株高增加了 3.5cm。新型渠道复合防渗、抗污材料的阻渗性能达到 $2.95 \times 10^{-11} \text{cm/sec}$ 。在同等条件下相较于其他生态土质护坡，新型淤泥质护坡稳定性边坡稳定安全系数为 3.567，提高了 1.19 倍。



已建混凝土生态防渗渠道改造图



岸堤生态修复系统构建前后对比图

项目完成人：祝建中

模块化生态湿地高效原位净化系统

所属领域：水环境与生态保护

目前开发阶段：样品

成果简介：

技术原理：

模块化生态湿地高效原位净化系统采用典型的垂直流人工湿地工艺，模拟自然湿地的结构和功能，人为地将水体分配到由填料与水生植物、动物和微生物等构成的独特生态系统中，通过优化集布水等措施从而实现水质净化功能的提升和生物多样性保护的近自然系统。

技术特点：

（1）高效净化能力。净化系统通过植物根系和填料上富集的微生物菌胶团吸收降解有机物，并且通过多次循环和选择最优停留时间大大提高净化能力。

（2）不堵塞。设置气提反洗机构定期自动反清洗，解决了生态湿地堵塞的问题。

（3）自由组合成各类形状。系统有多种形状模块，可以根据河湖形状及设计需求进行拼装。

（4）使用寿命长。采用 PE、不锈钢等耐腐蚀材料作为骨架，使用寿命在 10 年以上。

（5）抗风浪及水位波动能力强。采用仿生结构，模块与模块之间用不锈钢软连接，保证水面波动和水位的波动不会使整体湿地系统散架和损坏。

（6）景观效果好。可以在模块表面种植各种植物，美好环境。

（7）不占城镇陆地，低碳节能。采用漂浮式结构，解决湿地占地面积大，在城区很难建设湿地系统的问题；原位处理实现低碳节能。

创新点及主要技术指标：

模块化生态湿地高效原位净化系统于 2022 年 12 月底应用于鼓楼区上元门雨水泵站前池，系统投入运行前雨水泵站前池水质维持在地表Ⅲ～Ⅴ类水，无法达到外排长江Ⅲ类标准。模块化生态湿地高效原位净化系统于建设完成后即正常运行，2023 年 1 月 4 日委托有资质的第三方检测机构——江苏博恩环保科技有限公司进行水质采样检测，系统出水水质检测数据如下：溶解氧 6.8mg/L，氨氮 0.65mg/L，透明度 40cm，已能稳定达到地表Ⅲ类标准。

项目完成人：鞠茂森

饮用水同步去除总硬度、铁、锰、氨氮关键技术及装置

所属领域：水环境与生态保护

目前开发阶段：成熟产品

成果简介：

技术原理：基于总硬度、铁、锰、氨氮复合污染源水质特征，以复配除铁锰填料为核心处理介质，接种特种除铁、锰、氨氮微生物，契合改良型诱晶软化技术实现高效充氧，实现了在单一净化装置内同步去除总硬度、铁、锰、氨氮的目的。

技术特点：该技术具有以下特点：1) 有机契合了饮用水去除总硬度、铁、锰、氨氮等典型工艺单元及净化需求，形成高度集成的一体式净化装备；2) 优选了深度去除铁、锰的复合填料，可将锰降低至 0.05mg/L 以下；3) 培育了同步去除铁、锰、氨氮的特种微生物，并成功接种于复合填料中，实现了生物协同去除铁、锰、氨氮；4) 净化过程除软化药剂外，不外加其它水处理材料，确保净化过程的绿色、经济、环保、安全；5) 净化装置全部采用 304 不锈钢，确保使用过程中的安全、稳定。

解决的具体问题：总硬度、铁、锰、氨氮是我国部分地区水源存在的典型水质问题，严重影响了当地饮用水的安全，该技术可以有效去除总硬度、铁、锰、氨氮，保证供水安全，并同时解决了传统净化技术存在的净化效率低、装置复杂、净化成本高等方面的问题，实现了绿色、环保、安全地去除饮用水中的总硬度、铁、锰、氨氮，满足典型复合污染地下水的净化需求。

创新点及主要技术指标

- 1、经济、高效地去除水源水中总硬度、铁、锰、氨氮，可同步将上述物质降低至生活饮用水卫生标准（GB5749）相应限值以内；
- 2、净化过程除软化药剂外，不需外加任何水处理材料，确保净化过程的绿色、环保、安全；
- 3、净化过程废水产率可控制在 0.5% 以内，为常规净化工艺废水产率的 1/10。



纺织园水厂同步除硬度、铁、锰、氨氮装置正面图



装置正面图

项目完成人：刘成

土石堤坝超宽域分布式光纤测温测渗技术与系统

所属领域：工程建设与工程安全、高端装备制造

目前开发阶段：样品

成果简介：

渗流是影响土石堤坝工程安全的一个重要因素，加强渗流监测，及时获取隐患信息并给予科学处理，对保障整个堤坝工程安全具有十分重要的意义。土石堤坝工程具有纵向延伸长的工程特点以及随机性、隐蔽性强且初始量级细微的渗流隐患特征，采用传统点式监测仪器和技术，易形成监测盲区而出现漏检现象。

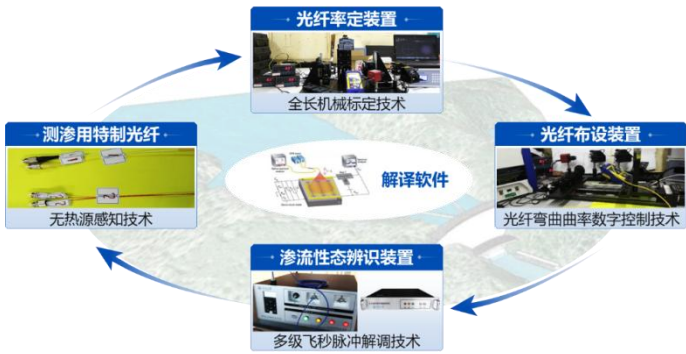
本装备技术聚焦堤坝渗流状况的全方位感测目标，以土石堤坝温度场与渗流场的关联性为纽带，以光纤温度传感技术为基础，通过改进解调技术、研制特种专用传感光纤以及技术集成等，研发出具有超宽域、超远距离特点的土石堤坝分布式光纤测温测渗系统。

该系统以双通道解调设计、拉曼与光时域技术融合等，实现超远距离温度分布式感测；以内部结构和材质双优化的特种专用传感光纤，实现高、低温超大温度差异等的承受，且具有强的抗拉和抗压性能，可适应恶劣的施工与监测环境；通过降噪技术、盲源分离技术等的应用，实现渗流信息的精准解译，极大保障了复杂工况下土石堤坝渗流区远距离、大范围、超宽域的快速感测。

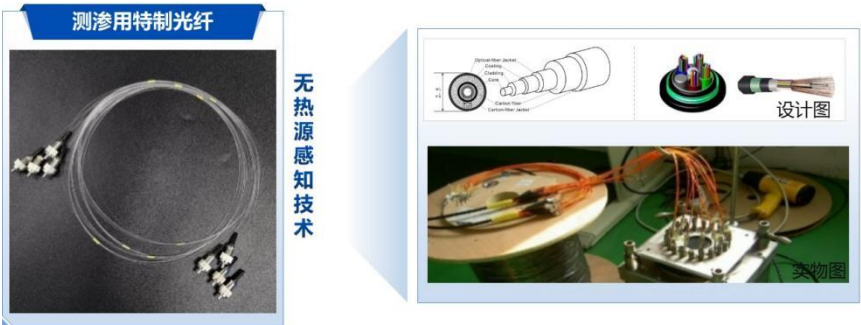
该设备的核心技术已获中国、美国、英国、澳大利亚、新西兰等多国发明专利授权；核心专利获“中国专利优秀奖”。

创新点及主要技术指标

- 1. 测温精度：±1℃。
- 2. 光缆监测温度范围：-40℃~+70℃。
- 3. 定位精度：≤0.5m。
- 4. 测温分辨力：0.1℃。
- 5. 空间分辨力：≤0.5m。
- 6. 响应时间：≤9s。



土石堤坝超宽域分布式光纤测温测渗系统组成图



测渗用特制光纤



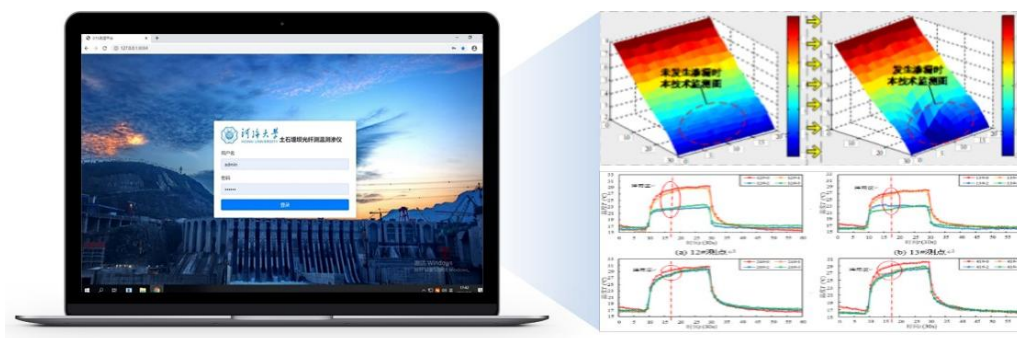
光纤率定装置



光纤布设装置



高性能光纤解调仪



土石坝坝渗流性态分布式光纤解译专用软件

项目完成人：苏怀智

海岸带岸基数字影像监测系统（COSVIMS）

所属领域：工程建设与工程安全、水利信息化

目前开发阶段：成熟技术

成果简介：

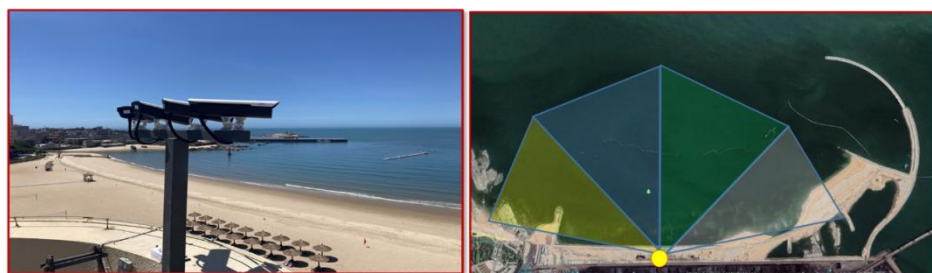
海岸带岸基数字影像监测系统（COSVIMS）采用数字视频监控技术、影像分析技术和信号处理技术，提供全天候、长期、连续、实时的海岸动力地貌和环境信息，可为海岸侵蚀防护、海岸防灾减灾、海滩养护修复、海滩智慧管理等工作中的海滩稳定性评估及预测、海滩侵蚀风险评估、风暴灾害风险及减灾能力评估、数字化管护系统建设等方面提供更科学和更精细的数据支撑。

创新点及主要技术指标：

根据观测需求，系统采用 4~6 台及以上的数字监测专用相机，支持以指定的时间表和采样率对指定区域进行实时连续的数字影像、阵列式光学传感器像素数据采集，支持多相机影像数据同步获取、有序回传和存储，可实现风暴条件下的数据采集，1~2 Hz 的采样频率和 cm~m 的像素空间分辨率，监测范围可达 1~2km 长的岸线，覆盖 180° 及以上的水平视野范围。

系统监测功能包括：1）岸线位置，岸线形态，沙滩宽度，最高时间分辨率：小时~天；2）潮间带剖面地形，平面地形，泥沙量变化，最高时间分辨率：天；3）沙坝位置，沙坝形态，离岸距离；最高时间分辨率：小时~天；4）破波点位置，破波带范围及宽度，波浪爬高漫滩范围及高度速度等参数，最高时间分辨率：小时；5）海堤越浪量及频率、宽度等时空分布参数；最高时间分辨率：小时。

相比于传统现场观测手段，本系统的主要优势是大范围、实时、连续监测（同步监测几公里岸线，空间范围大，逐时逐日监测，时间分辨率高，长期持续工作，时间连续性好），全天候、适应极端天气（台风期间仍可正常运行，可适应复杂恶劣的海岸环境条件），监测对象多元（同时监测地形、动力、环境等数据），简便易行、安全可靠（无人值守，人员危险性低）。解决了海滩风暴响应过程数据难采集、监测数据时空分辨率低及参数单一、工作量大且成本风险高、减灾能力和地貌稳定性难评估等难题。



项目完成人：张弛

一种用于堤坝溃口快速封堵与加固装置

所属领域：工程建设与工程安全

目前开发阶段：样品

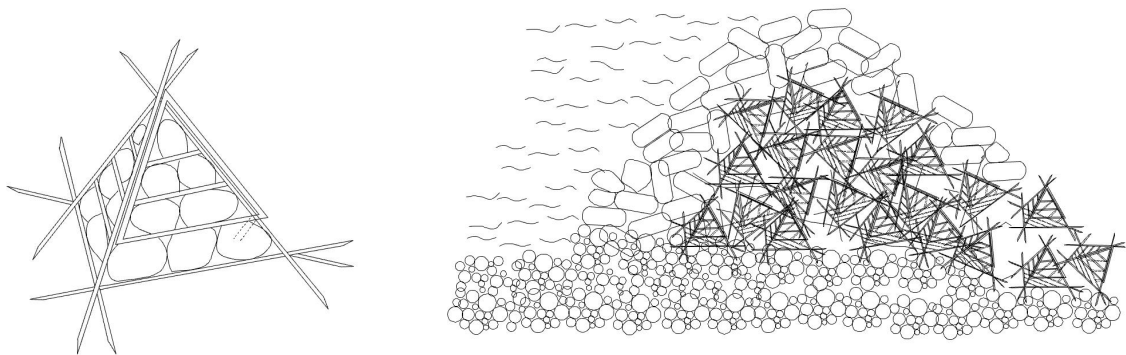
成果简介：

本实用新型所要解决的技术问题是，一般土袋等材料抛填无法挡住洪水的冲力，很快被冲走，对于打桩、抛石等受现场条件限制无法实施；本实用新型装置能够在抛填部位通过四面体伸出的角铁扎入溃口泥土中，在溃口部位构成一个犬牙交错的网状结构，三角形的形状有效减少了水对结构面的压力，使得结构在重力作用下更为稳固。

通过预制标准型剪刀形框架及三角形框架构件作为防汛物资，在堤坝现场遇险情时能快速组装成四面体铁笼，充分利用现场泥土装袋或防汛沙袋放入四面体铁笼内，利用人力推入或机械吊入溃口内对溃口进行封堵，铁笼四周伸出的角铁受重力和水流作用插入溃口泥土中，等四面体铁笼填入到一定高度后，上面填压沙袋或土袋等，加密压实，并在迎水面同时抛土袋，压实压密后，由于有四面体铁笼的存在，其外延撑杆已经陷入地基中，溃口部位抛填结构强度大大加强。

创新点及主要技术指标：

组装四面体铁笼的框架结构可以事先预制成标准件，现场组装快速，装袋材料取用方便，四面体铁笼每个面的三个外延支撑杆能稳固插入泥土中，即使被急流冲翻后仍能插入溃口处泥土中，并且随着上面重量的增加，铁笼着地更加稳固。另一方面由于铁笼做成四面体结构，迎水面大部分为近线状，大大削弱水的阻力，使得铁笼更容易着地，众多的铁笼在溃口处形成犬牙交错的网状结构，互相支撑，结构近似整体，稳定性及抗水流冲击能力大大增加。



项目完成人：阮善发

堤坝渗漏险情无人机载式红外-可见双光组合巡测装备及技术

所属领域：工程建设与工程安全、高端装备制造

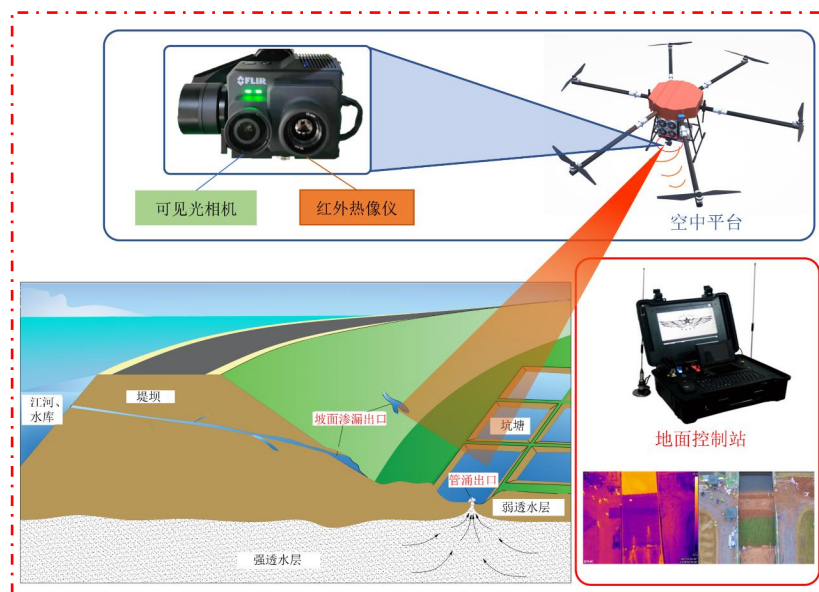
目前开发阶段：成熟技术

成果简介：

服务于强风、雨天等恶劣环境下长距离线状堤坝工程渗漏险情的非接触远程无人巡测目标，综合考虑续航时间、载荷、温感精度等核心指标要求和运输、供能、野外起降等便捷性需要，通过新型机身材料的采用、动力组成的优化以及空中死机复活技术的利用等，研发了由油电混合动力系统、碳纤维飞行平台、地面控制站、机载红外热像仪与可见光相机感测装置等核心构件组成的长续航无人机载式红外-可见双光组合巡测装备，可快速获取堤坝工程表面丰富的红外与可见光图像；考虑到受无人机抖动、水汽、粉尘、光照强度、航高限制等内外因素多重影响，巡测图像存在噪声污染、对比度低、成像范围不足等问题，开发了高效降噪、增强、配准、拼接等图像处理技术，可实现堤坝表面高对比度、全景式图幅展示；鉴于堤坝渗漏现象在红外图像中呈现出独特的温度与形态学特征，引入深度学习方法，开发了具有强鲁棒性和泛化性的堤坝渗漏红外巡测图像快速辨识技术；考虑到实际堤坝坡面常面临杂草覆盖、起伏不平、积水等复杂恶劣工况，易引起误判，研制了基于无人机红外-可见双光巡测图像融合的堤坝渗漏精细辨识模型，形成了对复杂环境具有更强适应性的堤防渗漏险情自动辨识技术。

创新点及主要技术指标：

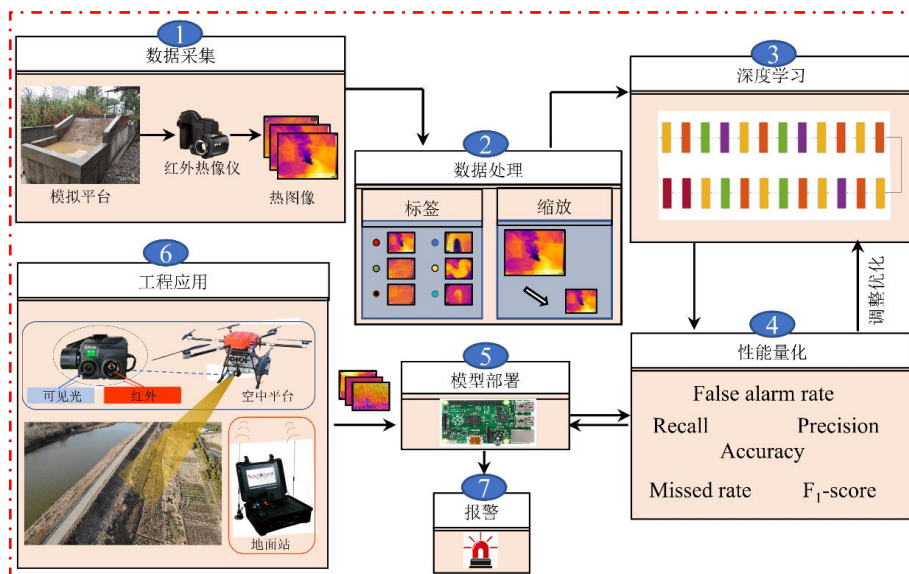
1. 单次最长持续作业时间（荷载 5kg 条件下）：3.5h。
2. 测温精度： $\pm 0.2^{\circ}\text{C}$ 。
3. 最大探测速率：164880m²/h。
4. 抗风等级：7 级。
5. 工作温度范围： $-20^{\circ}\text{C} \sim +50^{\circ}\text{C}$ 。
6. 适应最大相对湿度：100%。
7. 具有草皮遮盖等复杂情况下的渗漏出口探测能力。



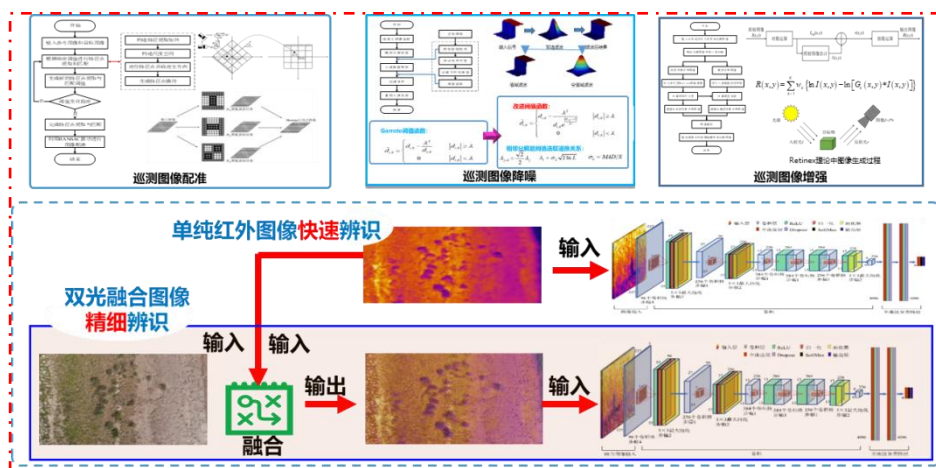
堤坝渗漏险情无人机载式红外-可见双光组合巡测模式图



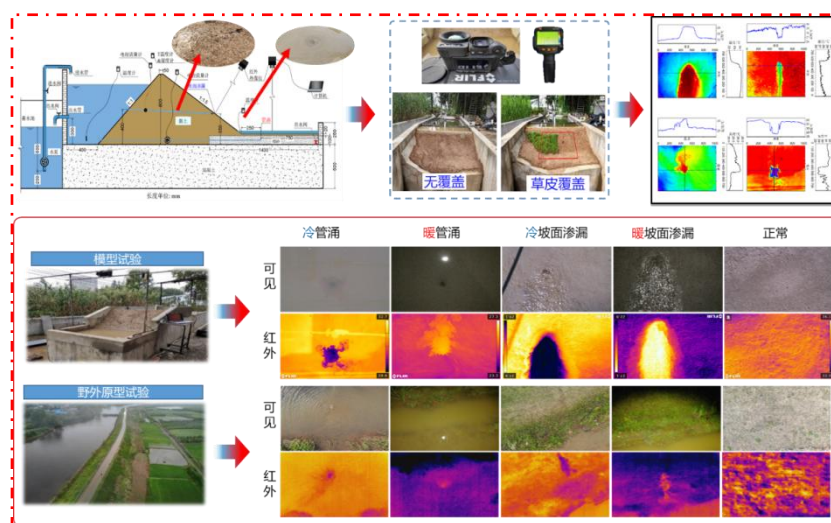
自主研发的长续航无人机



堤坝渗漏险情无人机载式红外-可见双光组合巡测与智慧辨识流程



堤坝渗漏险情无人机载式红外-可见双光巡测图像处理与自动辨识模型



堤坝渗漏险情无人机载式红外-可见双光巡测技术测试与工程应用

项目完成人：苏怀智

岩土工程光纤智能感测系统

所属领域：工程建设与工程安全

目前开发阶段：成熟产品

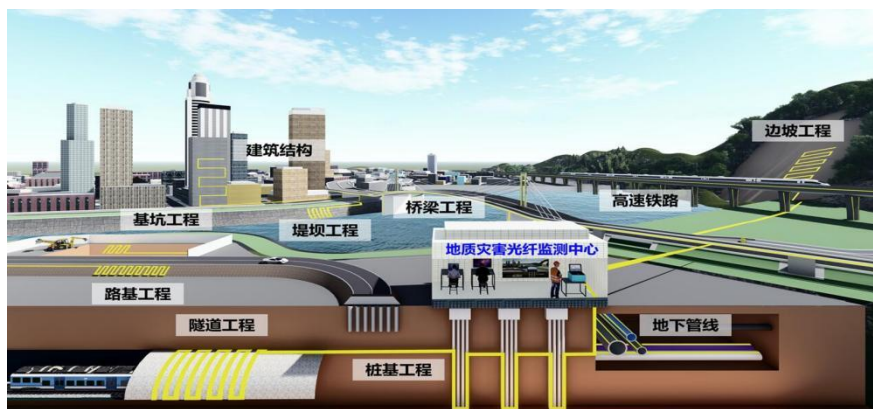
成果简介：

我国是一个岩土工程灾害问题十分严重的国家，据国家住房与城乡建设部统计，2013-2022 年全国工程建设事故累计死亡人数达 29260 人，直接经济损失超千亿元。在岩土工程灾害层出不穷的背景下，解决岩土工程问题已经成为国家经济和社会重大需求。习近平总书记提出要建立高效科学的自然和工程灾害防治体系，提高全社会自然和工程灾害防治能力，为保护人民群众生命财产安全和国家安全提供有力保障。为了了解和掌握岩土体状态，必须采用先进的监测手段实时掌握岩土体情况，确保工程建设安全。

光纤智能监测技术是一种新兴的监测技术，与传统电阻式传感器相比，具有分布式监测、存活率高、集成化和自动化程度高、可以进行长时间的连续监测、能够实现岩土工程灾害的实时预警等优点。为解决岩土工程中出现的桩基变形、边坡稳定、管道安全等问题，本团队研发了岩土工程光纤智能感测系统，可对复杂岩土体及岩土工程进行长距离、大面积、全分布监测。通过对岩土体应变和变形的精准测量，实时掌握岩土体的变形场和温度场，实现了精准预警，解决了岩土工程监测和灾害预警的难题，实现了岩土与光学学科的有机交叉结合。

创新点：（1）研制了全球首台岩土工程高精度光纤测试仪；（2）自主研发了岩土工程光纤感测装置及布设工艺；（3）自主构建岩土工程光纤智能预警模块。

主要技术指标：（1）测试技术实现电学到光学质变；（2）分布式测量，1 根桩仅 1 根引线；（3）测点密度提升 1000 倍，达到 1 毫米；（4）防水性好，抗干扰强，实现单人测量、夜间测量和雨天测量；（5）传感合一，海量数据快速化、自动化处理，光纤信息实时计算。



线性岩土体分布式光纤测试系统概念图

项目完成人：高磊

水库大坝运行安全多测点分级关联预警技术

所属领域：工程建设与工程安全、水利信息化

目前开发阶段：成熟技术

成果简介：

对于已经设置安全监测系统的大坝，考虑其工作特点和主要失效模式，针对性地选取关键部位（如断层处理后的部位、发现的工程质量缺陷部位等）的典型测点，将已有测点按重要性划分为重要监测点、一般监测点及其他监测点。根据大坝安全监测数据拟定大坝安全预警指标，经过测点可靠性评价，数据粗差处理和典型测点的筛选，对符合要求的测点采用设计规范法、典型小概率法和置信区间法确定相应的安全预警阈值，比对各方法的计算结果，最终采用各计算结果划定的最小区间的边界值作为最终的大坝安全警戒值。确定各类型测点对应的大坝安全警戒值后，采用测点分级、考虑空间关联指标的综合预警体系对混凝土坝进行安全预警。

创新点及主要技术指标：

（1）聚焦监测数据对大坝整体稳定性和结构强度的反映，划分重要监测点、一般监测点和其他监测点。

（2）综合多种方法的计算结果来综合确定大坝安全预警的量化指标。

（3）采用考虑空间关联指标的多测点综合预警体系，对于测值落入警戒区间的测点，将其与多测点空间关联网的关联测点测值状态对比分析，有层次地、系统地对大坝运行状态进行实时预警，降低系统误警、漏警的概率。

（4）提出了大坝安全预警多单位的协同作业操作办法和人工复核与计算机自动判断双线并行的警情判断方法。

该技术属于大坝建设与运行管理、水库大坝安全监测及预警评估领域，适用于已设置大坝安全监测系统的各类大坝，可推广应用于水闸、泵站、堤防、边坡、涵渠等各类水利水电工程枢纽建筑物。

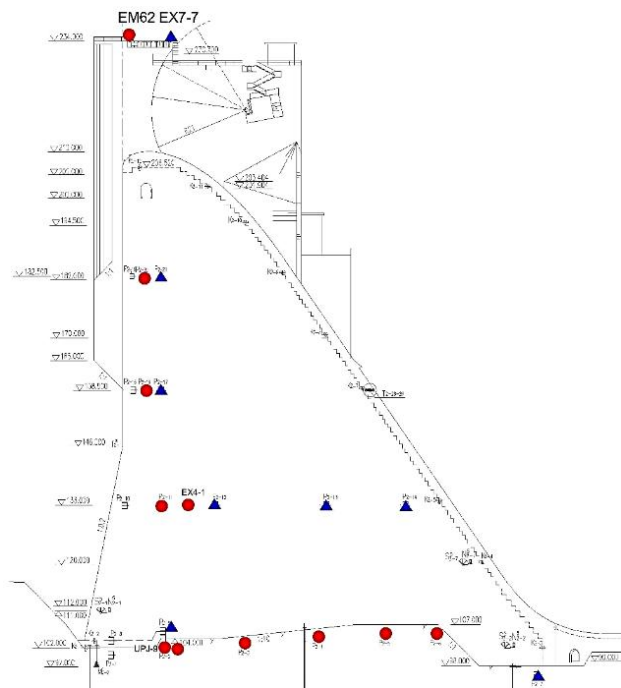


图 1 重点监控断面监控选点示意图

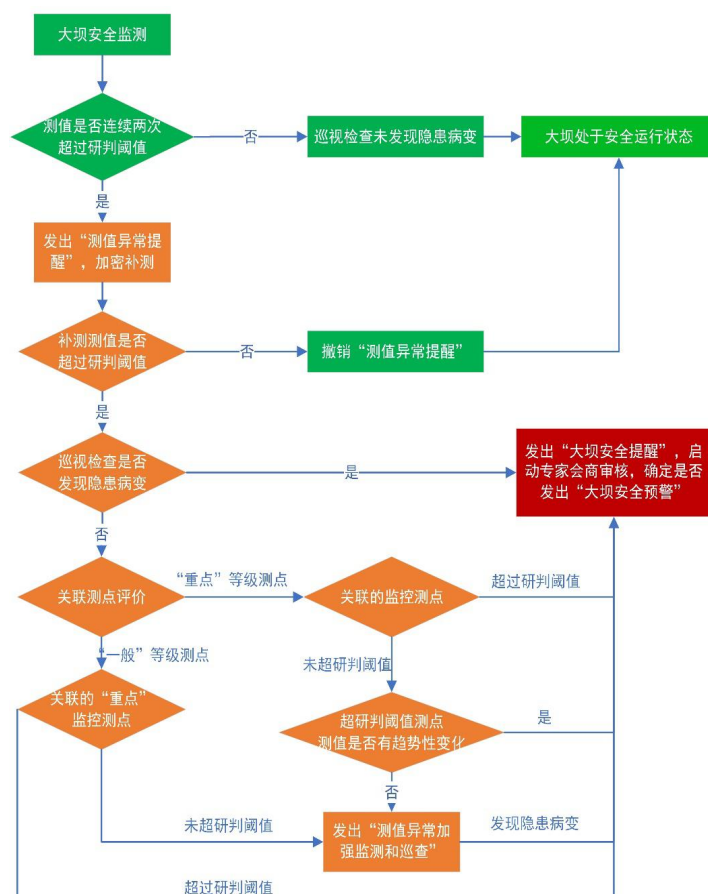


图 2 预警模式示意图



图 3 预警系统软件平台界面示意图

项目完成人：陈波

现代混凝土收缩裂缝防控关键技术

所属领域：工程建设与工程安全、水工程材料

目前开发阶段：成熟产品

成果简介：

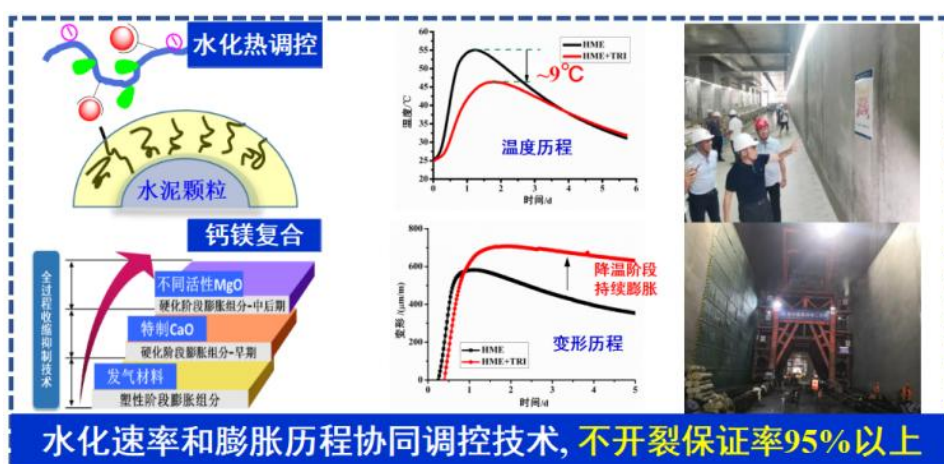
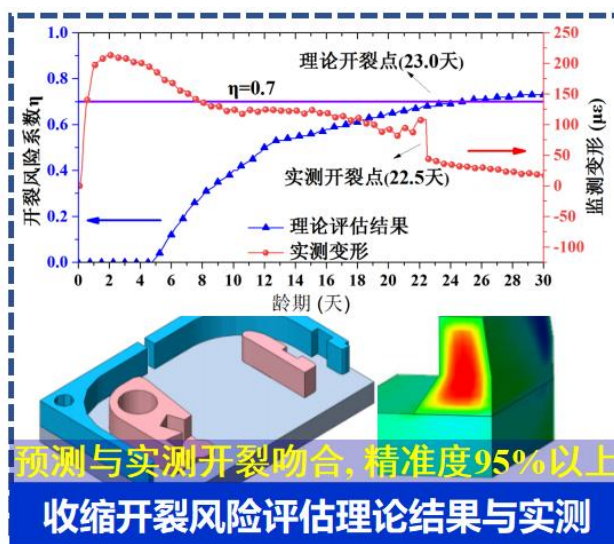
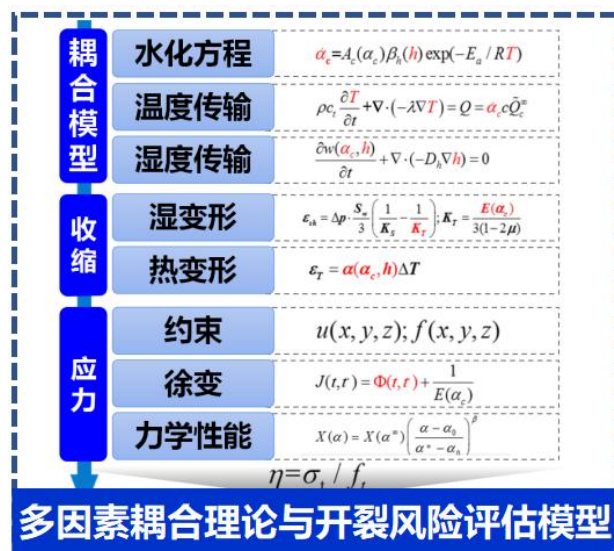
混凝土是世界用量最大、用途最广的基础材料，其在我国用量占全球 60%以上。现代土木工程对混凝土性能和寿命要求更高，服役环境更严酷，一旦开裂，产生的危害更大，严重影响构筑物使用功能，缩短服役寿命。混凝土收缩导致的开裂占 80%以上，是长期困扰工程界而未能有效解决的国际难题。

赵海涛教授及其所在科研团队经过 20 余年不断研究，揭示了现代混凝土水化-温度-湿度-约束多场耦合机制，提出了综合反映材料、结构、环境、施工等影响的混凝土收缩开裂全过程量化评估和设计方法，开发了开裂风险量化评估软件平台；研发了水分蒸发抑制材料、水化温升抑制材料、表面包覆钙质和不同活性镁质复合膨胀材料，提出了水分蒸发抑制、水化温升与膨胀历程协同调控、保温保湿双重养护等技术，开发了收缩裂缝智能监控与预警系统。研究成果在成功于大坝、特大型渡槽、特高压变电站、跨江特大桥承台与塔柱、超长超深铁路/公路隧道衬砌、地铁车站等重大工程中。

创新点及主要技术指标

创新点：（1）提出了 1 项新理论：建立了“水化-温度-湿度-约束”多因素耦合条件下现代混凝土收缩开裂风险量化评估理论；（2）开发了 2 项软件平台：收缩开裂仿真与抗裂性设计软件、温控防裂智能监控与预警软件；（3）开发了 3 类新材料：水分蒸发抑制材料、水化温升抑制材料和钙镁质历程可控膨胀材料；（4）提出 4 项抗裂新技术：水分蒸发抑制技术、温度场和膨胀历程协同调控技术、保温保湿双重养护技术、智能监控与预警技术。

技术指标：水分蒸发抑制剂，水分蒸发抑制率 $\geq 30\%$ ；水化温升抑制材料降低水泥初凝后 24h 水化放热 $>70\%$ ；CaO 膨胀材料 1d 限制膨胀率与 7d 值比例 $<40\%$ ，与同类技术比较 1d 后膨胀效能增大 1 倍以上；MgO 膨胀材料，活性反应时间波动 $\pm 10s$ 以内，与同类技术比性能提升 1 倍以上；实现不开裂保证率 $\geq 95\%$ ，大幅度减少甚至完全避免可见裂缝，预计可节约后期主体结构混凝土裂缝修补费用 90%以上，显著提升工程建设质量整体水平。



项目完成人: 赵海涛

基于通讯大数据的水文气象监测与智慧预警

所属领域：水利信息化、高端装备制造

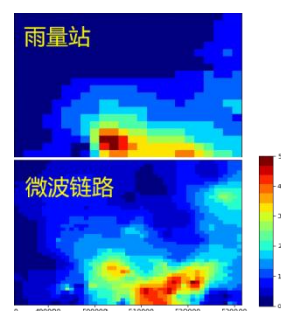
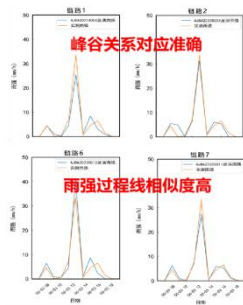
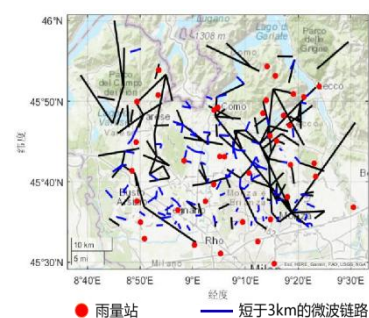
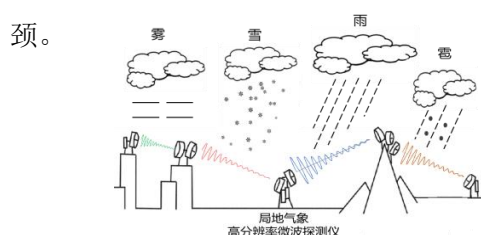
目前开发阶段：成熟技术

成果简介：

近年来，全球气候变化异常，极端水文气象事件频繁发生并不断加剧，城市内涝、山洪滑坡等自然灾害，对经济社会发展和人民群众生命财产安全造成重大威胁，防洪减灾面临新挑战。2021年河南郑州市“7·20”特大暴雨灾害，造成严重城市内涝、河流洪水、山洪滑坡等多灾并发，带来重大人员伤亡和财产损失，暴露出局地暴雨精准监测预警的薄弱环节，也暴露出当前城市公共安全与应急管理的明显短板。局地极端强降雨实时监测、滚动预警和应急响应联动面临新挑战。

杨涛教授团队研发了基于无线通信大数据的高频微波降雨密集监测预警新技术填补国内空白，为局地精细化监测、智慧化预警与公共安全管理提供了新途径。该技术依托现用通信基础设施，具有监测时空精度高、维护成本低等优势，能够连续、密集地提供局地实时降雨监测资料。2019年至今，河海大学在江阴、南京、南昌、温州等地与当地水利、气象部门联合开展不同规模的示范应用，取得了良好的效果。结果表明：微波监测与自动雨量站相比，在大雨和暴雨条件下，相关性系数接近1.0。

创新点及主要技术指标：微波监测可实现降水、湿度等近地面气象要素微小突变探测，与自动气象站相比，有效空间分辨率精细从5000米提高到100米，最短探测频次从5分钟/次提高到10秒钟/次，对短历时超标准暴雨监测预警有很高的应用价值。微波监测可填补多功能自动气象站5公里以下的探测空白，克服天气雷达精密与精准度不足难题，破解局部重大气象灾害探测预警的科技瓶颈。



项目完成人：杨涛

河流系统健康智慧预警系统

所属领域：水资源调度与利用、水环境与生态保护、水利信息化

目前开发阶段：成熟产品

成果简介：

河流系统健康智慧预警系统有三大功能模块组成：河流系统健康智能评价模块、河流系统健康智能警源查证模块以及河流系统健康智能预测模块组成。实现了对河流系统健康的评价、查证警源、预测和警报功能。实现了：对目标河流系统以前和当前健康状态的静态评价；查证确认影响目标河流系统健康的主要警源，为后续的排除警患提供依据；预测目标河流系统未来一段时间内健康状态的变化趋势、变化速率等并发出相应预警信号，为河流管理部门提供一定的预警时间，从而为调整流域内的人类活动范围、活动强度等提供决策参考依据。本系统是在完成人建立的河流系统健康预警理论和方法基础上构建的，拥有该系统的核心知识产权。

创新点：

(1) 提出了由河流自然系统和流域内社会系统组成的河流系统概念，体现了人水和谐共处及可持续功能发展的生态文明理念；

(2) 首先提出了基于河流系统的健康理论；

(3) 首先提出了基于河流系统健康预警理论与方法；

(4) 根据我国河湖监测数据的特点，首次将灰色预测理论应用于河流系统健康预测；

主要技术指标：

(1) 河流系统健康预警警兆指标体系；

(2) 各警兆指标的警限；

(3) 河流系统各级健康警情指标的警限及相应预警信号系统；

(4) 河流系统健康评价算法及模型；

(5) 河流系统健康警源指标体系；

(6) 河流系统健康警源查证算法及模型；

(7) 河流系统健康预测算法、模型及预测精度；

应用领域及市场前景：主要应用于智慧水利中的河湖健康管理。目前我国正积极探索生态文明和智慧水利的建设。河流系统健康智慧预警系统将有力地促进我国河湖系统健康的智能管理工作，不但可以为水资源保护、水污染防治、水环境改善、水生态修复等河流保护工作，同时也为人水和谐共处、实现可持续发展提供良好的技术支撑，而且也能够成为贯彻落实河湖河长制的有力工具。河流系统健康预警系统在水利、生态环保行业具有广泛的应用前景。 项目完成人：吴龙华

水质光谱在线监测与预警技术

所属领域：水利信息化、高端装备制造

目前开发阶段：成熟技术

成果简介：

该成果采用具有自主知识产权的探测器光谱测量技术，通过水质紫外吸收光谱的动态监测，实现水质变化预警，对水质光谱在时间、空间两个维度上的变化迁移情况做系统分析，可实现污染溯源、污染预报、防洪与生态治理决策等深层次应用。核心探头设备集光源与探测器于一体，具有即插即用、维护简单、成本低等特点，适用于河流、湖泊、地表水、化工园区以及城市管污监测。探头设备覆盖面积广、运行稳定可靠、使用操作简单、无药剂等二次污染、维护管理及运行成本低。

创新点：

(1) 产品通过光源与探测器一体化技术创新，重新定义了光谱测量技术方案，率先实现了基于 UV-LED 与探测器的光谱测量技术的突破。

(2) 产品通过软、硬件协同创新，解决了分布式水质原位在线监测领域与水质光谱大数据测量领域的两大行业痛点，使得分布式、实时、原位、全面监测水质变化情况成为可能。

(3) 产品属于基础创新，可以衍生出 COD、BOD、TOC、浊度、泥沙等一大批新的水质在线测量设备以及定制开发化工、养殖、水利、环保等不同行业领域的水质在线监测预警系统平台，可以带动全产业链技术进步及促进水相关行业的发展。

主要技术指标：

- (1) 实现水质光谱快速预警，预警响应时间小于 3 分钟；
- (2) 包含数据远距离传输模块在内的测量设备总体功耗小于 5 瓦；
- (3) 建立不同水域地点、不同时间动态的紫外光谱指纹数据库；
- (4) 依据目前水质监测主要通用参数（例如 COD 等），建立“光谱—参数”关联模型并得到关联参数，实测 COD 精度误差小于 5%，测量下限小于 1mg/L。

应用领域及市场前景：本成果技术解决了目前水质监测领域两大行业痛点问题：一个是水质监测设备的成本与现场适用性等问题，目前的实验室设备成本难以实现大面积普及应用；另一个是大数据领域需要大量的首测数据来驱动与支撑，河海大学“水质光谱在线监测与预警技术”通过实时、在线监测，可以提供源源不断的水质光谱数据信息。本成果技术既可用于河流、湖泊、地表水、化工园区以及城市管污等政府监管领域，也适用于企业的污水排放自查等企业应用领域，还可以应用在水产养殖等民用领域，技术涵盖 5G、大数据、人工智能、工业互联等新基建领域，具有万亿级以上的市场前景。

项目完成人：张开骁

桥梁局部冲刷实时监测及预警分析系统

所属领域：水利信息化

目前开发阶段：成熟产品

成果简介：

桥梁局部冲刷实时监测及预警分析系统采用软、硬件结合的方式，通过自主研发的传感器实时测量流速、地形、水深等水力参量，结合物联网及云计算等技术，配合桥梁冲刷算法等，实现了桥梁局部冲刷过程的实时展示、桥梁冲刷预警及桥梁冲刷规律预测等功能，为桥梁的安全运行与维护提供技术支持。

创新点：1) 实现了针对跨海跨江大桥水毁相关的流速、泥沙、地形等参量一体化监测系统；2) 突破了超声波多普勒频移弱信号识别、处理及重构等关键技术，实现了三维超声波多普勒流速仪的国产化；3) 开发了系列的超声波仪器，实现了复杂环境下水沙运动多参数测量。

主要技术指标：1) 发明了水位、流速、含沙量、地形测量新技术：水位测量误差降至毫米级，实现了全流场同步测量，PIV 采样频率提升 8 倍以上，含沙量测量范围增至 $0-70\text{kg/m}^3$ ，地形测量误差降 1mm 以内，大幅提升了水沙测量精度；2) 自主研发了高精度传感器：自主开发了超声波“单频+调频”分时激励技术，满足不同水深及水情条件下的测量需求；研发了新型消振电路，抑制超声波拖尾现象，消除杂波影响；传感器适用于 5~100m 冲刷监测，精度可达到 1cm；3) 先进数据分析算法：开发了小波滤波方法，减小测量数据波动范围，实现不同含沙量、流态条件下地形测量，提升数据准确性，克服噪声干扰。

应用领域及市场前景

各类涉水桥梁、港口码头、海上风机桩等存在冲刷破坏的涉水工程领域。

江苏省内桥梁健康监测系统建设，计划到 2025 年底普通国省道桥梁 868 座中的 242 座将建成标准化健康监测系统，626 座将建成轻量化健康监测系统。而截至目前 2022 年，江苏省已完成 76 座普通国省道桥梁的健康监测系统建设（含升级改造桥梁），792 座桥梁监测系统仍未部署完成，桥梁水下监测是桥梁健康监测系统的不可或缺的重要组成部分，桥梁局部冲刷实时监测及预警分析系统的市场需求有着巨大潜力。



主要功能：

系统可包含 1 个或多个微型水质传感器，可以对水质 COD/TOC/BOD/色度/浊度/UV254/泥沙，以及用户自定义参数(例如有机特征污染物)等具体指标参数进行实时在线测量和预警，同时可实时输出连续光谱。

项目完成人：陈红

大中型泵站高压电机绝缘特性在线监测装置

所属领域：水利信息化、高端装备制造

目前开发阶段：成熟产品

成果简介：：

高压电机绝缘在线监测装置包括电机绝缘在线监测装置和显示仪表，监测装置负责绝缘电阻的测量和数据处理，显示仪表负责结果的显示、存储及数据的远程通信，测量过程可以手动控制，也可自动完成，电机绝缘在线监测装置测量时高压引线连接到电机任一相绕组上。

产品创新点：

1) 设计一种自激式小型化高精度高压发生模块，自动产生 2500VDC 激励电压，为实现绝缘电阻在线监测装置小型化提供重要保障；

2) 利用高精度采样电路，结合伞裙结构的高压限流电阻，提高了在线监测装置绝缘电阻测量的准确性及装置的安全性；

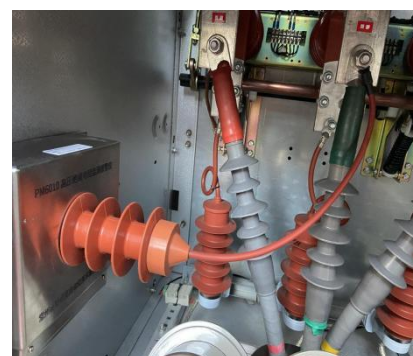
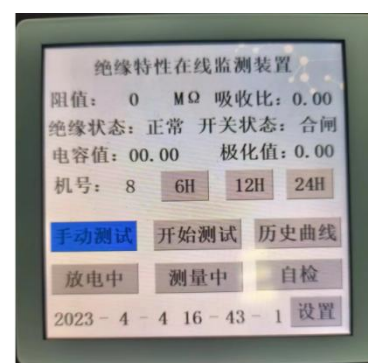
3) 监测装置设计成了带有圆弧结构的金属均压屏蔽外壳，保障监测装置处于高压环境下，不被高压电场击穿，进一步提高了监测装置整机的可靠性。

主要技术指标：

- 1) 高压设备绝缘电阻测量范围：1-10000M Ω ，精度 $\pm 5\%$ （全量程）
- 2) 吸收比：0-5；
- 3) 极化指数：0-5；
- 4) 高压设备分布电容测量范围：0-100uF，精度 $\pm 10\%$ （全量程）
- 5) 监测装置耐压：42kV；
- 6) 监测装置工作电压：220VAC；
- 7) 测试高压设备电压等级：10kV；
- 8) 显示方式：触摸屏液晶显示；
- 9) 通信接口：RS485。

本项目成果主要面向水利行业，并科对冶金、电力、石化、煤炭、矿山、建材、造纸、市政、造船和港口领域等领域相关应用进行推广，

对高压电机绝缘特性进行实时在线监测，对保障高压电机安全运行，减少人力、物力和提高电机运行系统的自动化程度具有重要的意义，推广应用前景广阔，推广价值极高。



项目完成人：张金波

三峡电站尾水盘形阀清理机器人研制

所属领域：水利水电

研究目的：针对三峡电站尾水盘形阀处异物卡阻导致漏水问题，开展尾水盘形阀清理机器人研究。通过突破机器人自主导航、异物识别与清理、涉水作业等技术难题，开发一套磁吸爬壁式清理机器人，替代人工清理，提高机组运行安全性和效率。

目前开发阶段：样机

成果简介：

机器人采用“柔性磁吸底盘 + 防倾撑壁结构 + 智能清理机构”模块化设计，两大核心系统协同实现复杂管道环境下的稳定吸附、灵活移动与高效清理，关键技术指标达领先水平。

底盘“自适应管道贴合+高效磁吸固定”为核心设计理念，由车身结构、柔性铰接机构、八字形驱动模块和双级磁性吸附模块组成，适配Φ800mm 碳钢尾水管道工况。车身采用轻量化铝合金结构，分前后两个平台，通过回转模块和对称弹簧复位模块实现柔性铰接；磁轮吸附式四驱结构呈八字形分布于车身两侧，适配管道弧度；腹部磁吸模块通过弹簧复位结构与车身柔性连接，自适应管道内壁起伏；双级磁吸分别采用环形与直线型 Halbach 阵列，垂直磁吸力达 5 倍整机重量，轻松实现垂直管道段的稳定作业。

清理机构以“分级清理+360° 无死角覆盖+防异物回流”为核心设计理念，主要由三组伸缩机构与末端射流机构组成，实现不同类型等级异物的高效清除。支撑板采用轻量化铝合金结构，通过螺纹柱与底盘稳定连接；伸缩模块由电缸及导向装置组成，连接于支撑板上；末端射流机构主要由一个 15° 转动喷头及两个 65° 固定喷头组成并与伸缩机构连接，能够实现 360° 无死角清理。

撑壁机构主要由电缸、尼龙轮及导向装置组成，能够有效防止机器人倾覆。

机器人控制系统包含：多传感器融合，自适应避障，多点激光定位等，以此实现机器人的人工手动操作和半自主作业。机器人基于差速转向原理进行自适应避障，最大偏转角达 20°；经多点激光定位到达指定工作位置，伸缩机构伸出，末端射流机构对准异物，两个 65° 喷头实现轻质异物清除，一个 65° 喷头扫射实现重质异物精准打击，盘形阀关闭时，末端射流机构仰起防止异物回流，基于视觉识别系统判断是否清理干净。

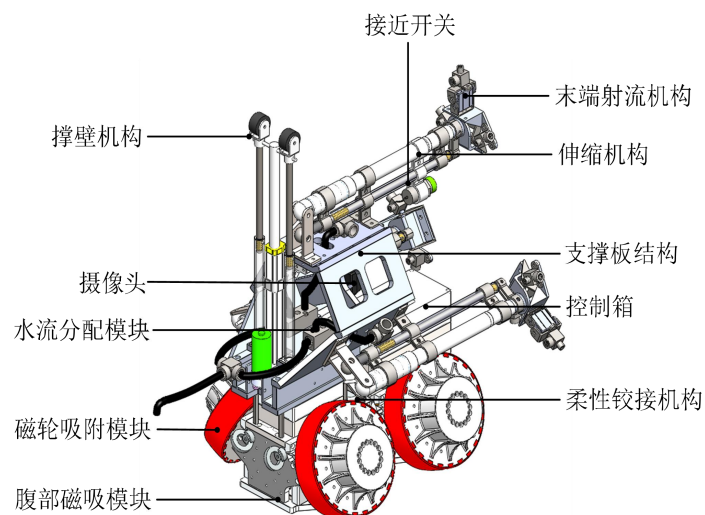


图1 机器人整体结构示意图

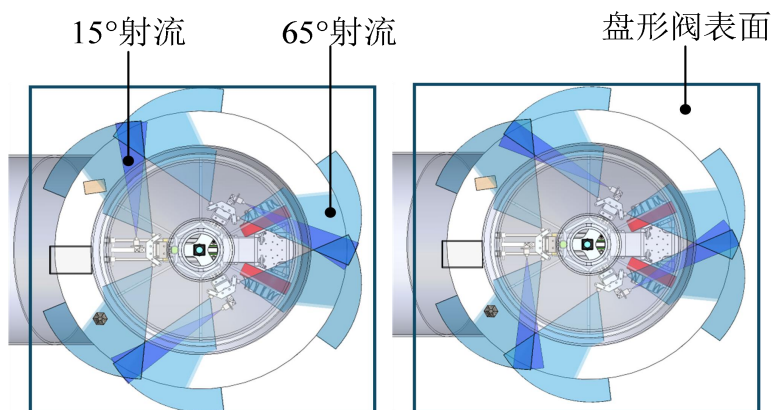


图2 水射流异物清理过程示意图

本机器人样机通过“柔性底盘稳移动+智能机构精清理”的协同创新，大幅提升清理效率，有效消除安全隐患，大幅降低电站运维成本，彻底改变了三峡电站尾水盘形阀人工清理的传统模式。

后续可基于样机开展现场工况适配优化，进一步拓展至国内其他大型水电站尾水阀、压力管道等特种作业场景，为水利水电行业“无人化运维”提供核心装备支撑，助力电站安全高效运行与绿色低碳发展。

项目完成人：刘增辉

泥泵性能及管道输送特性监测技术

所属领域：水利机械

研究目的：提高泥泵及管道输送两相的耐磨、减阻、高效等特性

目前开发阶段：成熟技术

成果简介：

在江河湖库清淤、矿石煤灰运输、基坑滤器维护等多个领域，泥泵及管道输送技术得到广泛应用，泥泵性能及管道输送特性是影响整体工程的核心参数，对其精确测量和实时监测至关重要。

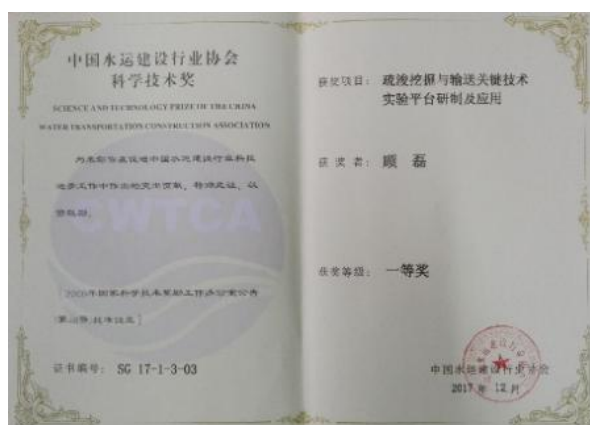
本成果依托河海大学疏浚技术教育部工程中心，获得教育部“211 工程”、“优势学科平台建设”等多个学科建设项目支撑，并在与中交集团天津航道局、中船集团第七〇八研究所等行业龙头企业的深度合作中得以不断打磨，逐步形成了系统的泥泵性能和管道输送特性监测技术。

具备各种类型泥泵及管道试验系统，也可根据图纸定制泥泵和特种管道，管道范围：DN25-DN300，功率范围： $\sim 315\text{kW}$ ，各泥泵均采用变频器无极调速，配有加沙回收系统、PIV 测速仪及各类高精度扭矩、转速、压强、流量、浓度传感器，能够开展机理性和工程性试验研究，也可根据需求提供泵测试平台设计研制服务。





应用该技术，与中交天津航道局合作建成了国内首个大型泥泵工程化验证测试平台，与中船集团第七〇八研究所合作建成了国内首个工程化锚试验水流环境水池平台，承担经费超 5000 万元。平台研究成果应用于“通途号”、“天欧号”、“天达号”等疏浚船舶和相关军工研究工作，产生经济效益超亿元，先后获江苏省、天津市、中国水运建设行业协会等省部级科技进步奖 5 项。



项目完成人：倪福生 顾磊 蒋爽 李洪彬

固液两相流动模拟技术

所属领域：水利机械

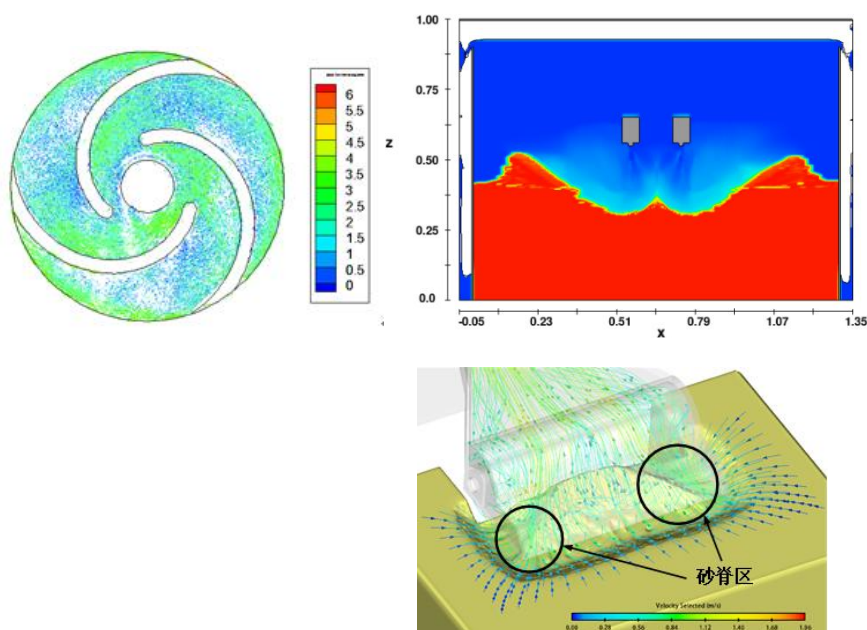
研究目的：探究两相流体机械机理，优化两相流体机械结构

目前开发阶段：成熟技术

成果简介：

固液两相流动是流体机械工作中常见的基本过程，其流体特性直接决定了两相流体机械的性能。然而许多流体机械往往基于单相液体流动特性进行设计，固体特性仅作为参考或修正，这种方式显然无法满足当今日益精细化和个性化的设计需求。

本成果获得重点研发计划项目、国家自然科学基金青年基金项目、中央高校基本科研业务费项目等多个项目资助，逐步形成了系列化模拟不同颗粒特性下固液两相流动过程的模拟方法。可以针对不同粒径、浓度、特性的固体颗粒（如松散泥沙、黏性土体等），选择适用仿真模拟技术路线，基于完整的固体颗粒基本特性和力学特性测量试验装置，构建精确的颗粒数学模型，从而准确模拟固液两相流动过程，分析颗粒运动、积悬时空变化、能量损耗等两相流场特征，进而探明两相流体机械的工作原理和磨损、功效等关键特性规律，最终实现相关两相流动工艺和装备的设计与优化。



相关成果已发表在《Journal of Coastal Research》《泥沙研究》等国内外专业顶级期刊上，并成功应用于疏浚泥泵、耙头研发和小浪底水库清淤等项目。因为在全国水库淤损防治工程技术方案设计中的贡献，获中国大坝工程学会科学技术一等奖 1 项。

项目完成人：顾磊

水工金属结构的静动力学数值仿真技术

所属领域：机械设计、智能制造

研究目的：水工金属结构是水工工程的重要组成部分，其安全可靠关系到整个水利工程的正常运行，但是这些设备体型大，设计、制造和安装过程繁冗，基于数值模拟算法可以快速实现机械结构的安全性判断，进而达到降本增效的目的，同时为实现水工金属结构的数字孪生技术奠定基础。

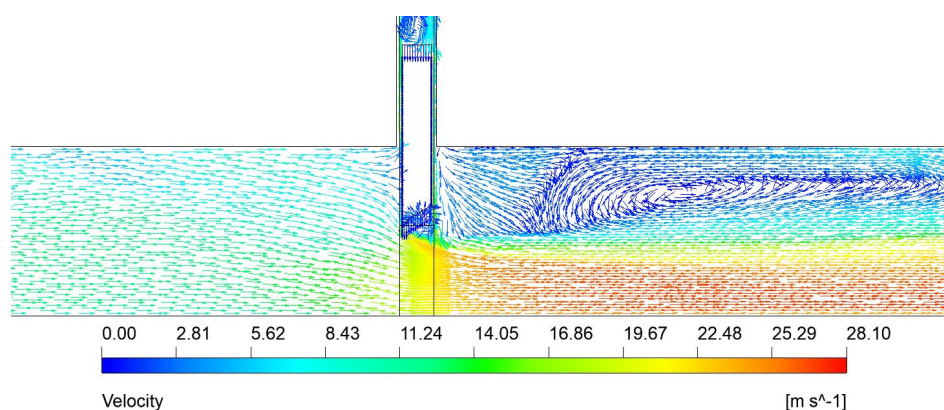
目前开发阶段：成熟技术

成果简介：

(1) 基于计算流体力学（CFD）的各类闸门动水启闭门的数值模拟，可以观察不同开度下闸后流态，并分析闸门的结构安全性，也为闸门的数字孪生技术奠定基础。

(2) 基于 ANSYS Workbench 的 ACT 平台，构建了闸门静动力学仿真插件式平台，数值模拟结果准确，操作方便，动力学计算过程效率提高 5-6 倍。

(3) 构建了液压启闭机各主要构件的有限元分析方法，发展了其稳定性分析的理论和数值方法，提高了其工程可靠性。



项目完成人：蔡伟

第二部分 智能制造

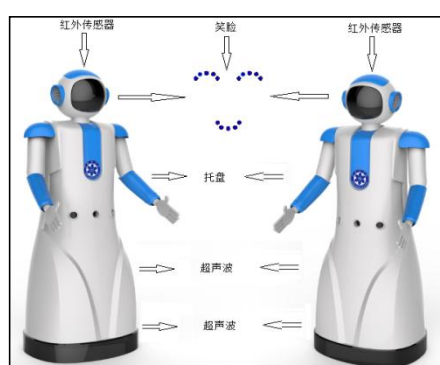
低成本智能服务机器人的研发与产业化

所属领域：装备制造、电子信息

目前开发阶段：样机

成果简介：

服务机器人正在呈现爆发式增长的趋势，未来将会迅速进入家庭、医院、酒店、餐馆等公共服务场所，为人类提供各种贴心的服务。本项目针对服务机器人的系统与关键零部件展开深入的研发，采用创新机构设计、先进控制，突破了原地旋转、视觉（磁条、RFID、激光）导航、语音匹配、地图构建、超声避障等关键技术，研制出实际样机，批量生产在 100 台以上，成本可以控制在 7000 元至 1 万元以下。



低成本家庭服务机器人

研制的样机并且参加了第十二届中国国际高新技术成果交易会，成功演示了自主移动式取水、取药、娱乐聊天、摔倒监测、运动健身等功能，并成为各界媒体和观众关注的焦点。该样机可为老人提供多功能服务，并对老人的健康和身体状态进行监测，并与之进行情感交流、心理疏导、娱乐聊天，具备简单的自我学习等功能。低成本服务机器人的成功研制必将为未来机器人进入家庭、酒店、医院、餐馆等公共场所奠定技术基础，推动服务机器人进入千家万户，实现服务机器人真正产业化。

项目完成人：骆敏舟

基于视觉与激光融合的未来智慧眼开发与产业化

所属领域：装备制造、电子信息

目前开发阶段：样机

成果简介：

视觉是人类认知客观世界最主要的途径，人类信息的 70%是通过视觉来获得的。随着机器人、无人车、无人机等技术的飞速发展，任何一个移动的装备或是载体，都需要能够识别和定位的“智慧眼”。但是目前视觉在定位上是不准确的，与实际相差较大，需要激光进行精准测距补充精确的距离信息。

目前市场上具有单一的产品，如视觉系统，激光导航等。国外几家研制了视觉和激光的组合产品，却不是融合，国内基本没有现成的产品。无论国外还是国内，市场前景巨大。



基于激光与视觉融合的智慧眼

本项目针对目前机器人视觉系统与激光扫描系统各自分离的状况，采用视觉与激光的深度融合技术，通过视觉获取图像信息，三维激光扫描获取外界环境的点云信息，对点云进行建模，再将两个坐标系和中心点完全融合，突破图像与点云的信息进行深度融合关键算法，构建出符合实际并且准确的环境模型，提供给无人车、机器人等移动载体，从而进行避障或是路径规划导航。项目的开发成功将大大缩短机器人与无人车的产业化进程，为智能装备提供标准和通用的零部件。

项目完成人：骆敏舟

大型机电装备预测性运维方法及系统

所属领域：智慧运维

研究目的：实现大型机电装备故障精准诊断、运行状态评估、寿命预测及预测性运维，保障大型机电装备运行可靠性。

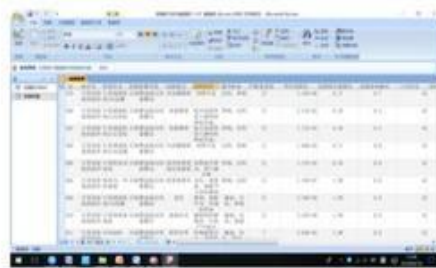
目前开发阶段：样机/算法

成果简介：

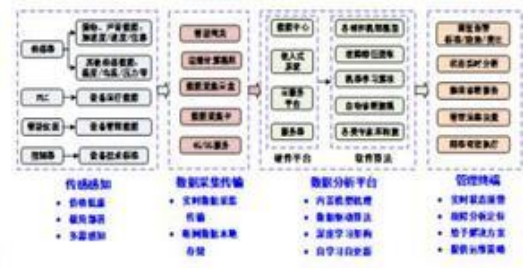
针对大型机电装备（重型减速器、带式输送机、旋转机械、水工金属闸门系统），研制多通道数据实时采集系统，基于数字信号处理、深度学习、生成式人工智能等技术，研究机械系统力学模型、动力学模型、强干扰、变转速、变工况下的故障特征提取、复合故障特征解耦、多传感器融合、故障诊断、状态评估及寿命预测方法，建立了各类大型机电装备状态特征库、专家知识库、维修经验库、智能决策库，形成了大型机电装备预测性运维系统及平台，保障了大型机电装备安全可靠运行。



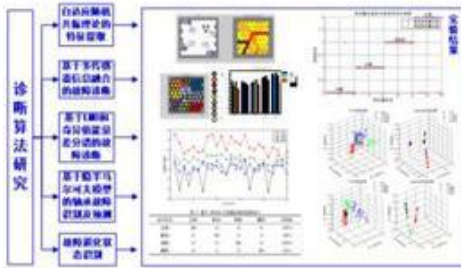
研制数采硬件



构建故障特征数据库



系统架构



故障诊断算法



故障诊断软件



项目完成人：丁坤 陈曦晖

面向设备群巡检的智能装备研发

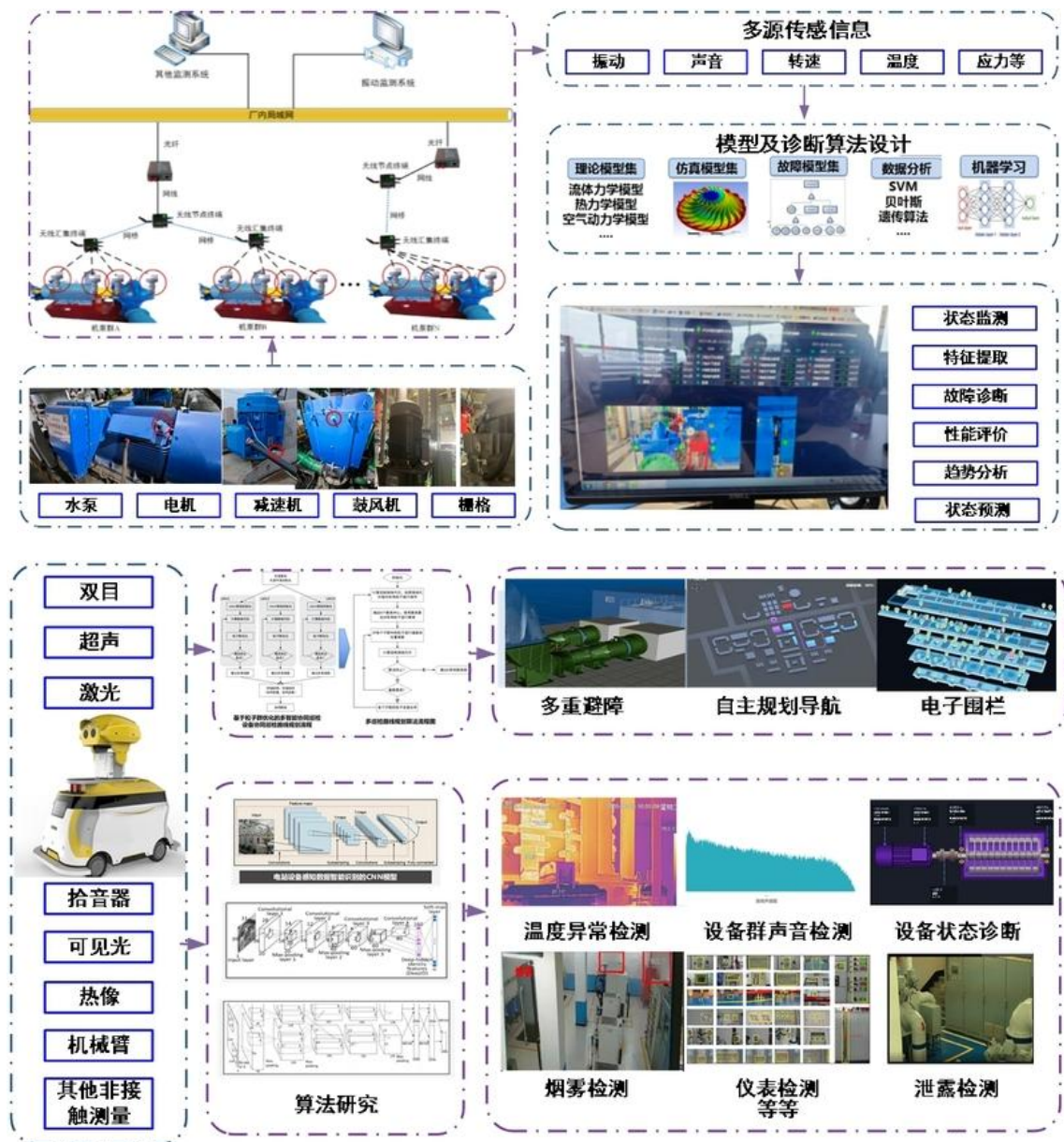
所属领域：智能装备/机器人

研究目的：面向火电厂、燃气电厂等典型设备群巡检任务，研究设备群巡检装备本体及设备群状态监测算法，实现复杂应用场景下设备群的巡检运维。

目前开发阶段：样机/算法

成果简介：

面向火电厂、燃气电厂等典型设备群巡检任务，研发轮式、履带式等多构型的巡检装备本体，研究基于视觉、三维激光的精准定位及自主规划导航算法，进行巡检装备控制器开发，形成面向复杂动态环境自主感知和动态规划的巡检装备本体。研究多源传感信息的处理方法（视觉检测、红外检测、声学听诊、声源定位、超高速相机），实现复杂场景下设备群的精准巡检，具备复杂设备群场景下的温度异常、声音异常、设备典型故障诊断、烟雾检测、仪器仪表检测、泄露检测等功能。



项目完成人：丁坤 陈曦晖

水下多源感知检测及修复装备研发

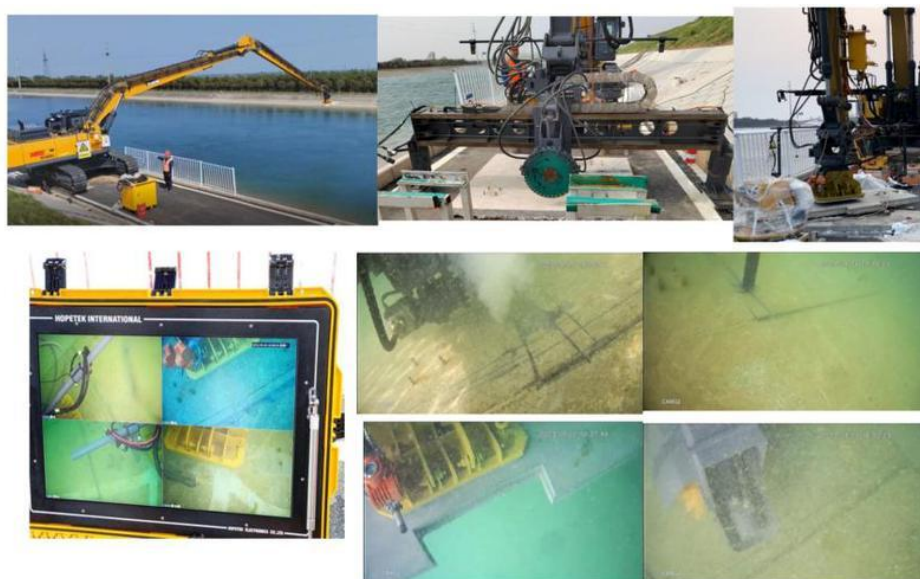
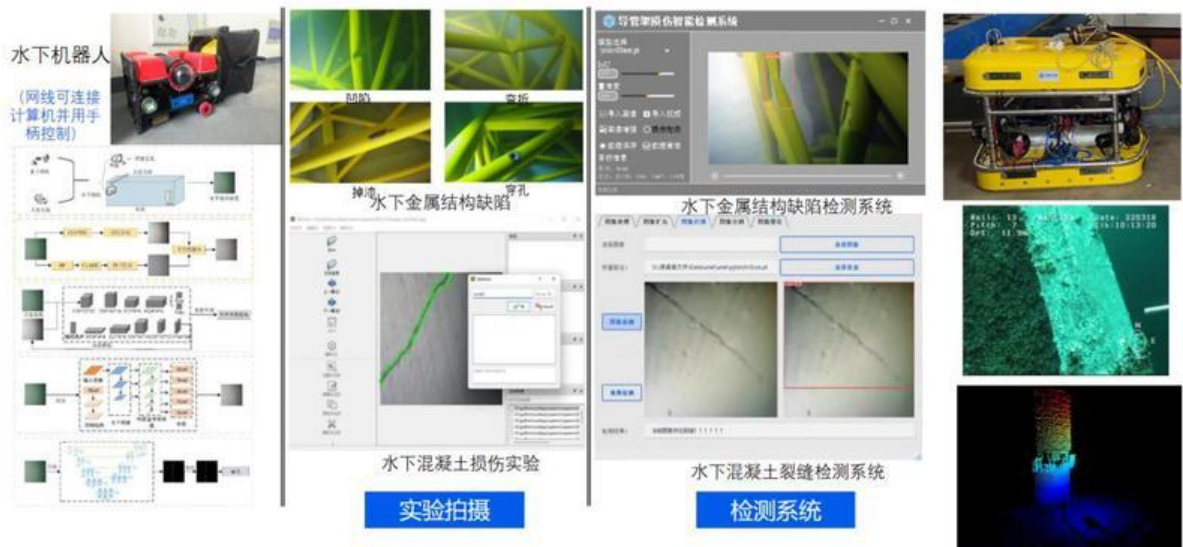
所属领域：智慧检测/智慧修复

研究目的：研究水下机器人及水下检测核心算法，实现多类型病害检测；研制水下修复智能装备，实现水下病害精准修复。

目前开发阶段：样机/算法

成果简介：

针对水下多类型病害的精准检测，研制水下机器人检测本体，基于水下视觉、水下激光及水下多波束等多模态传感器，研究恶劣环境下的水下去雾、水下增强、水下视觉、水下表面识别等检测核心算法，实现水下多类型病害（金属结构破损、弯曲、锈蚀、孔洞；混凝土结构凸起、表面裂纹、表面破损等）的精准检测。同时，针对水下病害修复的迫切需求，开展水下修复装备研发，通过水下修复装备结构设计、动态仿真分析、控制系统设计、现场试验测试流程，实现了水下切割、水下吸附、水下清扫、水下破碎等典型修复功能。



项目完成人：丁坤 陈曦晖

光伏清洁运维机器人及其多机协同运维技术

所属领域：智慧运维装备

研究目的：解决工商业分布式光伏电站的积灰清洁难题，实现对工商业分布式光伏电站的多机协同全覆盖清洁。

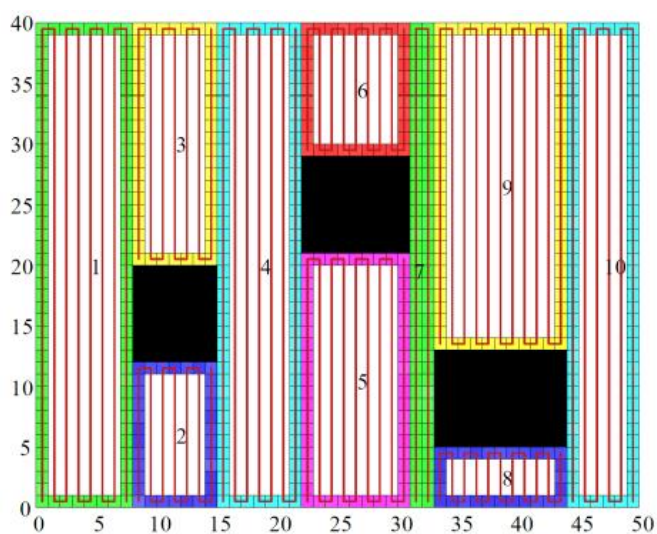
目前开发阶段：样机/算法

成果简介：

针对光伏清扫机器人在定位精度、工作模式以及运行效率等方面存在的不足，本技术形成了模块化设计的光伏清扫机器人机械结构和控制电路系统，设计了实时载波相位差分(RTK)数据和惯性导航(INS)数据组合算法，研制了光伏清洁运维机器人样机；同时，建立了光伏清扫机器人多任务分配算法，实现了多台光伏清扫机器人协同执行清扫任务的多任务分配，提出了基于A*算法的牛耕式分区全覆盖路径规划算法，实现了全覆盖路径规划清扫作业。



光伏清洁运维机器人样机



全覆盖路径规划

项目完成人：丁坤 张经纬

可重构 SCARA 机器人优化设计及控制系统研究

所属领域：工业机器人

研究目的：实现同一台 SCARA 机器人具有多种工作半径以及实现控制系统与机械结构的一体化设计

目前开发阶段：样机

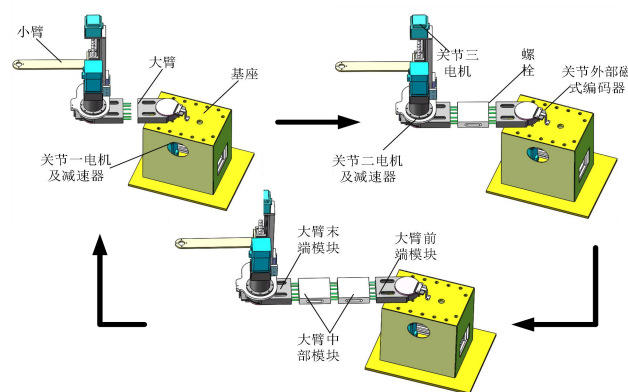
成果简介：

SCARA 机器人大臂的力学性能进行精确有效的多目标优化，最终实现大臂重量减少近 15%，最大变形量降低 67%。通过机器人最大变形量实验，机器人强度与刚度达到工业标准。

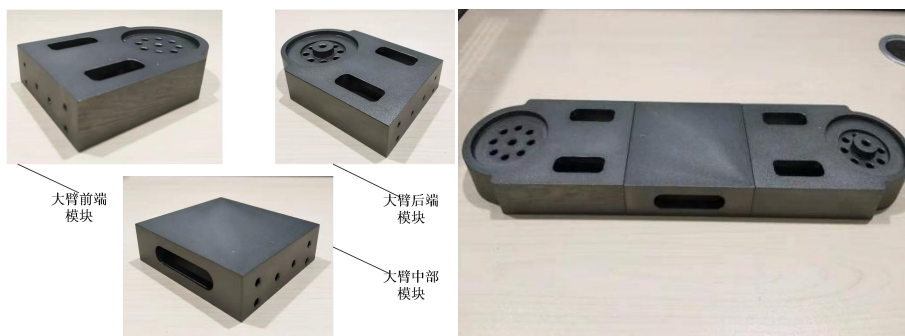
本项目搭建的实验样机如图 1 所示，从图中可以看出可重构 SCARA 机器人大臂是将传统一体化的大臂进行模块化改进，分为大臂 SCARA 机器人（Selective Compliance Assembly Robot Arm，即选择顺应性装配机械手臂）作为现代化生产线的重要组成部分，凭借着高速、精确、稳定等特性，广泛运用于组装、分拣、包装等工业领域。本项目主要围绕传统 SCARA 机器人结构尺寸固定，不能满足企业多工作空间的使用需求，以及分离式控制系统体积大、成本高、功耗大等主要问题，进行了相关关键技术研究。

主要成果有以下几点：

（1）本项目对传统 SCARA 机器人大臂结构进行可重构设计，将模块化思想融入 SCARA 机器人的设计中，使得 SCARA 机器人能够依据不同的生产需求，改变自身结构尺寸，实现 465/565/665mm 三种不同的工作半径，并且末端有效负载为 2kg。并且重点对可重构 SCARA 机器人的重量、强度及刚度进行了分析，同时利用仿真实验建立力学模型，并将力学模型与 NSGA-II 算法相结合，对可重构前端模块、大臂中部模块以及大臂末端模块，同时为了能够方便大臂各模块之间自由拆卸与安装，并且增强连接处的强度与刚度，模块与模块之间采用螺栓进行连接。可重构 SCARA 机器人大臂零部件和机器人样机如图所示。



可重构 SCARA 机器人的总体结构图



(a) 机器人大臂各模块

(b) 装配好的机器人大臂

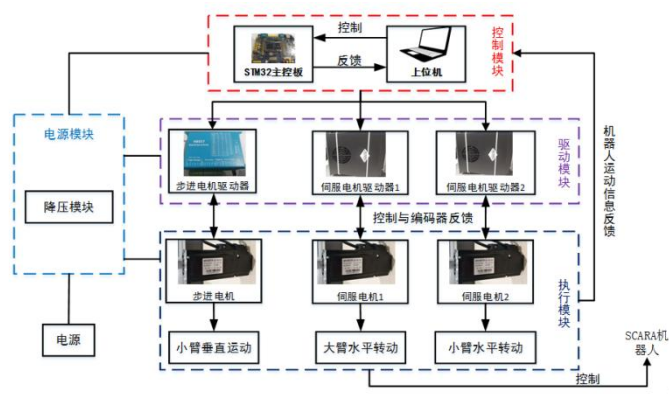


(c) 装配中的机器人样机

(d) 装配完成的机器人样机

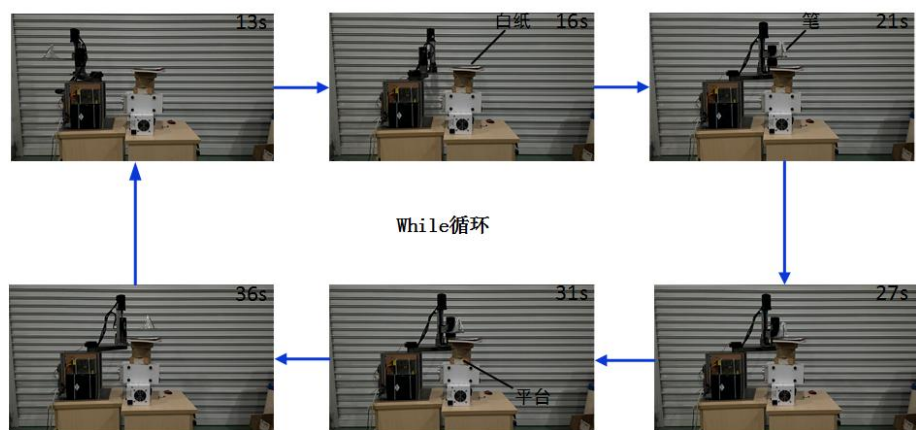
可重构 SCARA 机器人样机实物图

(2) 本项目使用 STM32 嵌入式控制系统代替传统的控制柜，将控制系统嵌入到可重构 SCARA 机器人的基座中，实现机器人结构与控制一体化设计，有效降低了机器人控制系统的成本与功耗，并且使得 SCARA 机器人安装使用更加便捷。电气结构图如图所示。



可重构 SCARA 机器人控制系统硬件关系图

(3) 本项目对关节电机的脉冲输出方式和关节位置 PID 控制算法进行有效的设计与优化，使机器人位置控制精度接近工业使用标准。可重构 SCARA 机器人在不同的工作半径使用中，末端重复位置精度达到 0.11mm。



机器人抓取运动实际循环图

项目完成人：王延杰

水果采摘协作机器人及其控制系统技术

所属领域：农业机械

研究目的：提升果园的采摘效率、实现果树上苹果的自动采摘以及解放人力降低用人成本。

目前开发阶段：目前已经成功在果园测试成功

成果简介：

苹果自动化采摘设备集成了先进的技术成果与系统化设计。在技术性能方面，该设备单次采摘识别与动作耗时低于 10 秒，用于八分熟苹果的识别与采收，最大负载为 3kg，重复定位精度达到 $\pm 0.1\text{mm}$ ，最大工作距离为 1.7m。其防护等级为 IP66，适应 $0\sim 45^{\circ}\text{C}$ 的工作温度及 $-20\sim 70^{\circ}\text{C}$ 的存储温度，并配备 48V100AH 锂电池组供电，整机功耗小于 1kW，支持 WIFI、RS485、RS232 和 UART 等多种通信方式。

在结构设计上，设备以履带为行走机构，电池组安装在底盘支架下方，通过支架与上部车厢连接。采摘机械主体为三坐标结构，搭载于车厢之上，结合双目视觉伺服算法，实现了高效的自动化苹果采摘。

视觉识别系统基于 PyTorch 框架下的 YOLOv5s 模型进行开发。室内识别苹果效果如图 1 所示，在 GPU 加速的 CUDA 环境下，通过图像尺寸调整和归一化等预处理手段，对模型进行训练。训练过程中根据数据集特性调整学习率与批大小等超参数，分阶段监控损失函数变化，最终模型在准确度上达到 95% 以上，并能有效识别类内与类间遮挡条件下的目标苹果，表现出良好的环境适应性。



图 1 室内识别苹果效果图

此外，设备已在果园实地环境中进行了初步测试（图 2），为进一步优化与应用提供了实践依据。



图 2 果园实际测试采摘图

项目完成人：王延杰 赵春

110/220kV 电缆铝波纹管剥切装置

所属领域：机电一体化与工业自动化

研究目的：研制一种专用剥切设备，以替代传统手工操作，解决现有方式中存在的切口精度低、易损伤绝缘层、操作安全风险高和作业效率不足等问题。

目前开发阶段：原型机测试成功

成果简介：

目前，在 110/220kV 电缆接头制作中（图 3），铝护套剥切仍普遍依赖人工使用手持锯完成。该方式存在剥切精度低、易损伤内部绝缘层、操作安全隐患大以及效率低下等问题，难以满足大规模电缆施工需求。为此，本研究研制了一种电缆铝波纹管专用剥切设备，通过机械自动化替代人工作业，旨在提升剥切质量、保障操作安全并提高施工效率。



图 1 220kV 电缆管

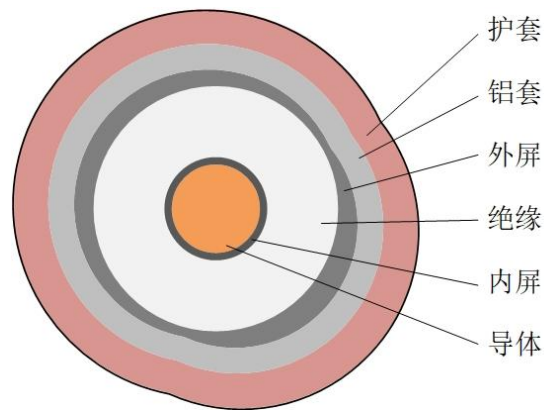


图 2 220kV 电缆管截面分层示意

本装置的主体结构如图 4 所示。系统共配置四台电机：其中旋转电机、测量电机和进给电机均采用伺服电机，可精确控制并实时记录旋转工作台的转角、测量点位的深度以及切割锯片的进给深度；锯片电机则采用高速无刷电机，用于驱动钨钢合金锯片进行高速旋转。装置设有两个光电开关，分别用于限定测量电机与进给电机的零点位置，确保安装与工作过程中定位的准确性与可重复性。当接触传感器在持续向内运动过程中被触发时，测量电机立即制动，并记录当前测量点位的深度，该数值将作为进给电机的进给深度基准，进而完成对波纹状铝套的精确切割与剥除工序。

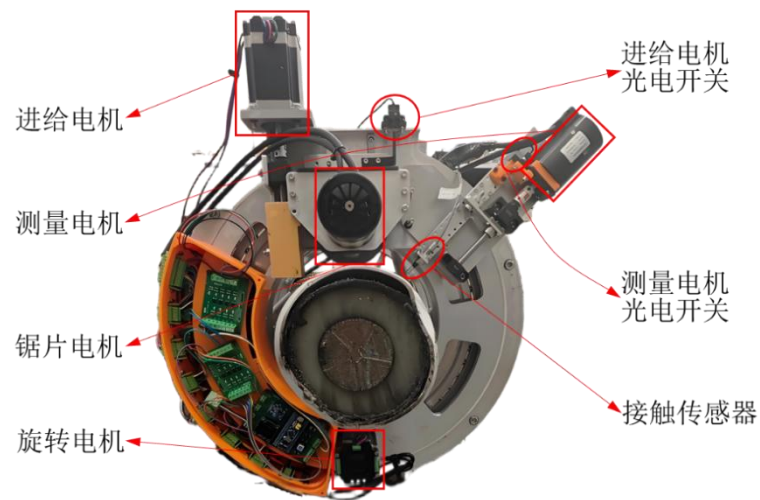


图 4 铝波纹管剥切装置

本装置采用三抱箍机械式夹紧结构，能够适配多种管径，提供稳定可靠的装夹能力。系统基于先测量后切割的工作模式，通过接触式传感器实时采集轮廓数据，特别适用于非圆形截面电缆管的加工需求。集成化的变压与控制模块统一协调多台伺服电机协同作业，确保各执行单元动作精确同步。接触式测量方案重复精度高，适用范围广，有效保证了切割过程的准确性与一致性。

项目完成人：王延杰 赵春

面向无系留软体机器人的便携式可编程泵阀气动系统

所属领域：机械电子

研究目的：攻克传统气动系统体积庞大、笨重、难以集成的问题，为无系留气动软体机器人开发一种小型化、轻量化、具备独立正负压编程能力的高性能动力源。

目前开发阶段：样机测试成功

成果简介：

本成果是一款自主研发的高集成度便携式气动系统，旨在为软体机器人提供脱离外部气源和线束缚的“背包式”动力解决方案。

传统气动软体机器人依赖外接的空压机、真空发生器和大量阀件，导致系统冗杂、移动性差。本研究创新性地提出了一种基于并联扩展架构的核心设计，仅使用 1 个微型隔膜泵和 12 个微型电磁阀，即实现了 5 路独立气道的正负压力精确编程与控制，极大减少了元器件数量与系统体积。系统融合了闭环压力反馈控制算法，能动态调节输出压力，具备优异的抗干扰能力和阶跃响应速度，输出压力范围可达-63 kPa 至+102 kPa。

经测试，该样机重量仅 232.7 克，如图 5 所示，直径 88.5 毫米，额定功率 4 瓦，单次充电可持续工作约 1.7 小时。其支持充气、排气、保压、卸压及慢速脉冲等多种工作模式，可通过无线通信接收指令，灵活适配机器人的各种运动步态。

此外，本研究还通过异形 PCB 电路板设计（图 6）和 3D 打印气路汇流排，实现了泵、阀、传感器、控制单元和电源的高度一体化集成，结构紧凑，可靠性高。

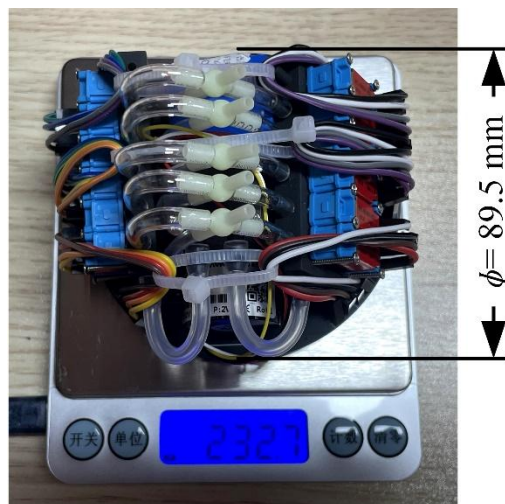


图 1 气动系统样机实物图

该成果成功应用于一款无系留管道爬行软体机器人，验证了其稳定性和实用性，为软体机器人在管道检测、灾难救援、医疗设备等领域的真正无系留应用奠定了坚实的基础，解决了气动软体机

器人走向实际场景的核心驱动难题。

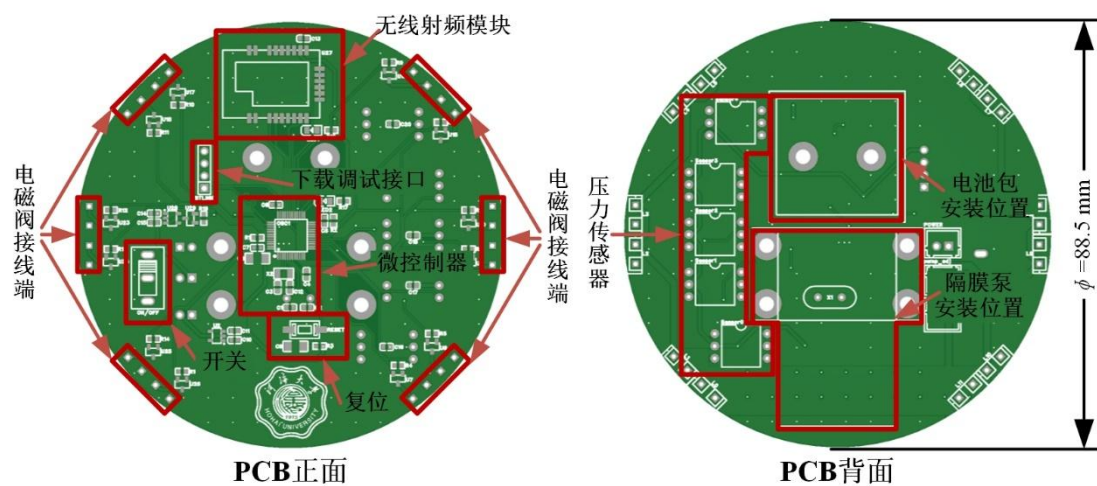


图 2 气动系统 PCB 设计

项目完成人：王延杰 赵春

面向复杂场景应用的柔性抓手

所属领域：机械电子

研究目的：设计一种基于柔性抓手的机器人系统，旨在满足面向复杂应用场景下的抓取需求。通过探索柔性抓手在复杂场景中的应用，力求提高抓取效率、抓取精度并扩展其在各类环境下的适应性。

目前开发阶段：样机测试成功

成果简介：

本研究提出了一种面向复杂场景应用的创新型柔性抓手，其核心在于融合了先进的结构设计 with 智能抓取策略。如图 7 所示，该抓手系统由连接器、上下基体及弹性膜构成模块化结构，通过独特的气动回路实现抓取过程的精确控制。抓取策略采用创新的正负压协同工作机制，在预抓取阶段通过正压充气使颗粒介质从完全填充状态转变为部分填充状态，显著提升抓手的适应性与包覆能力；在抓取阶段则通过负压作用实现颗粒介质的快速固化，产生强大的抓持力。

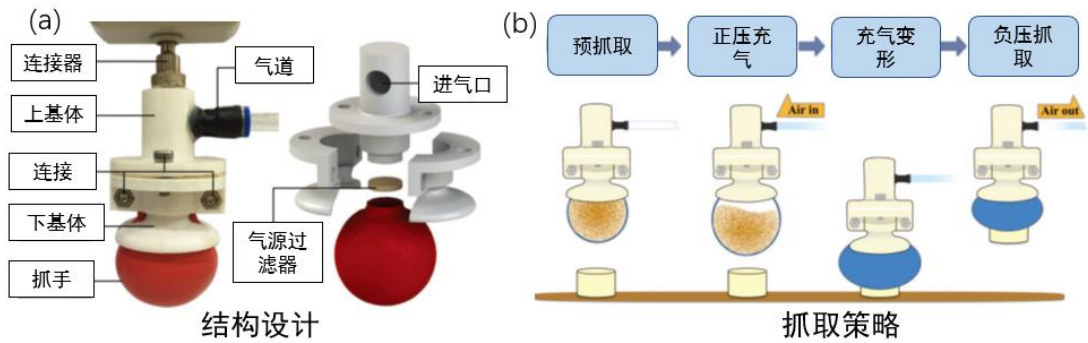


图 1 柔性抓手结构设计及抓取策略

该抓手的结构设计充分考虑了产业应用需求，采用轻量化设计（总重仅 95.5 克）与紧凑型外形（直径 46 毫米），同时实现了卓越的性能表现。实验结果表明，其最大抓握力超过 38N，能够稳定抓取尺寸范围在抓手直径 20%至 110%之间的各种物体，响应时间仅需约 0.1 秒，展现出优异的动态性能。

在形状适应性方面，该抓手表现出卓越的多场景应用能力。如图 8 所示，无论是环形零件(Ring)还是螺丝刀(Screwdriver)等异形物体，都能实现稳定可靠的抓取。这种强大的形状适应能力使其特别适用于汽车制造、电子产品组装、物流分拣等复杂工业场景，能够有效处理不同尺寸、形状和材质的物体，满足现代智能制造对柔性抓取技术的迫切需求。

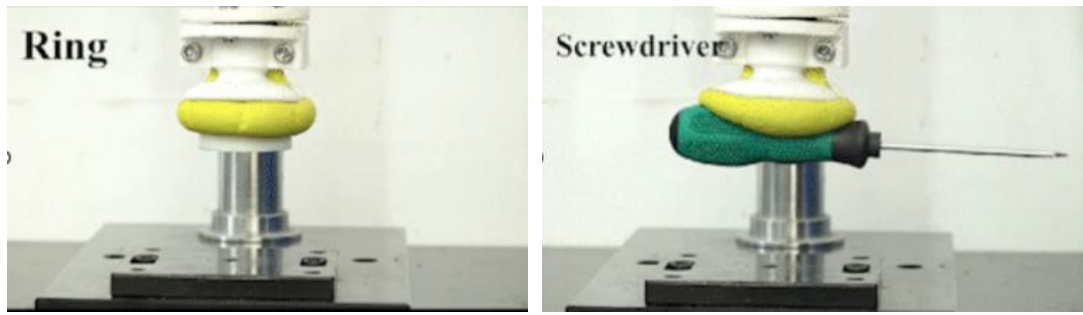


图 2 形状适应性抓取

该抓手的创新之处在于将气动控制与颗粒介质特性完美结合,通过简单的正负压切换实现了抓取状态的智能转换,既保持了软体抓手的适应性优势,又具备了刚性抓手的高负载能力。这种设计理念为解决复杂场景下的抓取难题提供了新的技术路径,具有重要的工程应用价值与推广前景。

项目完成人: 王延杰 赵春

热钢坯端面机器人喷码系统

所属领域：机械电子

研究目的：针对钢铁热轧生产线中高温钢坯端面标识的难题，本研究旨在开发一套机器人自动喷码系统，以取代传统人工喷码方式，解决其存在的效率低、危险性高、标识质量不稳定等问题，提升生产智能化水平与本质安全水平。

目前开发阶段：已成功在中天钢铁产线应用

成果简介：

本项目成功研制出一套基于西门子 PLC 控制的全自动机器人喷码系统,实现了热钢坯端面标识的全面自动化。如图 9 所示,该系统以西门子 S7-1500 系列高性能 PLC 为核心控制单元,通过 PROFINET 工业网络实时协调工业机器人、视觉识别单元和喷码执行机构的工作流程,确保了在高速生产节拍下的精准协同作业。



图 1 基于西门子 PLC 主控系统设计

系统采用耐高温设计的六轴工业机器人，搭载特种冷却防护的喷码头，能够适应现场高温、多尘的恶劣环境。视觉识别系统通过光电传感器和编码器实时检测钢坯位置，由 PLC 进行轨迹运算后控制机器人完成精准对位和喷码作业。人机交互方面，配置了西门子精智系列触摸屏（HMI），提供直观的设备状态监控、参数设置和故障诊断界面，支持报表生成和数据追溯功能，如图 10 所示。

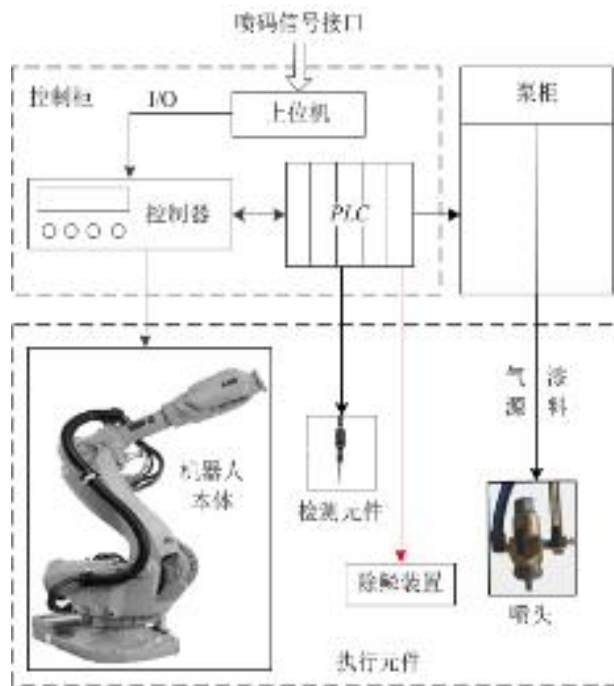


图 2 热钢坯端面机器人喷码系统总体方案

该系统的创新性在于将机器人柔性化作业与 PLC 控制可靠性完美结合,解决了高温环境下的自动化难题。实际应用表明,系统喷码准确率达到 99.5%以上,单根钢坯处理时间不超过 3 秒,完全匹配现代化轧钢生产线的高速节奏。系统还可与工厂 MES 系统无缝集成,实现产品质量全过程追溯。

该系统不仅显著提高了生产效率和产品标识质量,更将操作人员从高温危险环境中彻底解放,大幅降低了劳动强度和安全隐患。目前该系统已在多家钢铁企业成功投用,取得了显著的经济效益和社会效益,为钢铁行业智能制造转型升级提供了优秀示范。

项目完成人: 王延杰 朱灯林 赵春 李向国

光伏阵列在线智能建模技术

所属领域：装备制造、电子信息、能源保护

研究目的：

由于近年来国内外光伏电站装机容量逐年增长，光伏系统能效评估、优化设计、智能运维等技术得到了更多关注，而上述技术均依赖于高精度的光伏阵列数学模型。目前光伏阵列建模技术中，模型参数易受环境条件影响，常规的模型参数提取方法难以确保户外复杂环境条件下模型精度的稳定性与可靠性，亦无法考虑光伏系统长期运行后性能退化引起的模型精度降低问题，且模型参数求解耗时长，在线建模实时性差，不能满足光伏系统在线故障诊断等技术领域的实际应用。

目前开发阶段：算法

已形成算法程序并通过实验数据对比验证了该技术有效性。

已受理国家发明专利两项：

发明专利：一种基于强化学习的光伏阵列在线建模方法

申请号：CN201911344784.9

发明专利：一种简化的光伏组件双二极管模型建模及参数提取方法

申请号：CN202010099056.2

成果简介：

所开发的光伏阵列在线智能建模技术，主要通过强化学习算法对光伏阵列数学模型中的参数在线提取，成果框图如图 1 所示，包括模型参数 a 的强化学习智能体、参数 R_s 的强化学习智能体、参数 R_{sh} 的强化学习智能体、参数 dG 的强化学习智能体、单二极管模型、误差计算模块、估算 I-V 曲线与实测 I-V 曲线特征状态提取模块、回报值计算模块、具有 I-V 曲线扫描功能的功率变换器、辐照度传感器、光伏组件温度传感器。其中单二极管模型依据环境辐照、温度参数和各个强化学习智能体估算所得模型参数，估算出光伏阵列 I-V 特性曲线，再依据实测光伏阵列 I-V 特性曲线，获得模型中各参数相关的估算误差与用于智能体在线训练的回报值，同时由估算的光伏阵列 I-V 特性曲线和实测 I-V 特性曲线获得其特征状态，智能体依据当前特征状态与回报值进行强化学习训练，在线逼近更精确的模型参数，最后代入单二极管模型实现光伏阵列在线智能建模。

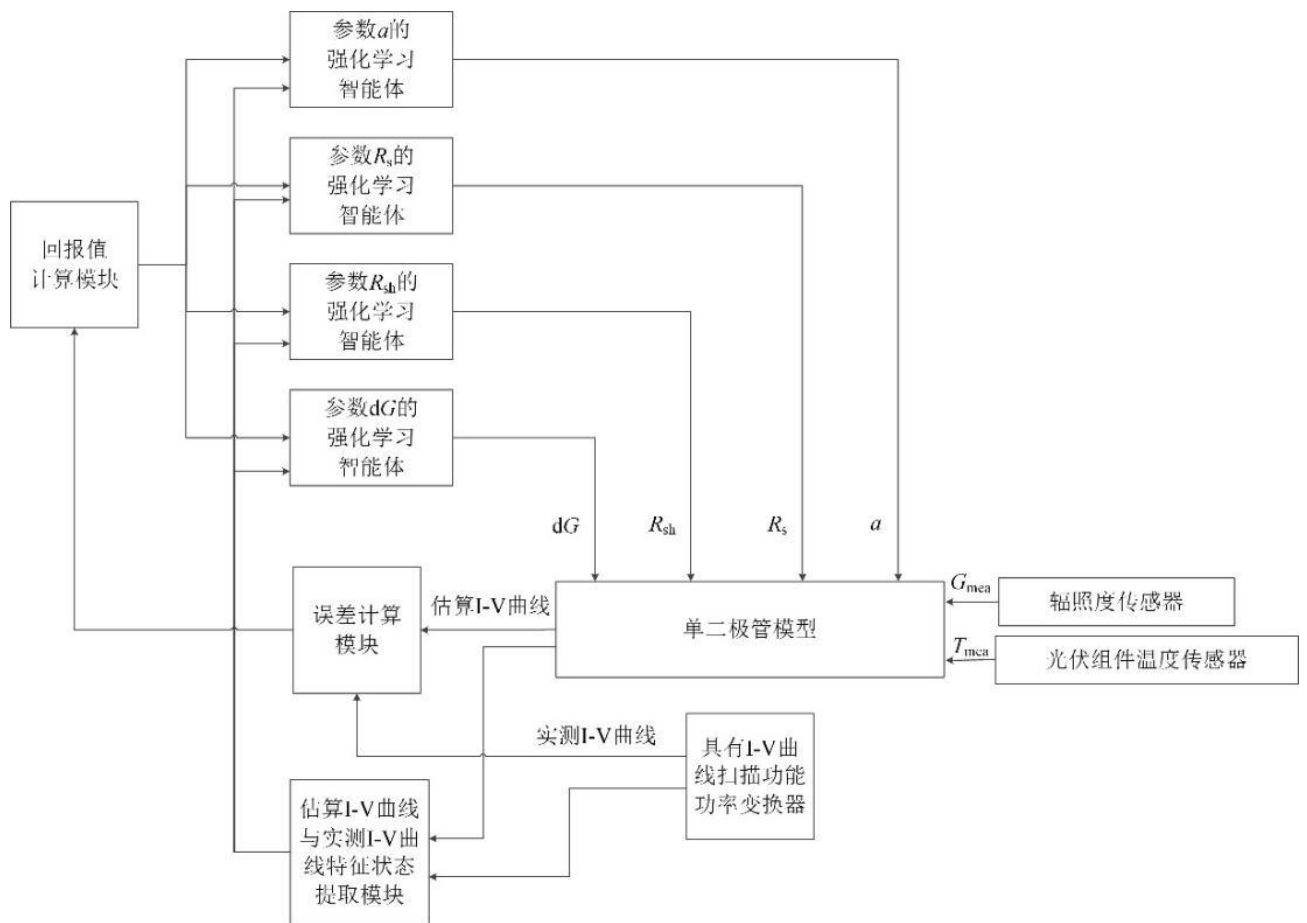


图 1 成果结构框图

项目完成人：张经纬

远程遥控的电液驱动移动工程机器人装备系统

所属领域：高端装备制造

目前开发阶段：样品

成果简介：

本系统包括无线手持遥控器和移动机器人装备。移动机器人装备包括上装 7 自由度机械臂、自动换装机构、末端作业属具、履带式移动底盘及液压支腿。7 自由度液压机械臂采用高强度铝合金雕刻工艺制造，包括底座回转、大臂、二臂、三臂、侧摆、末端旋转等机构，机械臂各个关节安装位移传感器和力传感器，可以实现机械臂的位移闭环或者力闭环控制。

创新点：

基于遗传算法的 7 自由度冗余机械臂逆运动学解算方法；

基于动力学前馈的 PD 自适应控制策略；

快速插拔自动换装机构。

技术指标：

液压机械臂有效负载能力 300kg，最大作业半径 4.2m，关节控制精度 1mm，具备自动换装作业属具功能，机器人移动速度 5km/h，无线遥控距离 1km。

传统的移动机器人 AMR 都是针对小载荷物流领域，搭载的协作机械臂末端负载多以 5kg 和 10kg 为主，在普通的物流分拣、3C 等行业应用广泛。但是对于野外作业、恶劣环境中的重载物品搬运、应急救援等需求，目前还缺少较好的解决方案。本项目基于自主研发的 7 关节高负载液压机械臂，搭载履带式/轮式移动底盘，构成较大负载 AMR，可以应用于重载物流、矿山、应急救援、野外作业等领域。



项目完成人：仲军

难加工材料的切削工艺优化

所属领域：智能装备

目前开发阶段：软件开发/成熟技术

成果简介：

解决奥氏体不锈钢、高强度钢和超高强度钢、钛合金及镍基合金的切削加工难题，优化加工工艺方案，包括刀具的结构与参数优选，切削参数的选择与优化，工艺路线的确定，冷却润滑方案的制定等，提高加工效率与经济效益。主要包括：

（1）刀具的选型及结构优化。根据被加工材料的物理力学特性，选择合理的刀具材料及结构，进行下列工作：①不同涂层材料切削仿真对比；②不同刀具角度的切削仿真对比；③不同刃型的切削仿真对比，主要考察直线刃、圆弧刃、倒棱、修光刃等单一刃型及复合刃型对切削结果的影响规律。分析对比不同情况下的切削力、切削温度、切屑变形和排屑，残余应力及刀具磨损情况，给出结果。达到减少切削力，降低切削温度，减少刀具磨损，提高刀具使用寿命的目标。

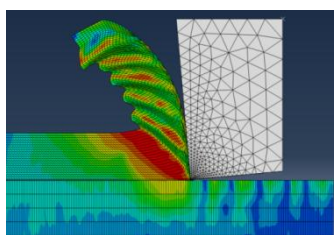


图 1 切削过程仿真

（2）切削参数的选择与优化。在确定刀具材料及参数的情况下，进行切削参数的优化选择。分别对难加工材料的车、铣、钻等工艺参数进行优化。通过切削仿真，考察切削力、切削温度、排屑及残余应力等情况。在优化切削参数的基础上合理编制工艺路线，确定粗加工、半精加工、精加工的切削参数。目标：减少刀具磨损，提高加工效率和经济效益。

（3）毛刺产生的分析、抑制与去除。切削过程中的毛刺产生进行了分析并提出相应的控制措施。确定毛刺形成及变化的临界切削参数，对毛刺形成产生影响的切削用量的选择顺序。通过调整刀具几何参数和结构、优选切削用量等方法来抑制和减少毛刺的产生。通过超声磨料射流的方法去除小孔毛刺，提高加工精度。

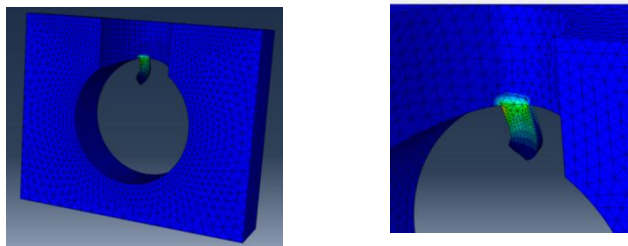


图 2 毛刺去除仿真

项目完成人：王辉

城乡河网漂浮物高效清理设备

所属领域：智能装备

目前开发阶段：成熟产品

成果简介：

清理设备是针对城乡河网河道狭窄，水位较浅，水闸涵洞较多，漂浮物种类复杂，水生植物周期性爆发等特点，所研制的功能多样、作业效率高、适用范围广的综合型清理收割设备，成果来源于《水利公益性行业科研专项经费项目》。该清理设备集收集、耙扫、切割、压缩等功能为一体，不仅可以清理季节性爆发的成片水生植物，还可以清理日常零散漂浮的生活垃圾；不仅可以清理河道中间的漂浮物和水生植物，还能收集岸边浅滩处的各类杂物；不仅可以正常装舱，还可以进行预压处理，大大增加舱容的利用率，真正做到了一机多用，高效清漂。根据实际使用效果保守估计，如果漂浮物足够多，收集产量可达每小时 70 立方米以上，收集功效是传统人工作业效率的数十倍，且能完成某些人工难以完成的任务，为城乡河网的漂浮物及水生植物清理提供了一种高效的清理收集手段。



城乡河网漂浮物高效清理设备所配备的大角度高效收集臂、分散漂浮物收集耙、可调节压缩机结构、可调节立体切割装置、边坡浅滩双层收集臂、耐磨剪切刀具等新型高效的收集、切割机具和装置，极大地提高了水生植物和漂浮物的切割打捞收集效率。“河湖清漂 001 号、002 号、003 号”已在昆山市巴城镇阳澄湖水域进行了多年的示范应用，各项性能指标和机具功能在漂浮物和水生植物的清理过程中，得到了全方位长时间、高强度的测试和考验。三台清漂设备年均打捞水生植物可以达到 11200 余吨，保洁水域面积达 28.56 平方公里，有效遏制了水葫芦或其它水草大面积繁殖的现象，保证了巴城镇河网水系的水面清洁，为昆山市巴城湖省级水利风景区的建设做出了重要贡献。项目成果的应用取得了显著的社会效益、生态效益和经济效益。设备样机“河湖清漂 001 号、002 号、003 号”在示范基地的现场工作情况如下图所示。



项目完成人：倪福生

大型挖泥船泥泵开发技术

所属领域：智能装备

目前开发阶段：成熟技术

成果简介：

泥泵是挖泥船的核心设备之一，长期以来集装舱、吹岸、艏喷等多种功能的超大型耙吸挖泥船泥泵的生产由少数发达国家所垄断。本项目瞄准国际先进技术，针对疏浚市场的迫切需求，中交天津航道局主持、多家单位联合技术攻关，创建了泥泵现代化的设计平台，攻克了国产泥泵效率低、可靠性差、耐磨材料性能低下、造难度大和国内无超大型耙吸挖泥船泥泵设计制作标准诸多难题，自主设计、制造了国内第一台具有国际先进水的国产超大型耙吸挖泥船泥泵。项目成果获“中国水运建设行业协会科技进步一等奖”和“天津市科学技术进步二等奖”。

本项目创建了数理分析、计算机辅助设计（fluent、cfx、ansys 等软件）和模型泵试验相结合的泥泵设计平台，针对目前水力性能计算只能通过清水计算及清水试验验证的不足，利用疏浚泥泵与泥沙输送实验台，首次进行 1:5 大比例尺模型泵的高浓度粗砂及砾石输送试验。通过对模型泵在不同输送介质不同浓度下的转速、流量、扬程、功率、效率等参数特性的精确测量，总结出不同浓度粗砂、砾石等对泥泵性能的影响规律，进一步优化了泥泵设计参数，提高了原型实体泥泵输送浆体的效率，创新了大型泥泵的设计方法。

本项目开发的大型疏浚泥泵随使用耙吸挖泥船，在一系列的疏浚工程中运转平稳，各项指标均达到了设计

要求，充分表明本项目的实施和成功，打破了国外少数企业的垄断地位，填补了我国泥泵设计、制造的空白，从根本上提高了我国大型挖泥船设计、制造的竞争力，具有显著的经济效益、社会效益。

项目完成人：倪福生



制
等
平
设



固液两相流泵及输送技术

所属领域：智能装备

目前开发阶段：成熟技术

成果简介：

在河湖航道疏浚、吹填围垦、冶金及水利电力等行业中，泥砂、矿石、煤炭、灰渣或其它固体物料的管道水力输送是相关工程的重要环节，消耗了动力装置绝大部分功率，是决定生产功效的重要因素。

在教育部“211”工程和中荷水利教育与科研国际合作项目的支持下，河海大学常州校区建成了国内一流的大型疏浚泥泵与泥沙输送实验台。实验台由 315kW 西门子变频驱动装置、耐磨砂砾泵、泥沙注入和回收装置、管道系统、汽蚀装置，以及参数测量与计算机数据采集

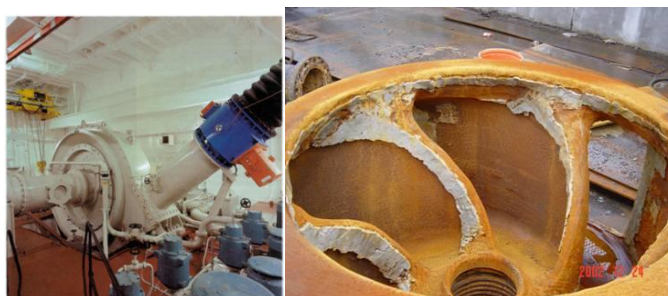


系统等组成。高精度电磁流量计、差压传感器、放射线密度计等测量仪器设备，全部采用进口，确保了整个实验台的测试精度。实验台已获发明专利授权 1 项，发明专利受理 3 项，实用新型专利授权 2 项。

该实验台的建成为疏浚泥泵及其它固液两相流泵、泥沙及其它固体物料输送技术的开发，提供了良好的平台，主要体现在：

- 1、大型疏浚泥泵及其它固液两相流泵的能量特性、磨损特性、汽蚀特性研究，高效耐磨疏浚泥泵开发；
- 2、泥沙及其它固体物料的高浓度、长距离输送工艺开发；
- 3、固液两相流泵、固体物料输送管道的耐磨材料研究开发等等。

该实验平台已承接包括国家自然科学基金项目在内的多个国家、省部纵向项目和国有大型疏浚企业的横向委托开发项目，成果已应用于疏浚生产实践，实验平台的主要研究对象如泥泵、叶轮等实物。



项目完成人：倪福生

绞吸式挖泥船绞刀的开发技术

所属领域：智能装备

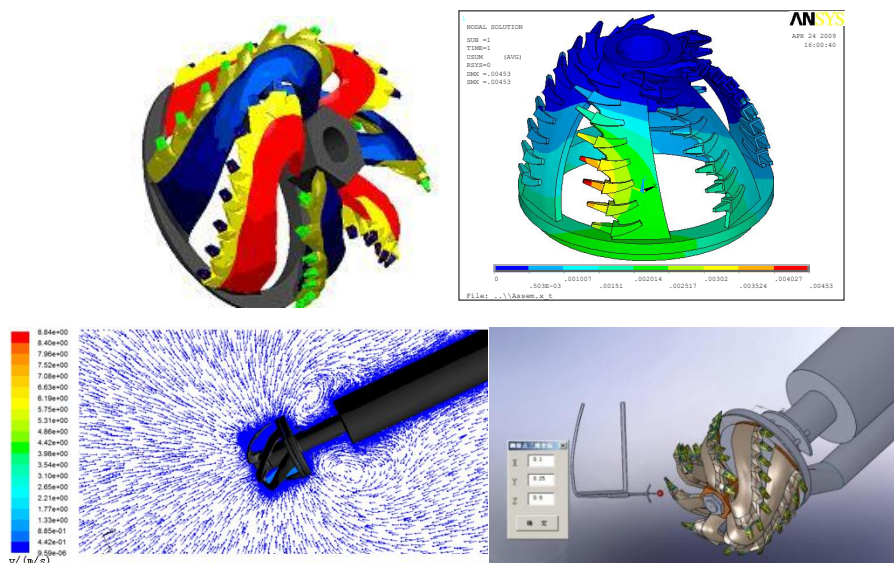
目前开发阶段：成熟技术

成果简介：

绞刀是绞吸式挖泥船的核心部件、关键机具，其在施工过程中高速旋转，直接与水下切削介质（如：淤泥、砂土、粘土、岩石……）发生剧烈的相互作用并承受一定的切削载荷，根据切削介质的不同，绞刀可分为软土绞刀、粘土绞刀、岩石绞刀、环保绞刀等。绞刀的质量直接影响着疏浚工程的进度、功效、产值等，绞刀研发一直是疏浚行业持续开展的，并将一直延续下去的课题。

河海大学疏浚教育和研究中心自土建规划时，就致力于绞刀的研发工作，建立了钢结构绞刀试验平台，如下图 1，可以模拟不同绞刀、不同土质、不同切削深度、不同横移速度等的多种实验，可实时保存绞刀的施工参数如：挖深、步进、功率、扭矩、转速等等，为后续分析绞刀施工状态做好数据准备。该试验平台承担了《长江口专用绞吸式挖泥船绞刀模型试验研究》。

近几年，河海大学疏浚教育和研究中心还对绞刀做了许多理论研究，如：绞刀 solidworks 三维建模、绞刀三维参数化建模、绞刀 ANSYS 应力分析、绞刀三维清水流场数值模拟、绞刀清水流场实验研究等工作。培养研究生 4 名，发表核心论文 6 篇。



项目完成人：倪福生

绞吸挖泥船施工模拟系统

所属领域：智能装备

目前开发阶段：成熟技术

成果简介：

绞吸挖泥船施工模拟系统采用现代网络技术、多通道环幕投影及边缘融合大屏幕拼接技术，将驾驶盘台、投影装置、环形屏幕、教练员工作站、仿真计算机、监控计算机等硬件设备，通过以太网交换机、服务器等设备构成一个有机整体。根据绞吸挖泥船的结构、原理、工作流程等特点，对真实的施工环境、过程进行模拟和再现，使操作者在视觉、听觉、感觉上真实体验疏浚施工的操控作业环境。



模拟系统具有如下三项功能：

(1)操作培训：该模拟系统具有与实船驾驶台相同的状况和工作特性，教练员可设置不同的疏浚船舶、施工环境、工况等，而受训者则通过操控台做出相应的操控动作和处置，系统的各个部分如船舶、设备、仪表、监控系统等将实时做出响应。



(2)工艺优化：挖泥船的施工工艺对提高生产效率极为重要，但是由于其受到船舶参数、疏浚土质、工程性质以及施工水域等多种条件的影响，故确定最优的施工工艺在实际施工过程中非常困难。而利用绞吸挖泥船施工模拟系统平台，可以采用不同的施工工艺进行试挖，并迅速得到施工结果，通过分析比较，即可找出既能保证挖泥船安全运行，又能提高施工效率，经济合理的施工方案。

(3)模拟施工：利用绞吸挖泥船模拟系统，可以将实际工程的施工地形、土质特性等条件导入，建立与实际一致的地形数据库。再设定不同规格的船舶和输送参数后由经验丰富的施工人员在模拟系统平台上进行操作，即可在工程实施前进行模拟施工，从而得出小时产量率、万方能耗等关键的施工结果数据。

项目完成人：倪福生

三维建模技术

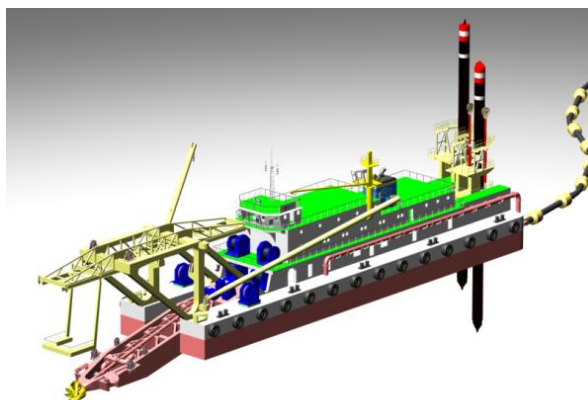
所属领域：智能装备

目前开发阶段：成熟技术

成果简介：

三维建模技术在各行各业有着广泛的应用，根本性地改变了产品的设计、工艺以及生产装配等环节，大幅度提升了新产品开发效率，节约产品开发成本，同时也可对产品进行虚拟运动、应力仿真，预测干涉、应力集中，能很好的辅助设计、提高产品合格率。

河海大学疏浚教育和研究中心也将三维建模技术作为研究疏浚技术的手段之一，主要三维软件有：SolidWorks、3DMax、NX、ANSYS 等等。主要应用在绞吸式挖泥船整体建模、绞刀研发、疏浚仿真系统研制、泥泵开发等上。



河海大学疏浚教育和研究中心团队有一批教师致力于三维建模技术教学，获得第二届“高教杯”全国大学生先进图形技能与创新大赛二等奖；2010 年春、秋季 CAD/CAM 大赛团队技能一等奖；2011 年春季 CAD/CAM 大赛团队技能二等奖；辅导学生在 CaTICs 网络赛中获奖达 40 余次。

河海大学疏浚教育和研究中心以疏浚为载体，成功的将三维技术应用在其关键技术的研发上，也取得了一定的成果，希望与各地市的机械、研究院、虚拟动画等单位合作，进一步扩大三维建模技术的应用领域，发挥出三维建模技术的优势，为产品的设计、开发、仿真等提出更好的解决方案。



项目完成人：徐立群

高速智能堤坝抢险打桩平台关键技术

所属领域：智能装备

目前开发阶段：原型

成果简介：



针对抗洪抢险环境的特殊性和打桩的要求，本项目“高速智能堤坝抢险打桩平台关键技术的研究”在水利部水利部公益性行业科研专项项目经费的资助下，河海大学课题组成员将机械、自动化、液压控制等多学科的先进技术和水利事业的发展需要相结合，开展了对智能堤坝抢险打桩平台一系列关键技术的研究。

课题组将机械、自动化、液压控制等多学科的关键技术和堤坝抢险的特殊要求相结合，提出一种能适应堤坝抢险现场复杂环境、具有陆地和浅水爬行能力的高效率智能化堤坝抢险打桩平台的总体设计方案，并对对液压振动打桩的实验平台，振动打桩的机理和计算模型、振动打桩机的振动参数对打桩效率的影响、采用电跟踪技术的振动沉桩的调频调矩技术、打桩头的减振参数优化设计、具有 6 个自由度的多功能打桩机械手机构优化设计、液压振动打桩头机械操纵装置、适应堤坝抢险现场复杂环境的智能化移动打桩平台的仿真与控制等关键单元技术进行研究、设计和试验。研制了液压振动打桩的实验平台、具有动态调频调矩功能液压振动打桩头、基于腿式行走机构的机器人平台样机、多足直行移动平台的行走机构平台样机和桩上行走机器人系统平台样机。项目已获发明专利授权 6 项，实用新型专利授权 3 项，在国内外核心刊物、全国性或国际性学术会议上已投稿学术论文 11 篇，并于 20110 年通过了水利部组织的验收。研究成果对促进水利技术进步、提高水利抗洪抢险能力、解决抗洪抢险中的关键技术具有重要作用，具有良好的社会、经济效益。

项目完成人：朱灯林

高温钢坯端面喷码机器人系统

所属领域：智能装备

目前开发阶段：成熟产品

成果简介：

高温钢坯端面喷码机器人系统是用于钢铁行业钢坯自动标示的自动化解决方案。针对人工喷涂劳动强度大、喷涂效率低下、工作环境恶劣、采购进口设备成本高等问题，围绕高温钢坯端面喷码的关键技术展开了系统化研究，取得了一系列技术突破，形成了工业化的产品，并已投入工厂运行。

本系统将机器人技术、数控技术、气动技术等相结合，主要包括硬件部分和软件部分，其中硬件部分包括机器人本体、检测元件、本地控制系统、远程控制系统、涂料系统、喷涂系统、泵柜、摄像机、视频盒、交换机、工控机等；软件部分包括喷码控制系统、网络通讯协议、字库系统等。机器人本体是执行部件，负责将喷头送到指定位置；检测元件主要指传感器，其功能是检测钢坯的到达信息和位置信息，控制器根据钢坯的到达信息和位置信息控制机器人运动到指定位置；喷头与泵柜组成喷涂和清洗系统，在机器人字符书写过程中进行涂料的输送、控制，以及喷头的清洗等，和机器人协同完成字符的书写操作。操作完成后，机器人对喷嘴进行清洗，并运动至冷却水箱冷却。喷码过程可在本地操作、控制和监视，也可在远端通过网络和视频操作、控制和监视。喷码信息输入可以由人工在工控机中输入，也可由 ERP 系统读入。

该系统已经在某钢厂连续运行 6 个月以上，属于成熟产品。

目前，项目研发团队已成功申请软件著作权 1 项，发明专利和实用新型专利各 1 项。

该技术及其产品具有广阔的应用前景，对推动钢铁行业的自动化生产和技术进步具有十分重要的意义和市场应用价值。



项目完成人：朱灯林

火灾救援逃生装备——液压缓降器

所属领域：智能装备

目前开发阶段：成熟产品

成果简介：

本作品是一种无源的、缓降速度稳定、操作简单的缓降器，可以作为高层建筑在发生紧急事件时的自救装备，在发生紧急事件，为受灾人员提供更多的逃生方式。

相比较市场上的现有产品，这种新型装置的最大特点是“无源”、使用简单方便、安全可靠、下降速度平稳，使用者无需经过训练。在火灾发生时，往往是没有电源供电的，因而液压缓降器独特的“无源”配置大大提高了缓降器的可靠性；此外，液压器的使用十分方便，使用者不需要经过训练，只需将放置在窗户下或房顶上的缓降器打开并系上安全带，即可使用，因而即便是儿童或是老年人使用起来都不存在障碍问题；由于液压阻尼的稳定性，使得人体下降速度非常平稳。目前实验测试的结果显示，缓降器可以承受 100 公斤的负重并以每秒一米的速度稳定下降（相当于从 5 公分高的平台上自由落体的速度），“如果各项实验条件完备，缓降器将可以负重 250 公斤（约一家三口）从约 100 米的高楼上安全下落。”已申请受理 4 项发明专利。



项目完成人：钱雪松

汽车关键零部件静动态性能仿真与疲劳寿命分析

所属领域：装备制造

目前开发阶段：成熟技术

成果简介：衬套、橡胶（液阻）悬置、吊耳、前（后）桥与副车架等是汽车底盘系统中重要的连接、隔振与减振原件。这些零部件起着固定并支撑机车动力总成；承受动力总成内部因发动机旋转和平移质量产生的往复惯性力和力矩，即循环疲劳载荷；承受机车在行驶过程中作用于动力总成上的动态力；隔离由于发动机激励而引起的车架或车身的振动；隔离由于路面不平度以及车轮所受路面冲击所引起的车身振动向动力总成的传递等。汽车用关键零部件的性能决定着汽车的 NVH 性能并直接影响到驾乘人员的舒适度和安全性。

本成果为课题组 10 余年的工作积累，其主要内容有：

- 1、汽车关键零部件静态力学性能（静态刚度、应力、应变）分析与测试
- 2、汽车关键零部件动态力学性能（动态刚度与阻尼、频谱、模态）分析与测试
- 3、汽车关键零部件裂纹萌生与扩展以及疲劳寿命分析、预测与测试

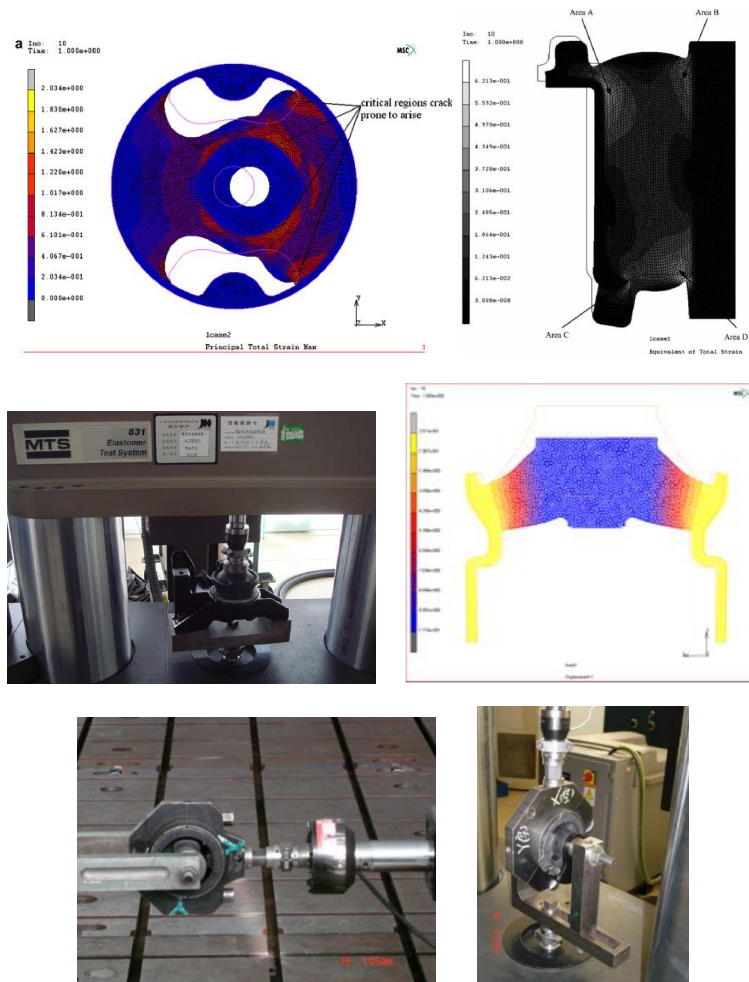


图 1 汽车关键零部件动静态性能仿真与测试

项目完成人：李玺

水电设备虚拟运维仿真技术

所属领域：智能装备

目前开发阶段：成熟技术

成果简介：

以大型水泵机组、反击式水轮发电机组典型结构的检修运行培训需求为目标，借助网络支撑平台，构造仿真数字系统工具，实现低成本、替代性的设备检修运行流程复现和设备间关系的虚拟重构，仿真检修运行训练过程自动完成数据沉积，形成底层大数据系统。内部配置海量数据的清洗算法，保证检修运行仿真训练系统自优化特性。

利用经典建模技术，将大型水泵、反击式水轮发电机组主要零部件三维建模，采用三维可视化技术构建主要部件的结构特点与工作原理、检修所涉及的拆卸步骤、装配顺序以及修理要点等动画；采用交互式虚拟仿真技术构建机组全分解/全安装、典型故障及典型事故交互式检修仿真处理实训科目；利用数据库技术、信息化技术构建具有理论与实训考试一体化的仿真测试系统；项目成果采用客户端/服务端管理软件系统集成技术，构建以 Web 浏览方式、B/S 架构的现代水利电力虚拟检修运行仿真培训系统，实现水利水电机组典型结构虚拟检修运行仿真技术的工程示范应用。项目成果不受检修运行时空限制，且无限次重复使用，是水利电力高效、低成本现代培训新业态模式。

项目团队在水电领域先后完成了：

1) 混流式机组：福建棉花滩水电站 150MW 机组、贵州董箐水电站 220MW 机组、浙江滩坑水电站 200MW 机组

2) 轴流式机组：福建沙溪口水电站 75MW 机组、福建范厝水电站 16MW 机组

3) 灯泡贯流式机组：四川沙坪水电站 85MW 特大型机组、福建沙县城关水电站 13.2MW 机组

4) 可逆式机组：江苏国信溧阳抽水蓄能电站 $\phi 3050\text{mm}$ 进水球阀、国网安徽绩溪抽水蓄能电站 $\phi 2000\text{mm}$ 进水球阀

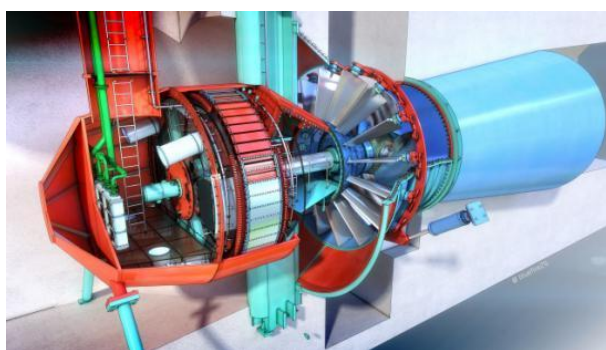
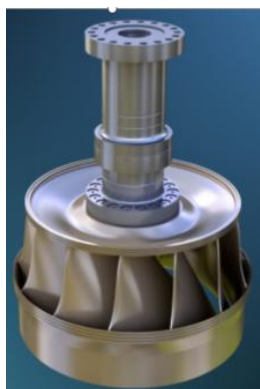
此外，还完成了南水北调东线工程大型泵站优化调度动态虚拟仿真“十二五”国家科技支撑计划项目、数字运河与南水北调东线工程示范应用、三峡公司三维检修网络课件、国网水口水电站检修仿真平台开发、华能西藏公司的全断面硬岩掘进机 TBM 三维仿真演示等项目。

在水利工程领域，先后完成了：

引江济淮工程安徽朱集智能泵站、扬州瓜洲大型轴流式泵组、宿迁刘老涧大型轴流式泵组等项目的三维可视化检修仿真工作。

目前，正在从事乌东德水电站 850MW 机组主设备状态监视三维建模技术研究、江西洪屏抽水蓄能电站 300MW 机组事故处理与应急演练仿真、溧阳抽水蓄能电站 250MW 机组检修仿真和绩溪抽水蓄能电站 300MW 机组检修仿真等项目。

希望进一步拓展虚拟仿真技术的应用领域，发挥仿真技术优势，为产品的设计、开发、仿真等提出更好的解决方案。



项目完成人：李龙华

国家及行业标准技术

所属领域：标准化管理

目前开发阶段：成熟技术

成果简介：

标准化是指在一定的范围内获得最佳秩序,对实际的或潜在的问题制定共同的和重复使用的规则的活动。以机电类产品技术为基础,通过文献检索分析,掌握本项目产品或技术在国内外研究近况,协助企业起草项目产品或技术的企业标准,同时向分管项目产品或技术的分技术委员会提出标准起草(修订)项目建议书,完成项目产品或技术标准的申报、答辩等工作。标准获批立项后,协助企业共同完成标准的草案修订、征求意见、送审、报批等所有环节。

李龙华副研究员现为全国冶金设备标准化技术委员会(SAC/TC 409)委员,先后涉及水利、冶金、轻工、机床等多个行业,在标准的申请、起草、送审、报批等环节具有较丰富的实践经验。

作为标准技术审查负责人主审了《水利工程设备制造监理规范》SL472-2010和《水利工程设备制造监理导则》SL544-2011两项水利行业标准。

先后参与起草的国家和行业标准有：

- 1、《船用摆动转角液压缸》GB/T37476-2019;
- 2、《YLB系列液压冷拔机》JB/T11060-2010;
- 3、《大型液压缸 JB/T11588-2013》;
- 4、《钢管冷拔模具》JB/T11589-2013;
- 5、《镀膜透红外卤素加热管》QB/T4503-2013;
- 6、《金属管材冷拔成套设备》JB/T12057-2014;
- 7、《数控刮削滚光机床》JB/T13405-2018;
- 8、《YLB系列液压冷拔机》JB/T11060-2020;
- 9、《有色金属连铸机用内导式液压缸》JB/T13985-2020;

目前,正在申报《大型液压缸再制造》和《大型水轮机接力器》机械行业标准。

希望与企事业单位合作开拓国家、行业、地方和团体标准的联合申报工作。

项目完成人：李龙华

面向大型智慧工厂的分布式移动平台协调控制技术

所属领域：智能制造、智慧工厂

研究目的：提高大型智慧工厂物资运转效率和设备与人员的安全性

目前开发阶段：算法和控制软件

成果简介：

移动平台是未来智慧工厂中对货物进行搬运的重要工具，其中多个移动平台之间的任务协调是未来大规模智慧工厂落地中不可或缺的核心技术。本项目针对分布式移动平台的协调控制技术，突破了现有移动平台依赖磁条、RFID 等导航定位的限制，且分布式控制技术不受台套数限制，能够满足大规模智慧工厂的需求。



本项目的创新点在于：

- 研发了不依赖精确地图的导航定位方法，实现了分布式机器人之间主动避障，且导航不受环境限制，移动平台可预测厂区工人的运动趋势，实现与人和谐共存。
- 研发了分布式任务调度分配系统，构建了移动平台的时间成本模型和能耗成本指标，避免了集中调控系统受台套数限制的困境，且集中式调控容易出现任务冲突或任务干涉等问题。

本项目将显著提高智慧工厂中移动平台的运行效率，提升物资运转效率和设备与人员的安全性。尤其针对大型智慧工厂，本项目不受厂区通讯信号差、环境时常变化、工作人员众多等复杂因素的影响，具有非常好的应用前景。

项目完成人：魏长赞

一种基于田口函数-信噪比的特性度量方法

所属领域：过程质量控制，信号群体控制策略

研究目的：产线加工过程中数以千计的节点都可以对加工特性产生关重影响，本成果的目的是为了实现多源信号群体控制，实现某特性（如加工质量、转化效率等）的特性信号和加工参数信号（如温度、焊接时间等）的转化，并将特性的损失量化分配到各个加工参数，实现加工特性损失与参数偏移的对应。

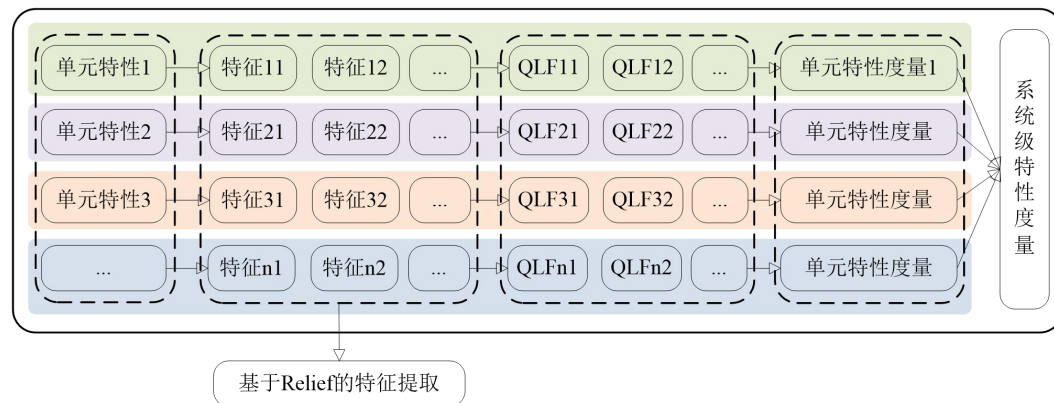
目前开发阶段：算法

成果简介：

本成果提出一种基于田口函数-信噪比的特性度量方法，利用基于马氏距离的 Relief 算法的方法，实现面向某特性的加工参数特征集构建；以田口函数计算每个加工参数距离目标值的偏移量，利用信噪比计算每个加工参数损失权重，实现加工参数级特性耦合。进而在单元级、系统级间耦合，实现整个系统基于田口函数-信噪比的特性度量。

首先构建数据集，通过 OPC、PLC 等，以及嵌入式采集终端采集特性所需加工参数。其次，依据加工参数特性，选择合适的特征提取或特征压缩方法，在本发明中采用的是基于马氏距离的 Relief 算法，构建特征集，完成归一化等预处理。之后，利用田口函数，根据加工参数特点选择不同的损失函数实现加工参数偏移程度计算。如焊接温度，采用望目特性损失函数；如巴士杀菌函数，最小为 10PU，从大向小逼近，越接近 10PU 结果越好，所以采用望小特性。

构建每个加工参数的信噪比，实现加工参数损失权重计算，完成同级特性度量。依托该模式，实现加工参数向单元级、系统级耦合，最终形成整个系统基于田口函数-信噪比的特性度量。其特点在于将传统用于设计过程的田口方法移植到信号处理中，以加工参数的波动代替尺寸链的装配间隙波动，通过多参数耦合、多级响应实现加工参数向某特性的量化计算。



项目完成人：裴凤雀

制造过程数值建模

所属领域：热处理，激光熔覆过程数值建模

研究目的：建立完整生产过程数值模型，分析过程参数对最终结果影响，指导生产现场进行相关产品工艺改进。

目前开发阶段：成熟技术

成果简介：大型重载传动齿轮，进行渗碳淬火工艺，可以提高表面强度和使用寿命，淬火过程存在的变形问题是生产现场长期存在的，特别是新产品开发过程。

以某重载卡车后桥螺旋锥齿轮为例，如图 1 所示，渗碳完成后，该齿轮需要进行模压淬火，再专用淬火机床中进行，完整工艺曲线如图 2 所示。

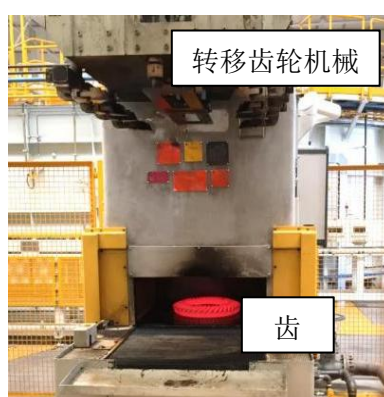


图 1 螺旋锥齿轮淬火过程

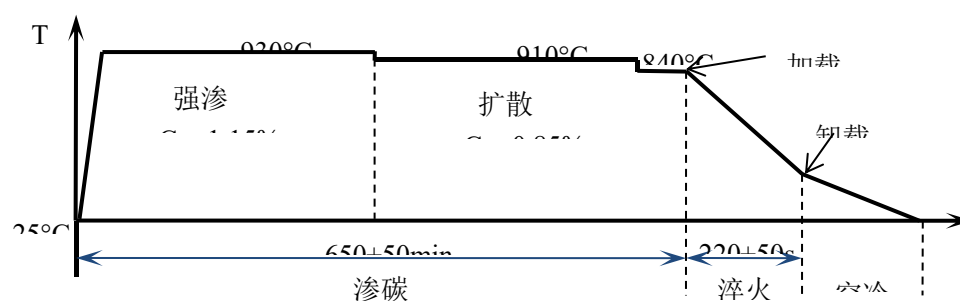


图 2 工艺曲线

为了解决生产过程淬火变形问题，建立完整生产过程有限元模型。得到了淬透性对淬火后齿轮微观组织和变形的影响。分析完整过程工艺参数与温度、组织、变形、应力之间的相互耦合作用，明确淬火过程变形机理，提出工艺优化方案，最终解决生产现场相关问题。

激光熔覆过程数值建模，主要正对激光熔覆工艺，建立微观-宏观过程模型，分析在工艺过程熔池微流动，快速温升温降过程组织-应力/变形之间的耦合作用，指导工艺参数制定和优化。

项目完成人：张映桃

叶轮/流道系统结构优化设计与降噪设计

所属领域：机械设计

研究目的：流体机械、化工过程机械（叶轮、螺旋桨、泵等）结构设计及优化（叶片、流道等），实现流体机械的高性能、高效率工作；流体机械降噪设计，降低生产状态噪音水平。

目前开发阶段：原型/中试产品

成果简介：

本成果可基于流体动力学理论、优化设计理论与 CFD 方法，建立参数化三维模型，对各类流体机械开展三维流场数值模拟和性能预测，对流体机械（叶轮、泵等）的结构开展优化设计；可以依据减噪降噪技术，采用 CFD 方法对流体机械开展噪声分析和优化，降低机械工作噪音。本成果可广泛应用于叶轮、螺旋桨、涡轮、流道等流体机械及化工过程机械领域。

已开发完成的“车辆用无刷直流风机叶轮”主要用于高端乘用车和工程车辆的空调系统及发动机冷却系统，要求结构紧凑、大风量、高效率，并解决风扇气动性能与噪声性能之间的矛盾关系。本成果基于流体力学和气动声学的理论基础，以企业提供的风机叶轮原型为研究对象，在企业规定的可变结构参数下，开展了叶片结构对气动性能与噪声性能影响规律的研究并对其开展优化设计。本成果改进经典翼型并定义了平面叶型中弧线和厚度曲线的基本参数，建立叶轮的参数化模型（如图 1 所示）。

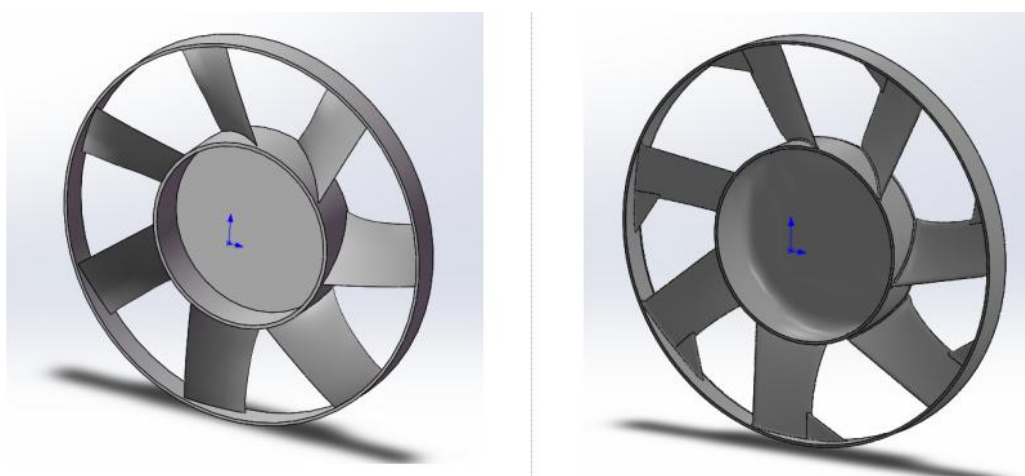


图 1 车辆用无刷直流风机叶轮参数化模型

本成果建立叶轮的流场及声场计算模型（如图 2 所示），采用 CFD/CAA 耦合仿真的方法，对其气动性能与噪声性能进行模拟；将气动性能与噪声性能试验结果与其参数化模型仿真结果进行对比，验证了该参数化建模方法与仿真方法的准确性。以平面叶型结构参数为试验因素，风量和噪声值为评价指标，安排正交试验，研究叶片平面叶型结构参数对冷却风扇性能的影响规律。根据研究结果，提出了一种新型风机叶轮结构。经企业产品实验验证，所涉及的叶轮结构性能优于既定的设计目标。

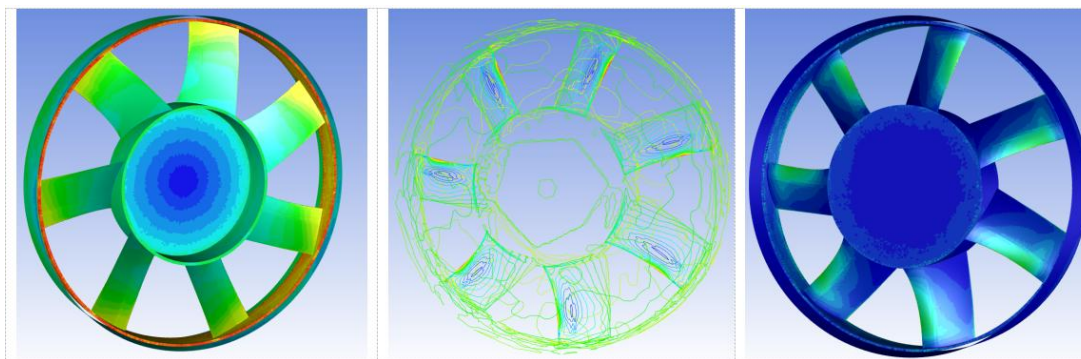


图 2 车辆用无刷直流风机叶轮流场仿真

本成果的风机叶轮具有结构紧凑、转速小、风量大、效率高和噪音低等突出优点，可广泛用于车辆、电气和生产线等高端领域，市场需求大，应用前景广阔。目前已与江苏沃尔森电子科技有限公司合作进行研发和推广，并处于中试阶段（如图 3 所示）。



图 3 车辆用无刷直流风机叶轮样机及测试

项目完成人：冯慧慧 张磊

智慧 PMS 系统开发项目

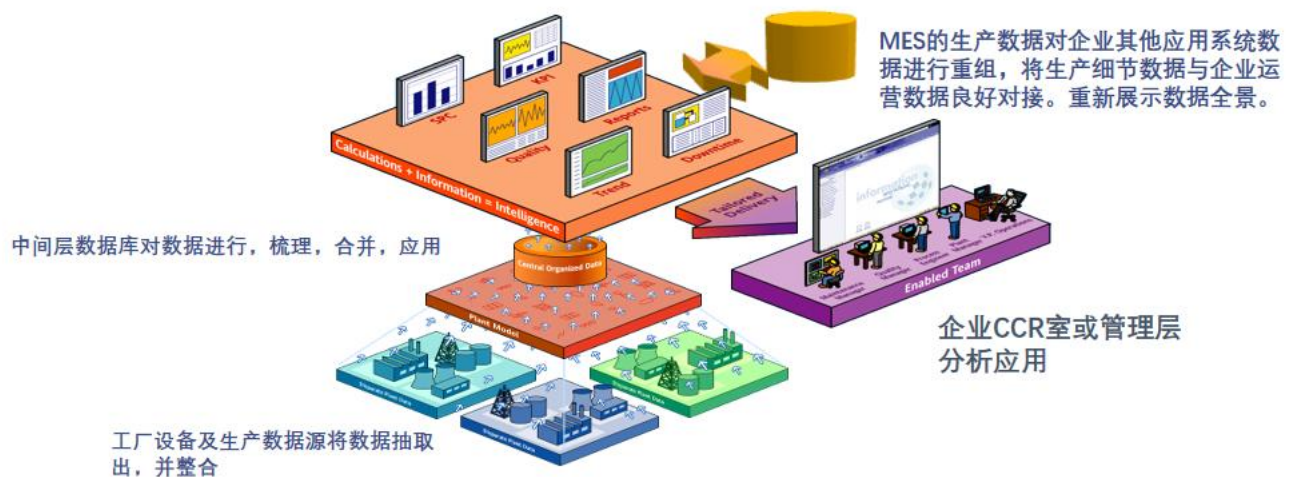
所属领域：工业智能

研究目的：实现自动化立体库管理，生产运营可视化，帮助车间人员按工艺规程生产。

目前开发阶段：系统/软件

成果简介：

针对自动化立体库管理和车间生产运营，开发一套特别的闭环式制造执行系统，，基于条码技术、IoT 技术、RFID 技术以及传感器技术等技术，以智能制造为核心理念，提供了一系列的独特的管理解决办法。实现生产运营可视化，与设备安装调试同期，设备物联网管理，实现设备数据采集与运行状态监控。MES 的生产数据对企业其他应用系统数据进行重组，将生产细节数据与企业运营数据良好对接。；中间层数据库对数据进行，梳理，合并，应用；企业底层设备数据，参数数据，执行数据，传感期数据抽取，组合，展示。



项目完成人：顾文斌

智能 IOT 系统平台开发项目

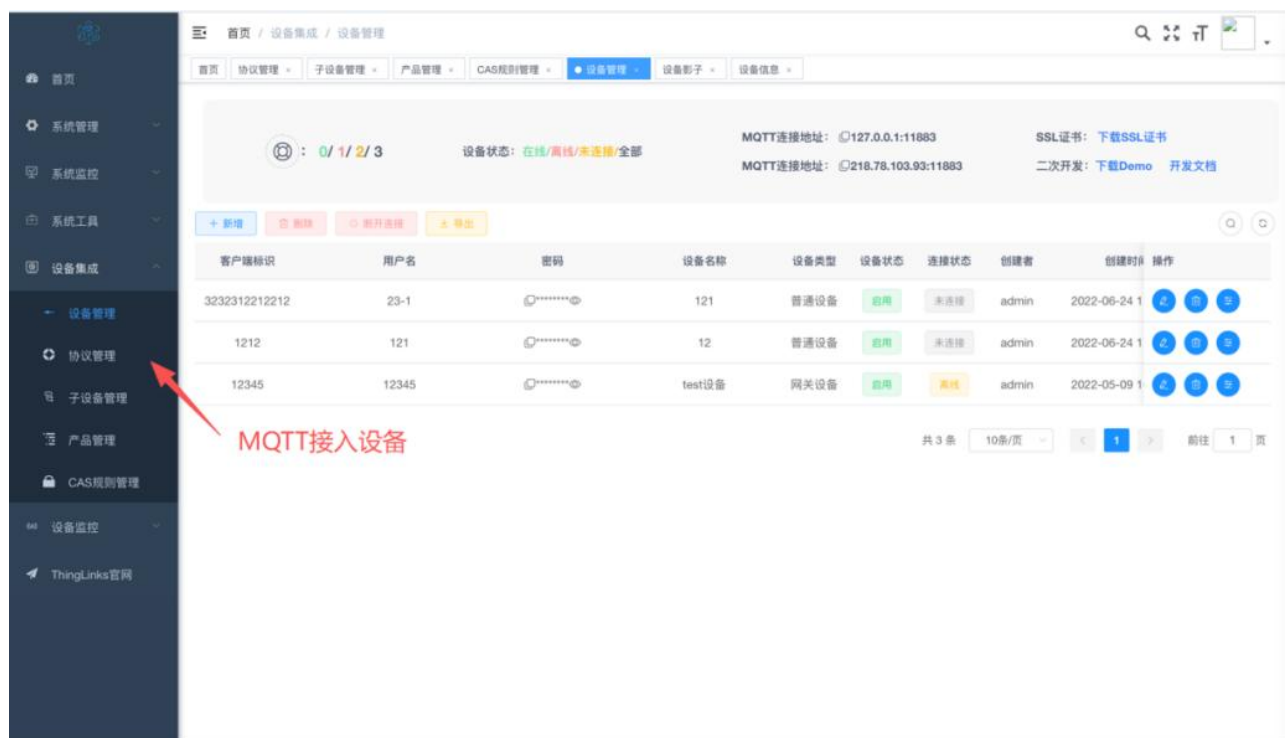
所属领域：工业物联网技术

研究目的：实现海量数据的模型训练与迭代优化、基于 AI 模型形成设备控制优化指令、对生产数据的采集与决策执行。

目前开发阶段：系统平台

成果简介：

针对海量数据的模型训练与迭代优化、基于 AI 模型形成设备控制优化指令、对生产数据的采集与决策执行，开发了一个基于云-边-端架构的 IOT 系统，基于深度强化学习技术、IoT 技术、大语言模型技术以及传感器技术等技术，设计了一个微服务架构：各服务独立且通过注册中心协同；全链路数据管理；异步解耦与事务保障；消息队列解耦服务；确保分布式事务一致；DevOps 与监控闭环，自动化部署且实时监测系统状态；开放与可扩展，支持多终端接入及外部系统集成。具备多种功能，远程控制：用户通过 APP / 网页控制设备；自动控制：设备根据智能分析结果自主响应；联动控制：多设备协同响应。



项目完成人：顾文斌

大型铸造车间智能调度系统项目

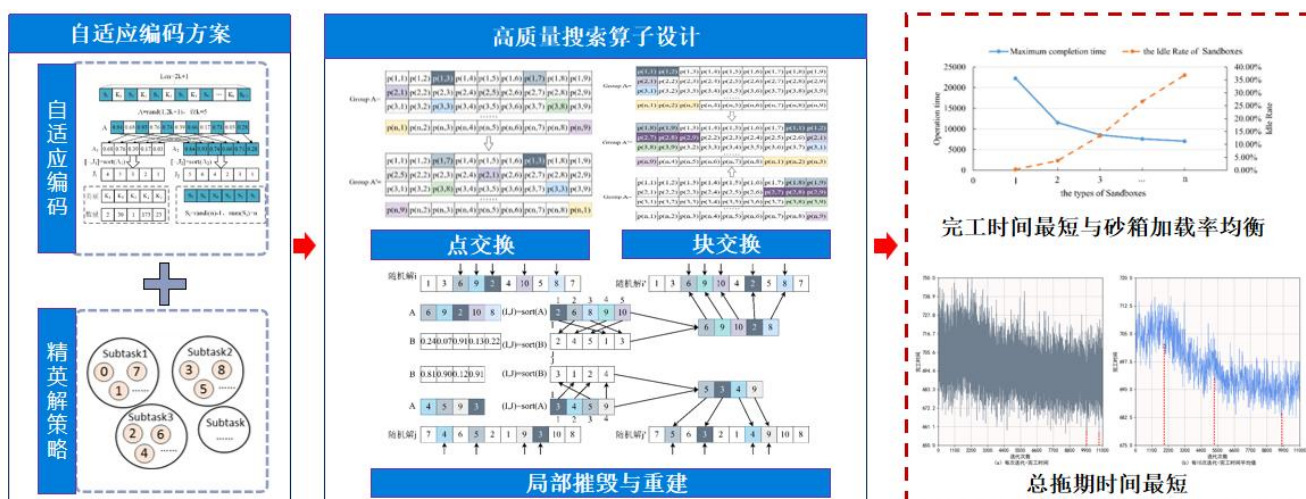
所属领域：智能车间调度技术

研究目的：解决铸造车间（树脂砂产线）在排产过程中存在的砂箱分配冲突、周转率低、线上底板分配混乱等痛点问题。

目前开发阶段：算法/软件

成果简介：

为解决铸造车间（树脂砂产线）在排产过程中存在的砂箱分配冲突、周转率低、线上底板分配混乱等痛点问题，设计了一种自适应多邻域混合搜索算法(Adaptive Multi-neighborhood Hybrid Search, AMHS)来提高排产系统的求解质量。通过自适应编码方案，设计高质量搜索算子，以完工时间最短与砂箱加载率均衡为优化目标，成功通过算法输出了优于人工排产的方案。



项目完成人：顾文斌

特种盐“仓-配-装”一体化智慧仓储系统项目

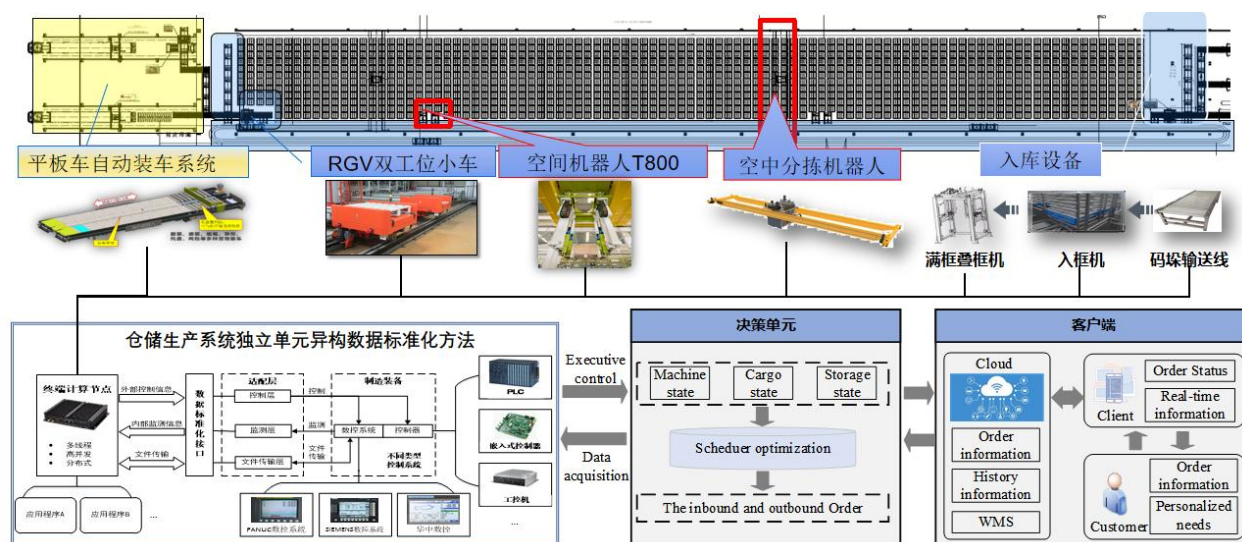
所属领域：智慧仓储系统技术

研究目的：提升库容，提高库存周转率，在不影响现有产能及不改变现有仓库结构的基础上，建设智能仓储系统。

目前开发阶段：算法/软件

成果简介：

中盐金坛盐产品产量 450 万吨、包装盐日均发货量近 3000 吨，与包装盐年发运 200 万吨的目标更近了一步，但仍存在巨大的差距。原有的人工搬运装车方式，已无法突破装车效率的大幅提升，加上劳动力成本的不段攀升，使用机械化作业代替人工已成为不可逆转的转型变革方式；同时提升库容，提高库存周转率，在不影响现有产能及不改变现有仓库结构的基础上，通过 RGV 双工位小车，空间机器人 T800 及空中分拣机器人，建设智能仓储系统，达到“产-存-运”平衡。



项目完成人：顾文斌

广域场景智能监控巡检项目

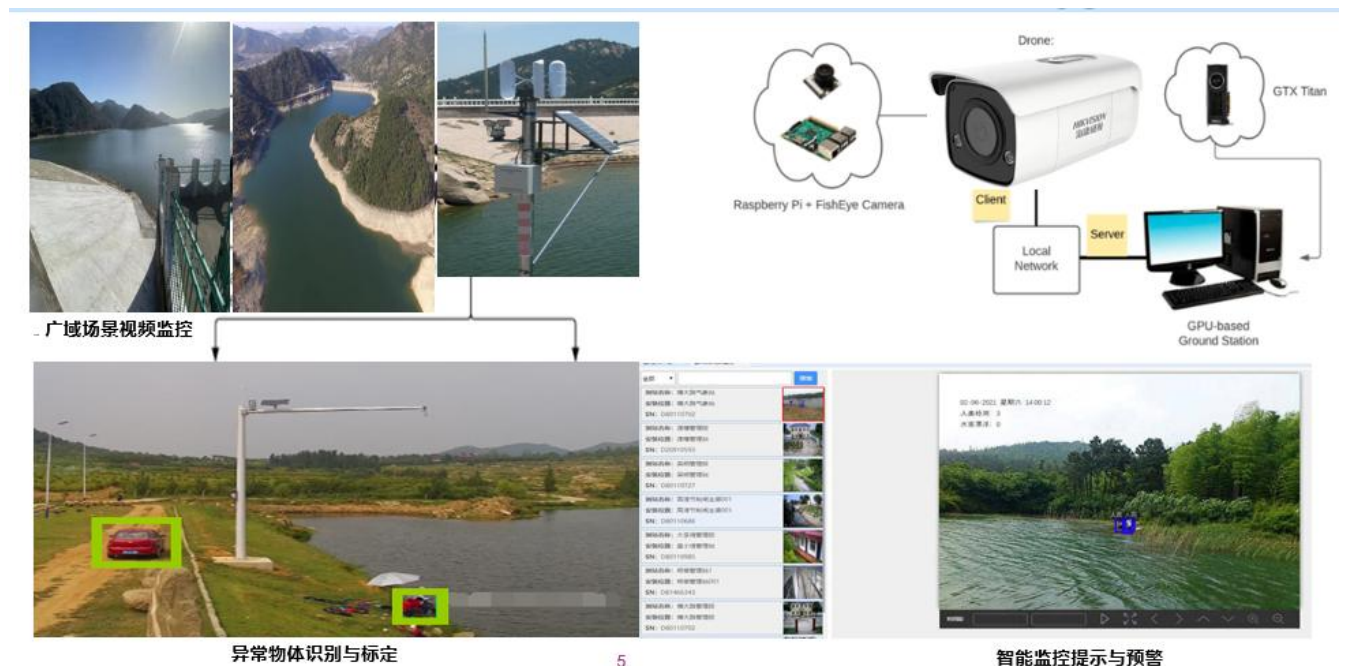
所属领域：智能巡检技术

研究目的：代替监控人员进行视频流识别判断，24 小时、全天候地对监控摄像头采集回的视频流进行识别报警

目前开发阶段：算法/软件

成果简介：

水务系统中水源周围安全监控是至关重要的，布置的监控摄像头录制了大量现场视频信息，但从这些视频流中识别是否有人出入监控区域是一个非常繁琐的重复劳动，容易因视觉疲劳而导致漏判。智能监控系统主要应用于代替监控人员进行视频流识别判断，24 小时、全天候地对监控摄像头采集回的视频流进行识别报警，减少监控人员工作量，提高识别率。在重点监控区域安装热成像摄像头，对泵站内管道连接处的渗漏水 and 烟雾进行智能识别，及时发现与预防。



项目完成人：顾文斌

水性涂料漆面瑕疵智能检测系统

所属领域：智能制造、人工智能

研究目的：解决笔记本电脑外壳等消费电子产品水性涂料漆面质量检测中效率低、标准不统一、成本高等问题，提高检测精度和生产效率，降低制造成本。

目前开发阶段：样机

成果简介：

本项目开发的水性涂料漆面瑕疵智能检测系统采用创新的“三位一体”架构，集成可编程光源系统、AI 智能相机和协作机械臂，实现了笔记本电脑外壳涂装质量的高精度自动化检测。系统核心包括：(1) 采用高度可编程智能光源系统，与多光谱 LED 阵列结合偏振光学技术，通过 32 位高精度 PWM 控制实现多角度动态照明；(2) 基于 YOLOv8 深度学习模型的 AI 智能相机系统，最小可识别 1mm 表面瑕疵，检测速度达 30 帧/秒；(3) UR3e 六轴机械臂配合 LLM 大语言模型进行智能路径规划。系统整体性能达到检出率 $\geq 95\%$ 、误报率 $\leq 1\%$ 、单次检测时间 ≤ 3 秒，可帮助企业减少 60%人工成本，提升 15%良率，降低制造成本。



图 1 笔记本水性涂料漆面存在瑕疵类别

该系统创新性地将多模态感知、深度学习与大语言模型技术融合应用于工业检测领域，构建了完整的质量追溯体系和数据增值服务体系。通过标准化设计，解决方案具备极强扩展性，可快速适配于手机、平板等其他消费电子产品的外观检测场景，为整个行业智能制造升级提供了可复制的解决方案，具有广阔的应用前景和市场空间。

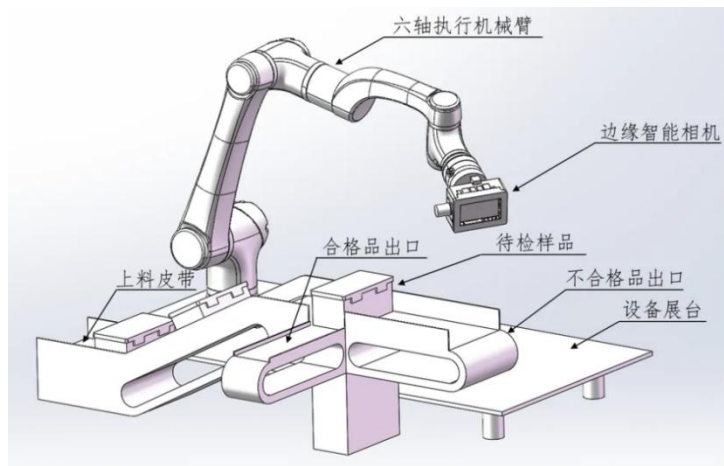


图 2 水性涂料漆面瑕疵智能检测系统设计概念图



图 3 样机实际运行图



图 4 样机运行检测效果

项目完成人：徐林森

四旋翼多栖机器人

所属领域：装备制造、电子信息

研究目的：针对复杂高危环境中救援装备地形适应性差、人工作业风险高等问题，通过研发兼具旋翼飞行、地面移动与壁面爬行运动能力的新型机器人，提高复杂环境下的工作效率，保障任务可靠性。

目前开发阶段：样机

成果简介：

随着当前国内基础设施及大型设备的不断发展，高空作业领域面临着人力资源短缺和安全隐患等挑战。在这种背景下，无人机和爬壁机器人等技术逐渐被引入，以取代传统的人工作业方式。但是多旋翼无人机的飞行受风速等因素影响较大，容易受到外界环境的干扰。而爬壁机器人对壁面要求较高，如壁面的平整度和粗糙度等，且在不同材料表面的吸附效果可能存在差异，导致其适用性受到限制。基于此情况，本项目以爬壁机器人为基础，提出了一种创新性多旋翼爬壁机器人设计，能够灵活切换模式以适应不同工作环境。



图 1 机器人三维图

该机器人飞行系统采用四旋翼动力构型，通过“X”形对称布局优化旋翼力矩分布，显著降低气动耦合干扰，实现高机动性与快速姿态响应能力，可精准完成悬停、急转及复杂轨迹跟踪等任务；同时，该布置方式使机器人重心位置更加稳定，能更有效地承载额外载荷。在地面模式下，机器人采用轮式移动方案，由成本较低、启动扭矩高、响应迅速且控制精准的直流有刷电机驱动移动轮。

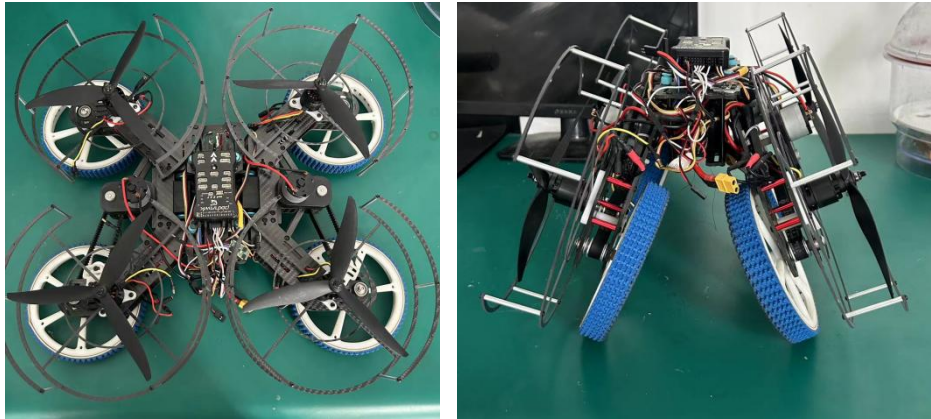


图 2 飞行模式与地面模式

该研究对工业中常用的仿生吸附、负压吸附、推力吸附、磁力吸附等方案进行了分析比较，同时考虑到机器人本身是通过四旋翼实现飞行，为减小机体重量并避免结构冗余，采用推力吸附的方式。如图三所示。

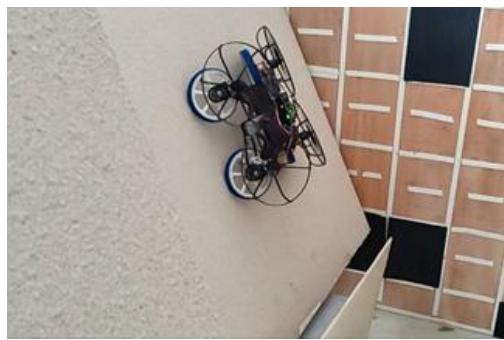
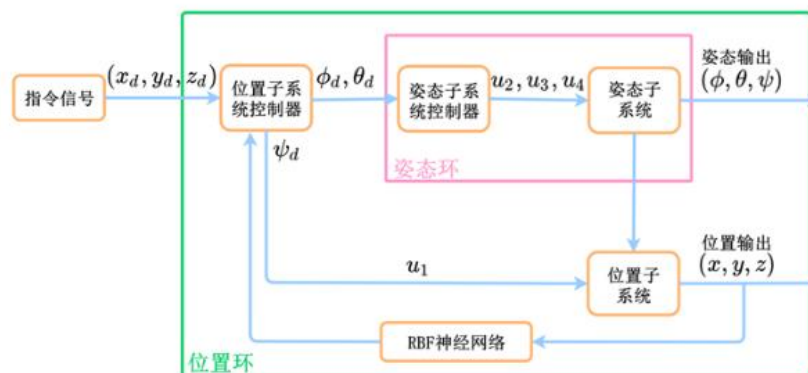


图 3 壁面模式

机器人的飞行模式和行走模式均采用外环控制位置、内环控制姿态的嵌套控制系统。飞行模式外环采用了基于径向基函数（RBF）神经网络改进的趋近律滑模控制器，而内环则采用了基于滑模控制律的 ADRC 控制，通过 ESO 将系统中未考虑的动态特性和干扰视为“总扰动”并估计出来。行走模式采用双正切函数的滑模控制。



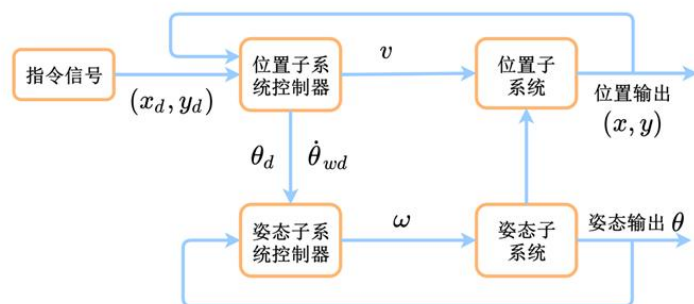


图 4 飞行与地面模式控制器

样机性能指标见下表：

综合		飞行模式		爬壁模式		行走模式	
指标名称	指标参数	指标名称	指标参数	指标名称	指标参数	指标名称	指标参数
整体质量	2.0kg	飞行时长	10 min	最大角度	75°	运动能力	直线、转弯
整体尺寸	560×560×83mm	悬停时间	10 min	行驶速度	0.05m/s	行驶速度	0.25m/s
工作时间	20min	抗风等级	6 级				
通讯传输距离	1km	有效载荷	1kg				

项目完成人：徐林森

基于仿真数据的跨设备故障诊断技术

所属领域：装备制造

成果简介：

传统故障诊断依赖故障数据的特征提取技术，基于深度学习的故障诊断需要大量故障数据才能实现可靠诊断。核电等环境下服役的鼓网等大型设备具有噪声干扰严重、故障样本获取困难、特征提取困难等特点，传统故障诊断和常规深度学习故障诊断方法诊断效果差。针对这种少样本、零样本场景故障诊断需求，项目在开源数据集基础上，研究数字孪生和迁移学习技术，采用高精度的动力学建模方法建立设备的故障模型，提出基于仿真数据和多源域迁移学习的跨设备故障诊断方法，通过开源数据集、目标设备仿真故障数据到目标设备间的迁移学习，实现了核电环境下鼓网等设备的高精度故障诊断，该技术的实施对提高少样本、零样本的大型复杂机械设备故障诊断准确率和运行可靠性具有重要实际意义。本成果的主要内容及特征如下：

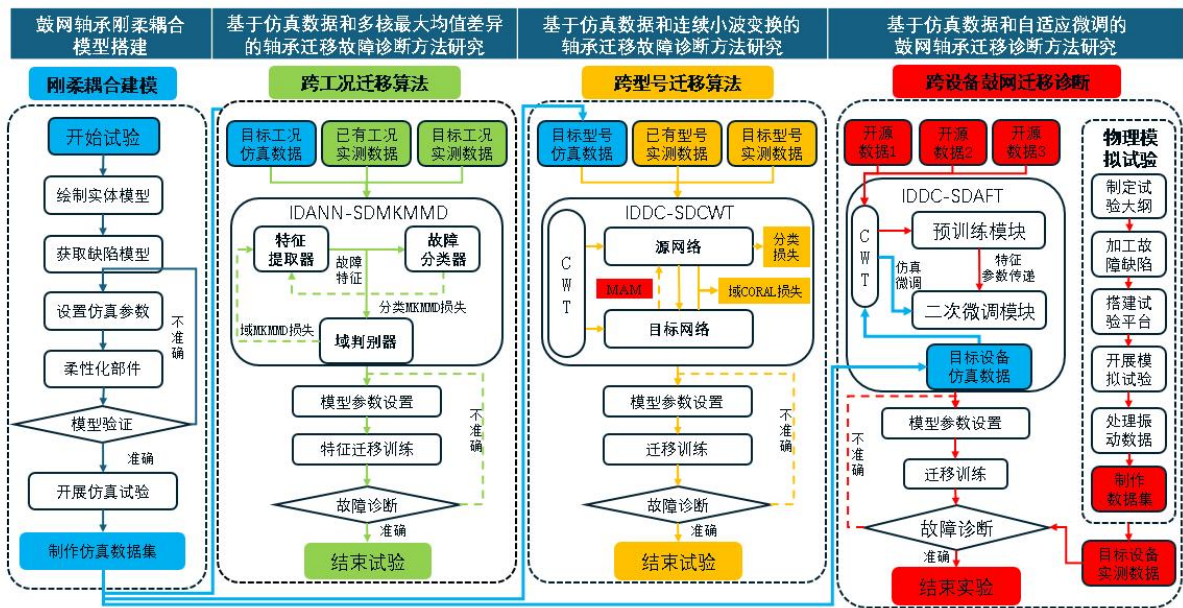
(1) 推导关键零部件的刚度阻尼公式，建立装备的动力学模型和数字孪生模型，研究故障的力学建模方法，通过数值仿真实验得到充足仿真故障数据样本；

(2) 针对跨设备场景下目标域与源域差异较大的问题，对迁移学习中的域对抗网络进行改进，采用多个开源数据集训练改进后的域对抗网络，获取故障的域不变特征；

(3) 采用权重矩阵特征匹配的自适应微调方法，利用仿真数据对预训练模型进行微调，使模型在具备公共特征提取能力的基础上学习目标域数据，实现跨设备场景下的迁移故障诊断。

该项成果已经在核电鼓网的故障诊断上得到验证。





项目完成人：何钢

复杂曲面曲线路径优化及曲面展开技术

所属领域：工业软件

成果简介：

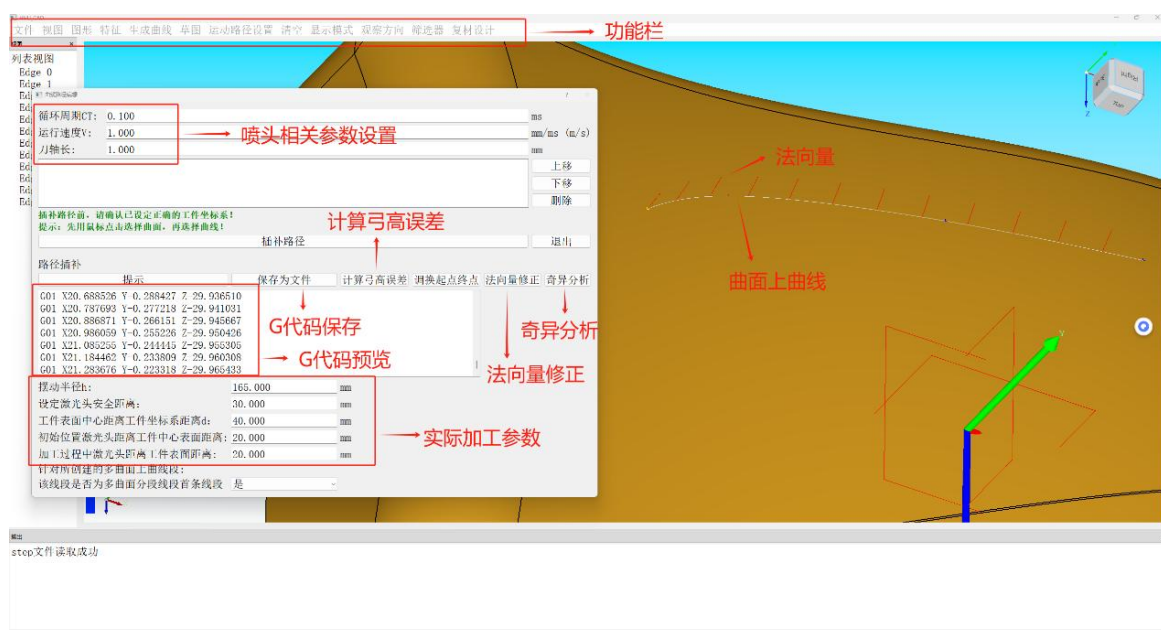
随着现代制造业对高效率 and 柔性化加工需求的不断提升，五轴数控点胶技术在电子、汽车、医疗及 3C 等领域的应用日益广泛。曲面自定义点胶路径光顺性不佳时，插补后的速度和加速度存在突变、不连续现象，造成加工轨迹不准确和堆胶等问题。复合材料加工中，需要曲面展开和可铺敷性分析功能，现有算法往往存在曲面失真过大，导致尺寸精度差和材料利用率低等问题。本成果针对这些问题开展核心算法研究，所开发的软件集成运动学求解、曲面光顺路径生成、奇异处理和曲面展开等功能模块，开发了支持多格式导入、交互式路径编辑与高效后置处理的软件系统。本成果的主要内容和特征如下：

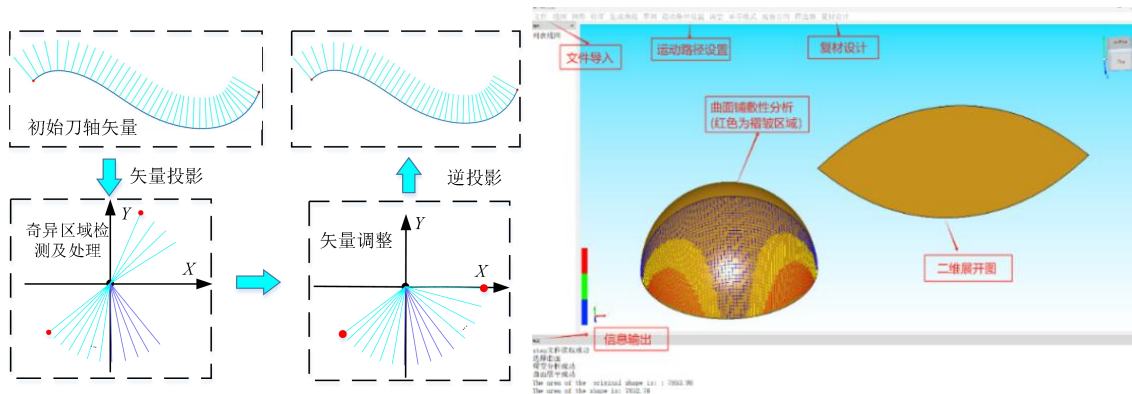
(1) 针对传统曲面上曲线轨迹曲率、挠率波动大问题，提出融合 Hermite 插值与加权最小二乘法的光顺算法，优化后曲率与挠率显著降低，曲线路径速度和加速度波动大大减少。

(2) 通过奇异区机理分析，提出基于空间矢量投影降维与滑动窗口平滑的检测算法，优化刀轴矢量，优化后插补周期内各轴的最大速度波动大幅降低。

(3) 展开算法借助 Cherrier 公式和 Poincaré-Steklov 算子计算互补边界，离散时通过凸优化调整边长实现封闭，对边界曲线进行全纯扩展实现共形扁平化映射，展开后面积失真控制在 0.1% 以下。

(4) 采用改进的经典渔网算法实现铺敷性分析，运用连续介质力学公式，结合虚功原理，达到虚拟功最小，从而实现最佳贴合。





项目完成人： 何钢

基于改进近端策略优化算法的作业车间动态调度研究

所属领域：智能车间调度

研究目的：提高车间生产效率，提升车间的扰动响应能力。

目前开发阶段：已完成从问题定义、数学建模、算法设计、实现、验证到泛化能力测试的完整开发。

成果简介：

动态作业车间调度问题（DJSP）在考虑机器故障和订单变化等不确定性因素时变得尤为复杂。课题组提出了一种结合改进调度策略和深度强化学习的调度方法，以解决此类问题。首先，通过对作业车间数据进行预处理，获取系统状态；其次，将 DJSP 建模为马尔可夫决策过程，建立作业车间模型，并根据调度目标设计奖励函数，通过与环境的交互获取每个决策点的最优调度策略。然后，采用基于改进近端策略优化算法的训练方法，实现智能体从生产状态到调度规则的映射。实验结果表明，与智能优化算法和传统调度规则相比，该方法在应对作业车间意外中断事件时表现出更高的效率和适用性，能够有效平衡调度目标并实现动态适应。这一研究为复杂生产环境下的智能调度提供了新的思路和解决方案。

项目完成人：苑明海

基于多智能体深度 Q 网络的分布式异构车间多目标调度

所属领域：智能车间调度

研究目的：优化生产资源配置，提高车间生产效率，降低生产成本。

目前开发阶段：系统优化与实证分析阶段，已完成核心算法的设计与基础仿真验证，正在进行多场景下的性能测试与参数调优。针对各种智能制造车间中的动态扰动因素，已开发出具备自适应能力的调度策略，并在实际车间环境中进行了小规模应用验证。

成果简介：

随着工业 5.0 的兴起，制造业正朝着数字化、智能化和可持续化的方向发展。分布式异构车间调度问题在绿色制造和分布式生产背景下变得越来越复杂，需要高效的调度方法来平衡多个目标，例如最小化交货期误差和总能源消耗。

本课题组提出了一种基于多智能体双深度 Q 网络的高效调度框架（MADDQN），将 DHHFSP 建模为马尔可夫决策过程。该框架包含三个层次智能体：工件智能体、车间智能体和机器智能体，它们通过共享状态表示和离散规则动作空间协作学习最优调度策略。此外，引入了混合奖励机制，结合延迟即时奖励和全局奖励，引导智能体最小化交货期误差和总能源消耗。为了进一步降低待机能耗，还引入了自适应节能策略。

通过基准数据集和真实车间实例的实验，验证了 MADDQN 算法的有效性和适用性。与传统的进化算法和启发式方法相比，MADDQN 利用深度强化学习的学习能力，能够动态适应复杂的工厂状态，实现高效和智能的调度决策。实验结果表明，MADDQN 在求解覆盖率、求解收敛性和计算效率等方面均优于其他传统算法。

项目完成人：苑明海

一种基于先进信息技术的制造企业车间生产与管控方法

所属领域：制造企业生产管控领域

研究目的：通过先进信息技术，如大语言模型、人工智能、大数据分析等，实现制造企业车间生产管控，如异常数据诊断、故障预警、装配工艺推送、维修知识图谱等。

目前开发阶段：算法

成果简介：

(1) 针对现有方法在离散型异常与堆积型异常联合检测中的局限性，本成果提出一种基于 LOF 与多层感知机协同分析的两阶段异常识别算法，并在风力发电机上展开应用（相关成果已申请发明专利：一种设备异常数据的识别方法、系统和存储介质，发明受理）。

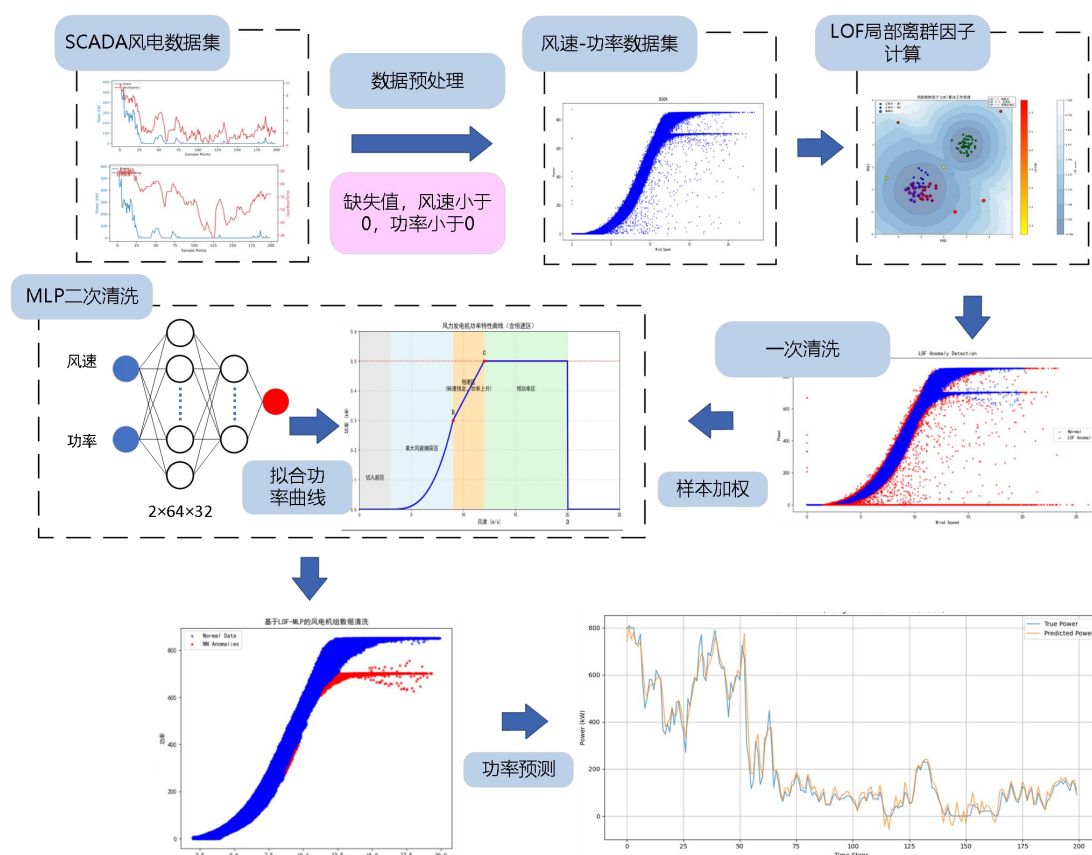


图 1 一种 SCADA 数据中离散异常与堆积异常的分级检测方法

(2) 针对单一传感器采集的信号不可靠的问题，本成果公开了一种基于改进深度残差收缩网络的车间设备多模态数据融合故障诊断方法和了一种基于声振数据融合的旋转设备故障诊断方法，并通过真实的故障数据集验证了本方法的有效性（相关成果已申请发明专利：一种车间设备多模态数据融合的故障诊断方法&一种旋转设备声振数据融合的故障诊断方法、系统及存储介质，发明受理）。

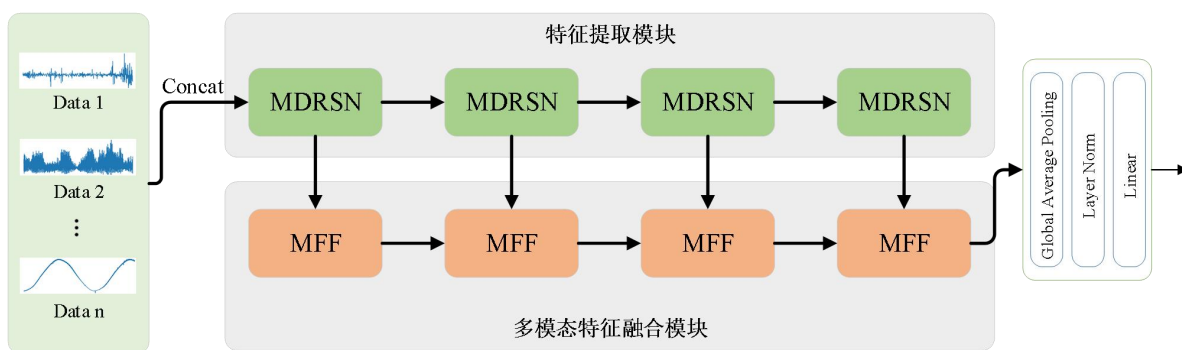


图2 一种基于改进深度残差收缩网络的车间设备多模态数据融合故障诊断方法

(3) 装配作为复杂产品研制的最终环节，不仅关注技术实现，更强调将专家知识、人工经验与人工智能深度融合以提升作业效能。在具有复杂语义关联关系的装配工艺知识中实现知识的高效复用的过程中，传统的传统的 BERT 模型和近年来的大语言模型 LLM 都存在各自的缺陷。如何将 LLM 与 BERT 结合，利用它们各自的语义识别优势用于知识图谱的构造，以解决知识推送时的知识残缺问题，是个十分具有前景的研究方向，本成果提出一种基于蒸馏模型动态增强图谱的装配工艺知识推送方法，并展开试验应用（相关成果已申请发明专利：一种产品装配工艺知识推送方法、系统及设备，发明受理）。

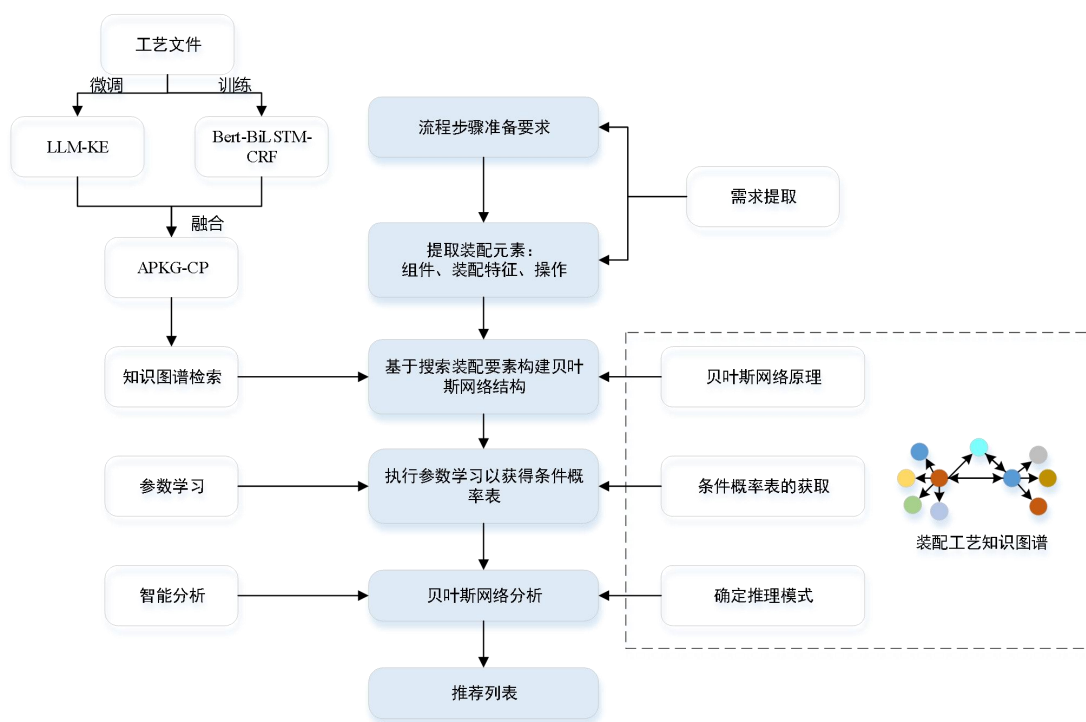


图3 一种基于蒸馏模型动态增强图谱和贝叶斯网络的复杂产品装配过程设计的知识推送方法

(4) 本成果旨在通过融合 RoBERTa-WWM-large 预训练模型与 BiLSTM-CRF 深度学习技术，构建一套面向 SMT 产线制程不良分析的智能知识管理系统，实现从非结构化文本中自动抽取“设备-错误-

复杂航天器多体系统刚-柔-热耦合动力学建模、降阶及控制

所属领域：动力学数值仿真

研究目的：以在轨航天器为对象，通过理论推导和仿真分析相结合的方法，建立刚-柔-热耦合的复杂多体系统动力学模型，并进行降阶处理，然后根据降阶模型提出高精度的大型柔性航天器控制方法。

目前开发阶段：成熟技术

成果简介：

随着航天卫星任务需求的变化和技术指标的提升，未来高价值高集成航天器通常携带多种大柔性结构，如超大面积电池阵、超大尺寸桁架等，这些复杂结构给整星动力学高精度建模及控制带来了诸多新的难题。此外，当在轨航天器周期性进出日照区和阴影区时所受到的热冲击会对航天器的部分结构或者整体造成热致振动、热颤振和热失稳等现象，影响其正常工作，严重时甚至导致航天器失效。

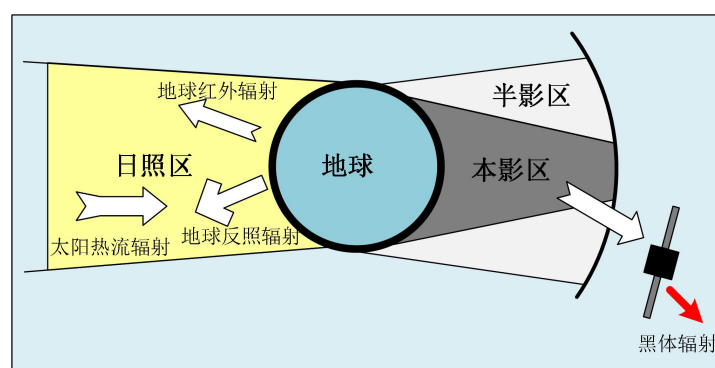
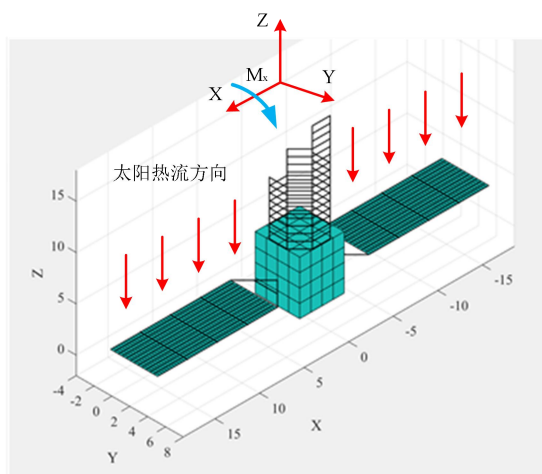
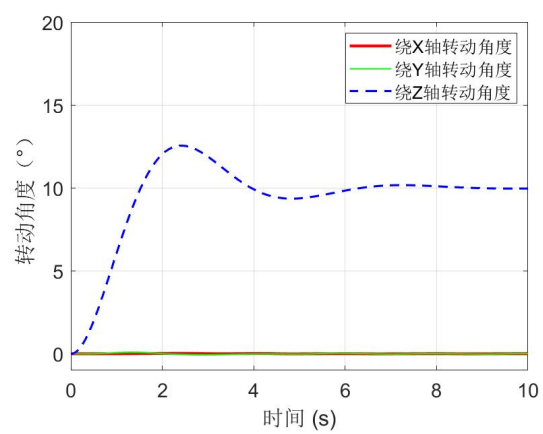


图1 在轨航天器受热流情况示意图

针对现有热动力学耦合分析方法中存在的网格相容性、精度匹配性、耦合效应描述及求解策略等方面存在的问题，提出一种基于统一描述的热-柔耦合多体动力学建模方法，实现位移场与温度场在柔性体内的统一描述，避免现有耦合分析方法中存在的物理场描述的相容性问题。推导并给出统一描述下的热-柔耦合多体系统控制方程，同时从位移场与温度场之间广义的能量守恒与转化定律出发，定量的构建位移场与温度场之间的双向耦合效应。对大型复杂航天器结构进行动力学分析时，系统自由度数目庞大，导致计算效率较低。通过数据驱动的降阶方法，提高计算效率，满足在轨航天器实时控制与状态观测等技术需求。最后，基于自主控制算法比较预设目标值和实时反馈信号来计算控制误差，并控制系统高精度算法调整控制器的输出信号，驱动装置根据控制信号来调整复杂挠性结构的控制力矩，给出具有普适性的控制系统与有限元动力学模型的联合高精度算法，以实现对整个复杂航天器姿态的精确控制。航天器结构示意图见图2a)，控制角度如图2b)所示。



a) 柔性航天器结构示意图



b) 绕Z轴控制角度

图2 柔性航天器建模及控制

项目完成人： 田青龙

无脉冲精密蠕动微泵

所属领域：工业

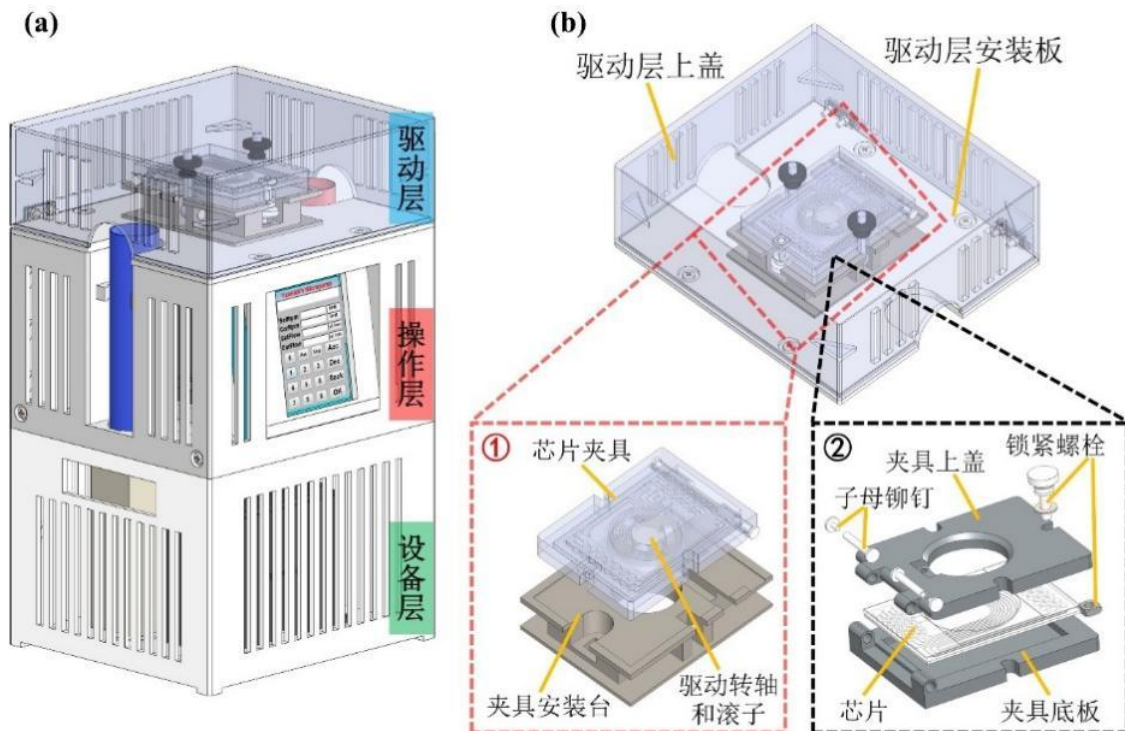
研究目的：微量液体连续、无脉冲、高精度、稳定输送。

目前开发阶段：样机

成果简介：

蠕动泵具有连续输送、耐腐蚀性、无交叉污染等优点，且操作与维护简单，在科研、制药、化工、环保、食品及印刷等多个领域均发挥着重要作用。然而，由于蠕动流驱动特性，传统蠕动泵不可避免地存在流体脉冲现象，因此无法适用于高精度、微量试剂稳定输运场合（如微量生化试剂与药物的高精度驱动与控制）。目前，我国市场上高精度微量蠕动泵主要依赖进口，单个蠕动泵头的价格在数千元人民币，而一台/套设备上往往需要使用几个乃至几十个蠕动泵头，导致仪器成本高昂。

为解决微流体连续输送过程中存在的流动脉冲、精度差等问题，研制了一种基于微流控技术的片上蠕动微泵。该微泵由微流控芯片与电机驱动系统组成，利用驱动系统中的滚子轴承连续挤压微流控芯片中的微流道，实现微流体的精确泵送。该微泵特点在于：1、流量可在 $10\ \mu\text{L}/\text{min}\sim 1.5\text{mL}/\text{min}$ 范围内进行连续调节，超出上述流量范围可根据具体需求定制；2、瞬时流量（间隔 0.1s ）波动误差可控制在 3% 以内，流量精度显著优于商用注射泵；3、单个泵头可以实现多路并行流体输送。



项目完成人：张鑫杰

第三部分 新能源

多功能太阳辐照传感器与便携式测试仪

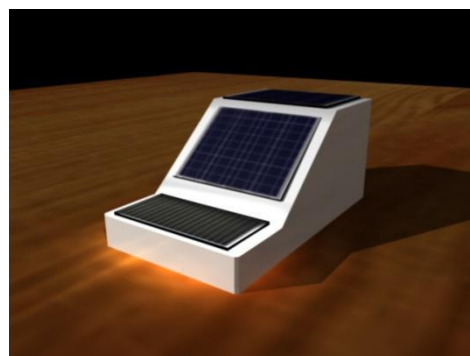
所属领域：能源环保

目前开发阶段：原型

成果简介：

采用硅太阳能电池的高精度太阳散射、直射辐照传感器与目前单一的热电堆总辐照传感器相比技术先进，制作该传感器的配套材料部件技术成熟。按目前中国 15GWp 每年的光伏应用市场，该传感器市场预计每年 2000-3000 万元，按目前市场价格毛利率达 80%以上。该产品结合正在开发的光伏系统监控软（各类影响系统效率算法）、硬件（辐照、灰尘传感器），拓开光伏智能运维与预测市场，预计市场额可达 5-10 亿元。前期投资 500-1000 万元，希望与光伏系统部件制造企业（如逆变器厂家）合作，客户群相似，新、旧产品销售有相互促进作用。改成果有相关发明专利 4 项。

本产品通过设计出一种便携式太阳辐射测试仪及测试方法，克服现有热电堆辐照计与总日射强度计的缺陷，同时测量出散射、直射辐照值，为弥补总日射强度计无法直接反应辐照值的不足、解决了聚光光伏电站中发电性能评估问题；此外，装置可高辐照强度情况下的精准测量辐照值，弥补热电堆式辐照传感器对光伏太阳能电池的光谱不敏感性的不足，例如在大于 1100nm 的红外光分布比例较大时，目前热电堆型辐照传感器测量出来的高辐照强度不一定对应高的光伏系统发电量，而该装置能解决目前光伏电站实际性能评估时合理辐照测量问题。另一方面，在进行光伏发电效率评估时，尤其针对聚光、太阳跟踪光伏系统，除需要总辐射量外，散射辐射、直接辐射数据也非常关键，现有的便携辐射测试仪无法同时测量散射辐射、直接辐照，给使用带来诸多不便。因此，高效易携带的辐照传感器仍是热点。



技术创新点：

1、便携式辐射计采用两或多组太阳能电池 202 作为辐射传感器，并将太阳能电池 202、控制电路硬件集成在可手持的一体化小型组件上，实现了前仪器不方便携带的问题；

2、输出测试点的水平面直接辐射强度、水平面散射辐射强度、斜面直接辐射强度、斜面散射辐射强度。

3、通过实时时钟电路和 GPS 模块，分别与单片机相连，可以自动获取这些参数，更便携和智能化，解决了不同空间时间的参数同步。

项目完成人：张臻

河海安能光伏仿真系统 SolarPV

所属领域：能源环保

目前开发阶段：成熟技术

成果简介：

1、技术先进性和成熟度

河海安能光伏仿真系统 SolarPV 是基于因特网的并网光伏电站专业设计与仿真和优化平台，其在总体功能、界面友好性、数据可信度和平台开放性等方面处于国内前列，可作为光伏企业、太阳能科研院所、高校等机构研发和教育人员的光伏电站设计与仿真工具。部分理论研究成果已经发表在国内外高水平的期刊上。

在相同的气象条件、组件、逆变器、线路配置等一致情况下，该软件的仿真及优化结果与国际主流光伏仿真软件的差异小于 3%，有较高的可信度。此外，和常规的光伏仿真软件相比，其基于因特网的软件架构和互联网+技术实现无缝结合，极大便利了用户的安装、操作以及后续的软件升级流程。目前，SolarPV 平台已经基本成熟，但仍在进一步的完善与开发之中。

2、知识产权

SolarPV 目前已经获得两项相关软件著作权，知识产权归属为河海大学。我们前期曾经为常州天合光能公司开发出了 SimuPV2.0 的光伏仿真软件。在此基础上，SolarPV 将进一步在平台的开放性、设计流程的优化与功能的完善性方面有更深入的进展，从而形成自主知识产权的光伏系统、电站仿真平台。

3、已有合作情况：南京工业大学、常州天合光能。

4、市场转化的可行性

目前，国内光伏企业主要采用瑞士日内瓦大学开发的 PVSYST 光伏仿真软件，其操作过程较复杂，通常只有专业技术人员才能掌握；其次，国内光伏界目前尚不具备功能完整和权威性的国产化的光伏仿真平台软件，和我国目前的光伏产业大国地位很不相称。此外，随着国内高校新能源专业的建设，迫切需要有这种可用于教学的新能源发电系统建模与仿真软件。因此，并网光伏仿真平台软件具有较广阔的市场需求，可作为光伏企业、太阳能科研院所、高校科研与教学使用。主体使用功能包括如下：

大型地面并网光伏电站前期设计、仿真、优化与发电量预测的互联网平台等；

小型屋顶并网光伏电站设计、仿真、监控与故障诊断的互联网平台。

项目完成人：白建波

光伏电站智能故障诊断与智慧运维技术

所属领域：智慧运维

研究目的：通过对光伏阵列运行数据的智能分析，实现多种故障的精准识别与故障程度的定量评估，提升光伏电站运维效率与可靠性。

目前开发阶段：样机/算法

成果简介：

面向集中式光伏电站、分布式光伏电站等典型场景的运维任务，基于递归图、特征降维、机器学习与深度学习等技术，研究光伏阵列 I-V 特性建模、故障特征提取、健康状态评估、故障类型诊断、健康指数及隶属度构建方法，建立了光伏阵列故障特征库、健康状态评估库与智能决策库，形成了光伏电站智能化运维软件平台，支撑全天候、无人值守运行，显著提升了光伏电站运维效率与系统可靠性。

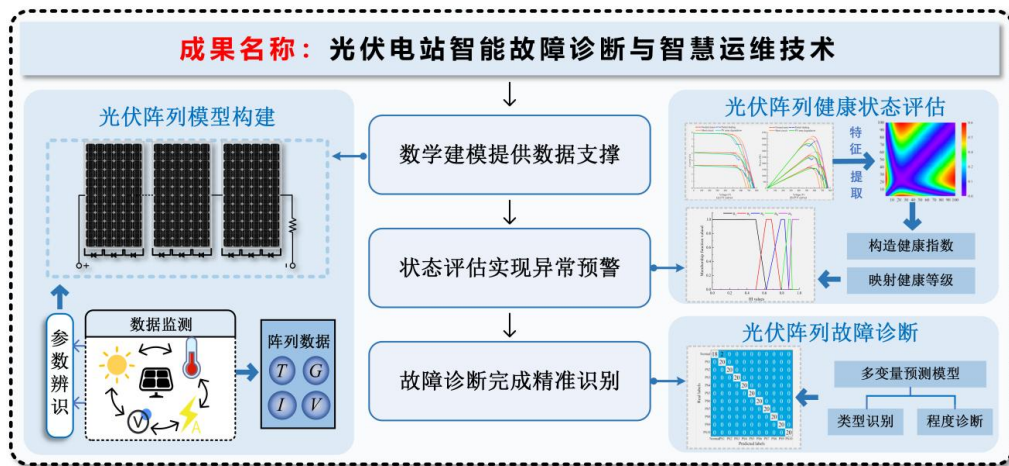


图 1 光伏电站智能诊断与智慧运维框架

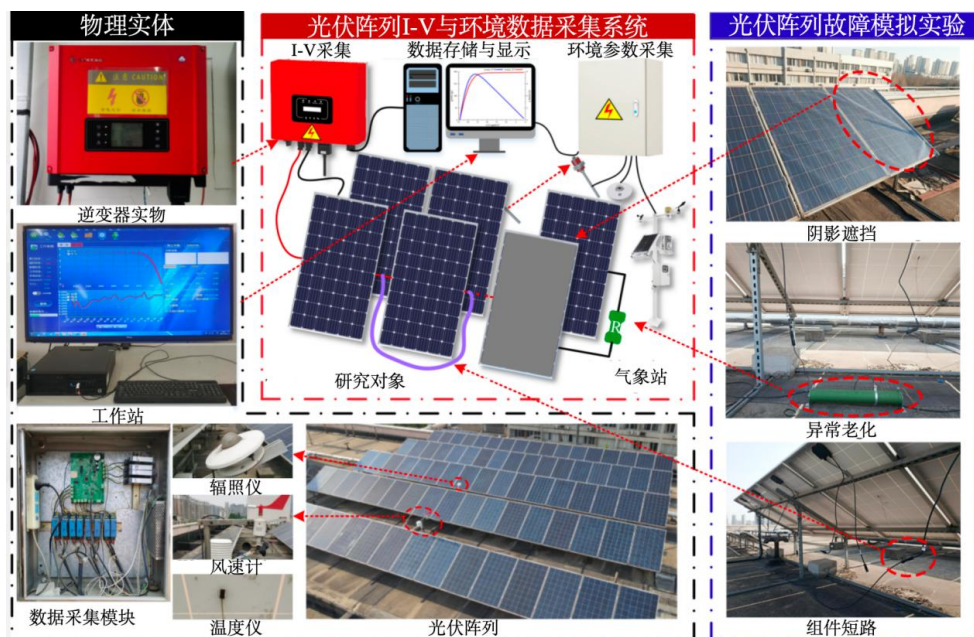


图 2 光伏电站智能故障诊断与智慧运维实验平台

项目完成人：丁坤 陈翔

光储电站智能协同控制与仿真技术

所属领域：能源系统

研究目的：通过引入光伏系统与储能协调控制仿真模型，实现光储电站的智能化协同运行与高效仿真分析，提升系统的稳定性与经济性。

目前开发阶段：样机/算法

成果简介：

面向光储电站规划设计与运行优化任务，构建天气分类与短期功率预测方法，基于机会约束规划与储能充放电约束建立功率调度优化模型，研究光伏功率预测、储能运行策略优化、综合出力与目标功率一致性控制方法，采用改进粒子群优化与蒙特卡洛模拟技术提升模型求解效率与鲁棒性，建立光储电站多时间尺度智能仿真与协同控制体系，形成包含功率曲线、储能荷电状态演化、能量利用率及经济性指标的可视化软件工具，为光储电站规划设计与智能化运维提供工程化支撑。

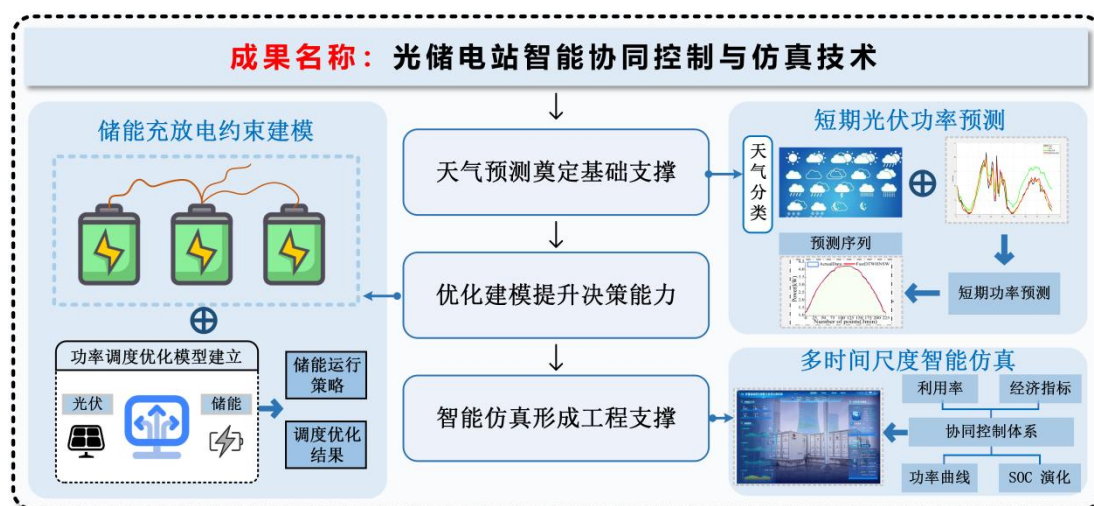


图 1 光储电站协同控制与仿真技术框架



图 2 光储协调控制与仿真系统

项目完成人：丁坤 陈翔

光伏电站多光谱融合缺陷智能检测技术

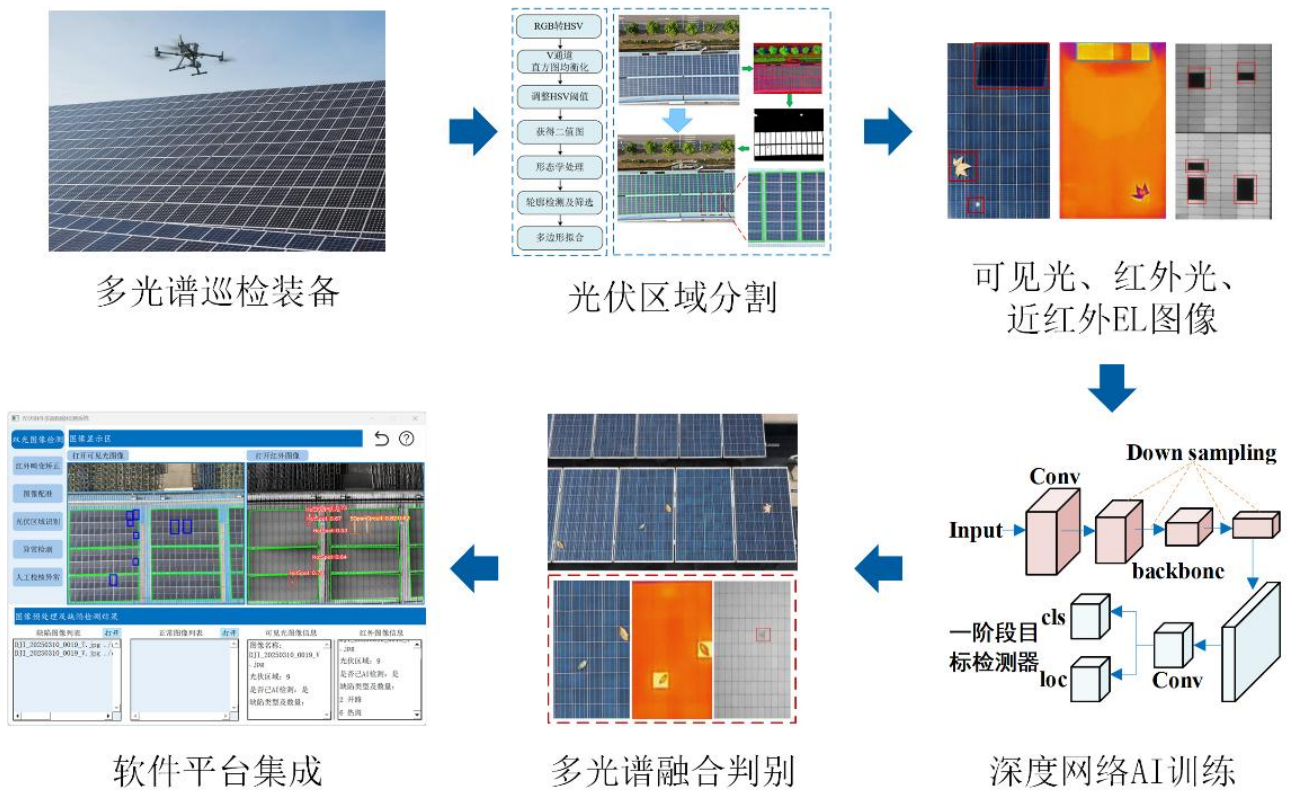
所属领域：光伏系统智慧运维

研究目的：解决光伏电站巡检效率低、组件缺陷定位难的问题，实现对光伏组件缺陷高效、智能检测。

目前开发阶段：样机/算法

成果简介：

为提升光伏电站组件缺陷巡检效率，形成了包含可见光、红外光、近红外电致发光（EL）多光谱巡检装备，提出了光伏区域分割、光伏组件分割校正算法流程，建立了光伏组件巡检图像数据库，通过深度网络训练，通过与软件平台高度集成，实现了对光伏组件隐裂、破片、黑片、热斑、异物遮挡等缺陷或异常的多光谱融合智能判别。



项目完成人：丁坤 张经纬

光伏电站无线传感与虚拟现实可视化运维决策平台技术

所属领域：光伏系统智慧运维

研究目的：解决光伏电站状态监控不精细、周期性运维成本高的问题，实现对光伏电站发电状态精细、高效监控，并提升运维效率，降低运维成本。

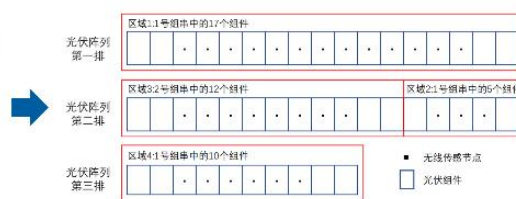
目前开发阶段：样机/算法

成果简介：

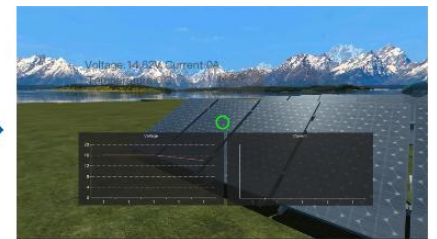
针对光伏电站无线传感网络部署冗余大、光伏电站周期性运维成本高等瓶颈问题，研制了光伏组件无线传感节点样机，提出了降本增效的无线传感网络优化布局方法，将无线传感监控数据与虚拟现实技术集成，融合光伏电站季节性最优运维决策方法，构建了虚拟现实可视化运维决策平台，实现光伏电站精细化、可视化高效、低成本运维。



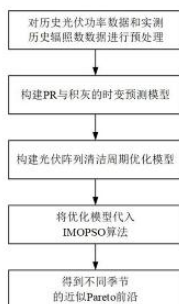
光伏无线传感节点研制



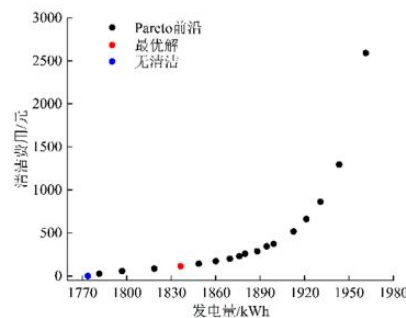
无线传感节点优化布局



无线传感数据集成



光伏电站季节性最优运维决策



光伏电站季节性最优运维周期评估



虚拟现实可视化运维决策平台

项目完成人：丁坤 张经纬

基于电流-电压转换的光伏阵列故障分类及程度诊断算法研究

所属领域：光伏发电

研究目的：解决光伏阵列故障类型区分及故障程度诊断问题，提高光伏阵列的故障检测效率，为光伏电站智慧运维提供可靠理论算法。

目前开发阶段：（算法）

成果简介：

本文提出了一种基于电流-电压（I-V）特性转换的光伏阵列故障诊断方法。首先，通过对比分析标准 I-V 曲线与实测 I-V 曲线的差异实现故障预诊断；然后，光伏阵列存在故障时，根据四类常见故障的典型特征实现故障类型识别；最后提取 I-V 曲线特征，利用特征参数与对应故障标签训练分类模型，实现故障程度诊断。实验部分给出了特征提取算法的性能评估方法，故障预诊断结果为后续诊断提供了可靠依据。基于仿真与实测 I-V 曲线的实验结果表明：故障类型识别与故障程度诊断的准确率均超过 95%，充分验证所提方法的有效性。

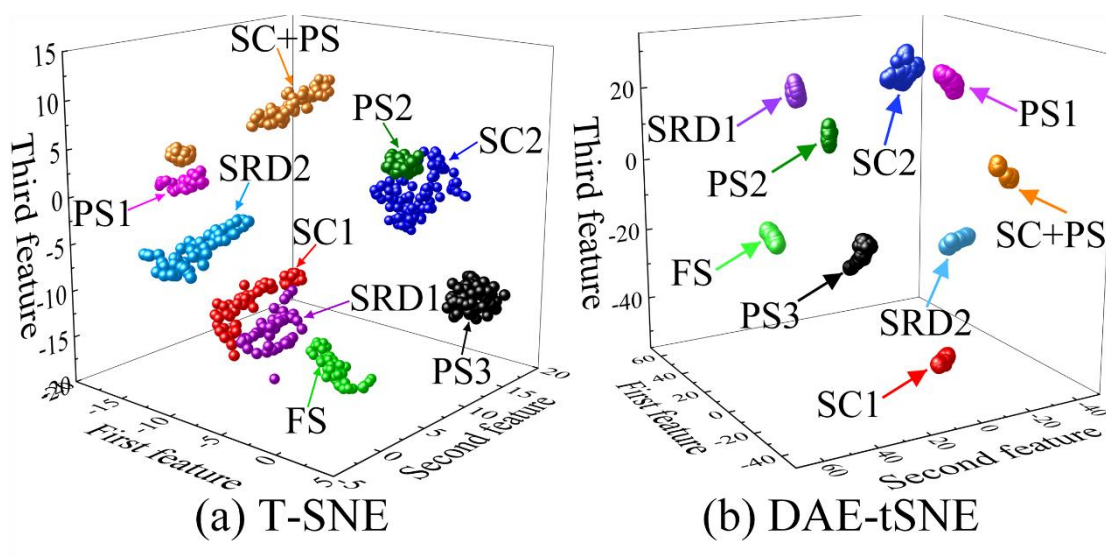


图 1 两种故障特征提取方法实验结果对比

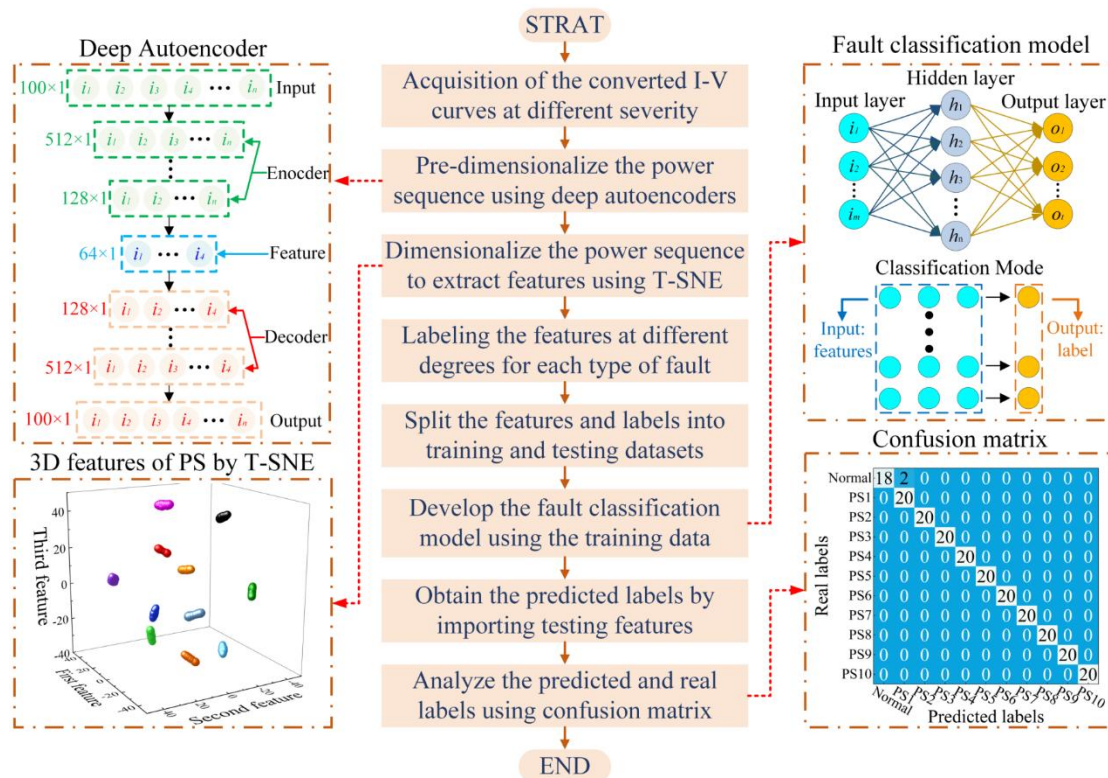


图2 基于 I-V 转换的光伏阵列故障诊断流程

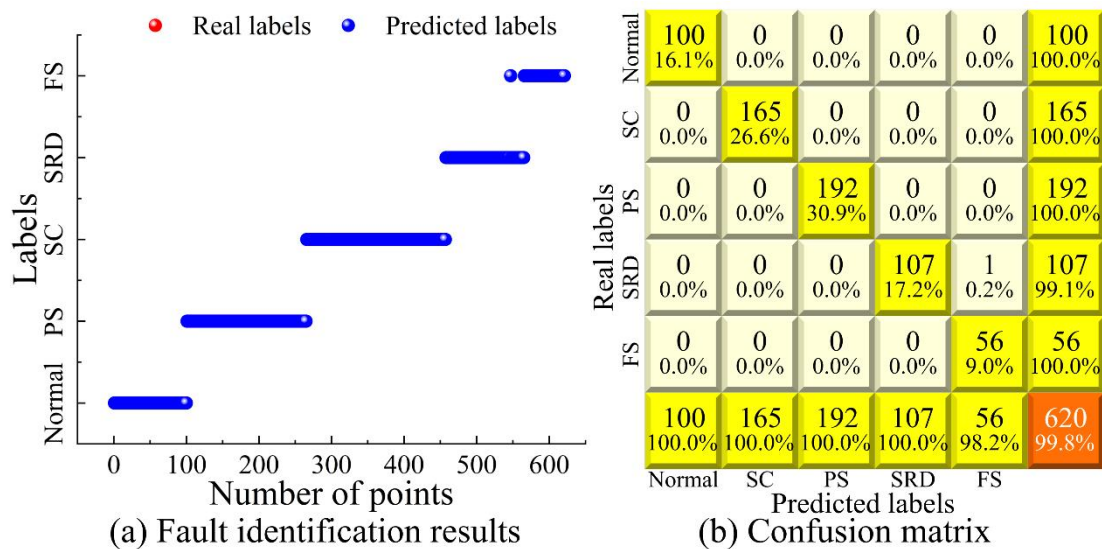


图3 光伏阵列故障诊断结果

项目完成人：陈翔

半导体离子注入设备磁场偏转扫描驱控电源

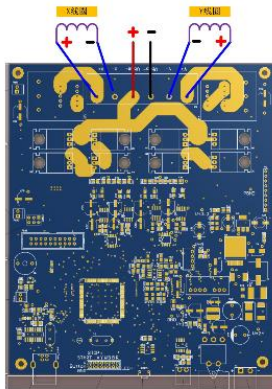
所属领域：光伏生产装备关键部件

研究目的：解决半导体离子注入设备中磁场偏转扫描精度不足的问题，实现磁场中离子偏转扫描精确调控。

目前开发阶段：样机/算法

成果简介：

针对太阳能电池等半导体离子注入设备中磁场偏转扫描控制精度要求，研发了磁场偏转扫描主控板，开发了磁场偏转扫描驱控软件，研制了磁场偏转扫描驱控电源，可直接替代美国爱默信驱动产品，实现半导体离子注入设备的磁场离子偏转扫描精确调控。



磁场偏转扫描主控板



磁场偏转扫描驱控电源样机



磁场偏转扫描驱控软件

项目完成人：丁坤 张经纬

光储充荷微电网智能调度与优化运行技术

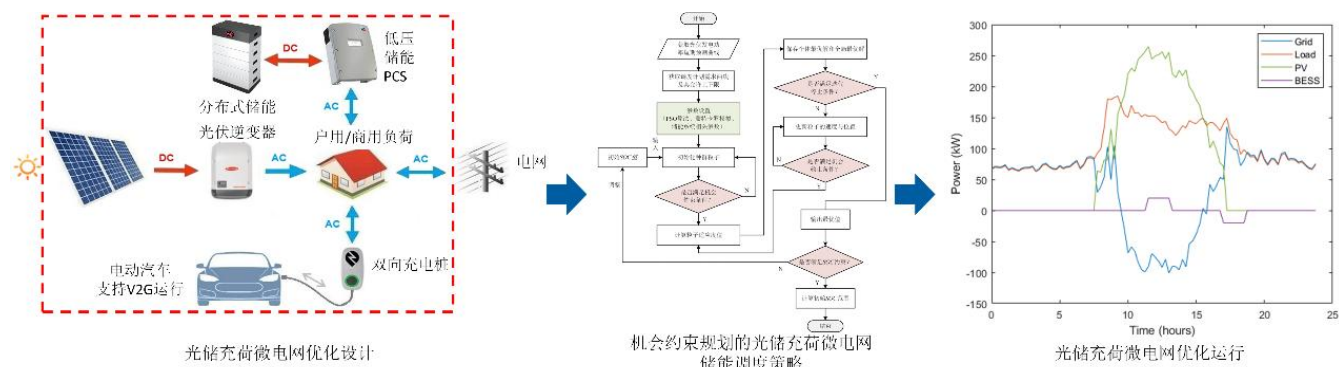
所属领域：微电网优化运行

研究目的：解决光伏出力消纳比例低、储能利用率不足导致的光储充荷微电网运行收益低的问题，实现光储充荷微电网绿电高比例消纳，大幅降低市电能源需求与微电网运行成本。

目前开发阶段：算法

成果简介:

针对光伏出力消纳比例低、储能利用率不足的问题,形成了光储充荷微电网容量优化设计方法,建立了机会约束规划的光储充荷微电网储能调度策略,实现了光储充荷微电网绿电高比例消纳,大幅降低市电能源需求与微电网运行成本。



项目完成人：丁坤 张经炜

真空镀膜设备蝶阀智能驱控技术

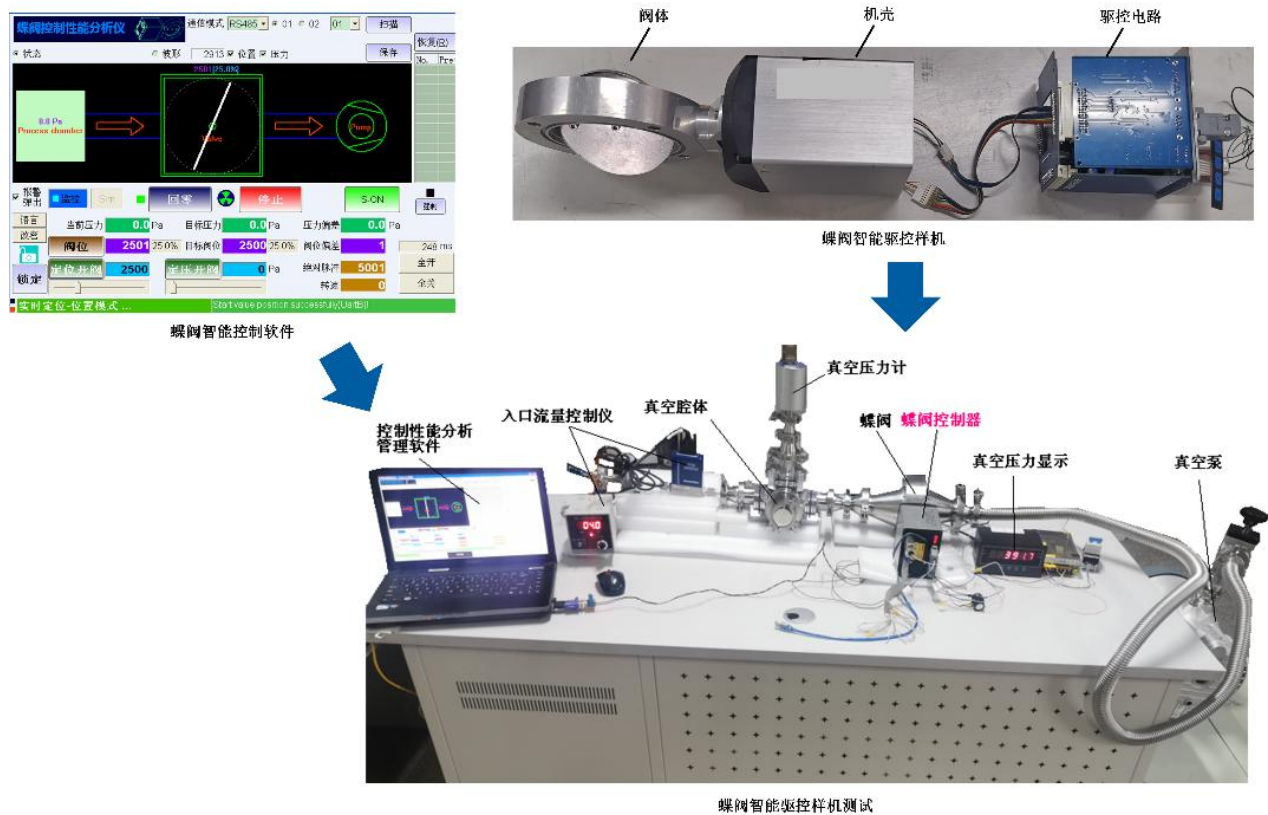
所属领域：光伏生产装备关键部件

研究目的：解决光伏生产所需的真空镀膜设备气压非线性控制精度低、真空度不足，实现了管道压力与蝶阀位置快速精准控制。

目前开发阶段：样机/算法

成果简介：

针对光伏生产所需的真空镀膜设备气压非线性控制精度低、真空度不足等问题，研制了真空镀膜设备蝶阀智能驱控样机，形成了模块化设计的控制电路，集成控制参数自适应学习算法，实现了气压、阀门角位移高精度闭环反馈控制，可替代瑞士 VAT 等进口蝶阀产品电控功能，大幅降低蝶阀部件成本。



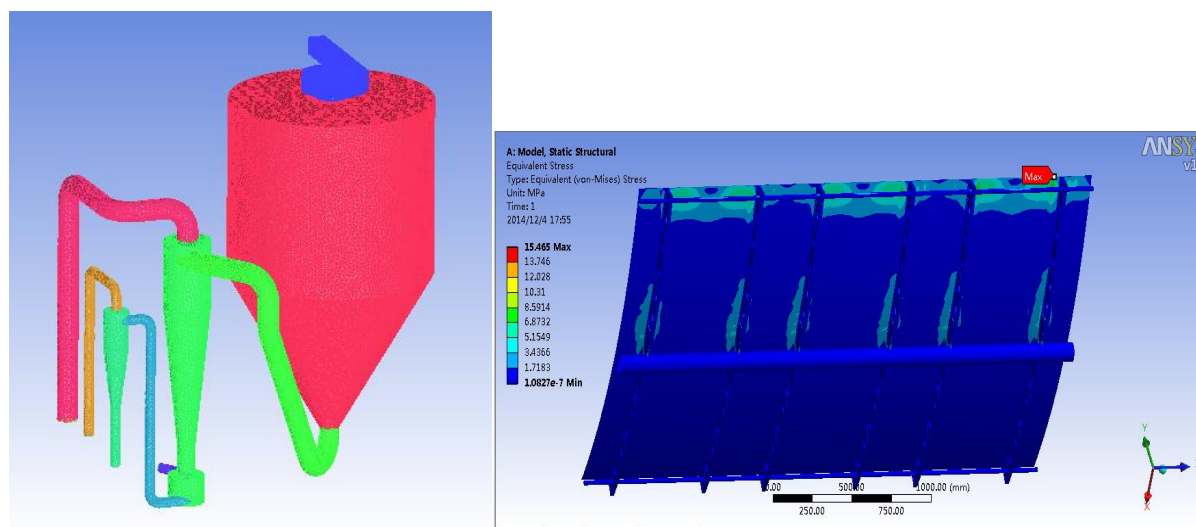
项目完成人：丁坤 史中权

热能设备的三维建模及其热力学仿真与分析

所属领域：能源环保

目前开发阶段：成熟技术

成果简介：



1、技术内容及其先进性

本项成果运用 Pro/Engineer 或者 SolidWorks 软件建立设备精确的三维模型，继而采用计算流体力学（CFD）方法对于设备内部的温度场或者流场的情况进行模拟与仿真，能够得到设备内部包括温度场或流场在内的热力性能等重要参数，从而为热能设备的优化设计奠定基础。我们运用该项技术成功地解决了以下技术问题：

平面或者圆管型金属反射式保温层（压力容器或者核电站管道用）建模及其传热性能评估，验证其热力性能是否能够满足 ASTM 和国家相关标准要求；

圆管型金属反射式保温层的测试装置的三维建模及其轴向传热性能的评估，验证该测试装置轴向传热否小于 ASTM 和国家相关标准要求；

喷雾干燥设备全流程三维建模，内部温度场与流场的分析与评估，并在此基础上进行了干燥设备关键部位优化设计；

太阳能槽式聚光装置的三维建模及其力学特性评估，以验证其结构是否能够满足极限风载荷情况下局部变形的要求。

项目完成人：白建波

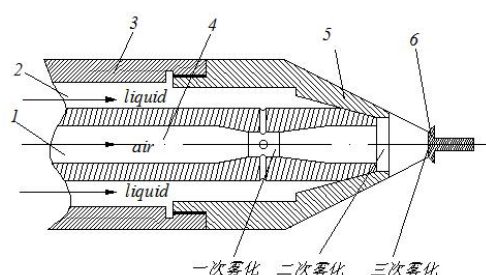
PM10 水汽混合雾化降尘

所属领域：能源环保

目前开发阶段：成熟技术

成果简介：

雾化除尘是开放领域除尘的重要技术方法之一，其原理是利用喷嘴喷雾产生的水雾液滴迅速吸附空气中的各种大小灰尘颗粒，形成有效沉降。由水雾捕尘的四种机理分析可得水雾颗粒的直径越接近灰尘粒径，除尘效果越好。因此要想对 PM10 进行有效的雾化降尘，应使雾化后的水雾颗粒粒径小于 $10\text{ }\mu\text{m}$ ，而传统的水气雾化水雾粒径大都在 $20\text{ }\mu\text{m}$ 以上，对 $10\text{ }\mu\text{m}$ 以下的灰尘降尘效果不好。本文主要在水气混合雾化的基础上探究如何使雾化粒径小于 $10\text{ }\mu\text{m}$ ，满足对于 PM10 等小颗粒粉尘的有效降尘。为了使雾滴粒径达到 $10\text{ }\mu\text{m}$ 以下，满足干雾抑尘的要求，本文在普通两相雾化喷嘴水气混合二次雾化的基础上提出了三次雾化机理并运用该机理优化了空气雾化喷嘴的结构。设计得到的喷嘴总体机构如图 1 所示。该雾化降尘技术已经实际工程应用。



1—进气口， 2—进水口， 3—喷嘴主体， 4—文丘里气管， 5—喷头， 6—发散头

图 1 总体结构示意图

设计得到的雾化喷嘴可以实现三次雾化，如图 1 所示。

技术创新性和先进性

(1) 涡街射雾：本文中的关键技术——在喷嘴出口处增加撞击头结构，可以形成卡门涡街。喷射的反对称螺旋的涡街水雾可在空气中悬浮更长时间，能使水雾颗粒更充分的与粉尘接触，且射程更远。

(2) 三次雾化：具有较大动能的出口液滴会撞击发散头，发散破碎，进一步雾化成更细小的雾滴，正面提高了雾化粒径；同时，由于撞击头的存在，轴线方向的液滴不再密集，从而也阻止了部分原本已经雾化的液滴因喷出后碰撞而在此聚集，辅助提高了雾化粒径。更细更多的液滴增大了与粉尘的接触面积。

(3) 负离子：由于撞击头的存在，还能实现水的负离子化，使部分水雾颗粒带电荷，这样有利于水雾附着粉尘。

项目完成人：唐亚鸣

基于纳米液态金属的高性能散热技术

所属领域：节能环保

研究目的：利用纳米液态金属强制对流的强化换热机理以及协同优化方法提高散热器的换热性能，满足航空航天、电子芯片、电池等领域的高负荷散热需求。

目前开发阶段：样机

成果简介：

纳米液态金属是由液态金属和纳米颗粒构成的一种高效传热介质，该新型介质具有热导率高、流动性好、沸点高、化学性质稳定且安全无毒等优异性能。本团队采用镓基合金流体和铜纳米颗粒制备的纳米液态金属流体，具有良好的流动传热性能，其热导率是水的 60 倍，动力粘度只是水的 2.1 倍，超强的传热能力能够弥补流体粘度和密度增大带来的流阻的影响。相同条件下，纳米液态金属的换热系数是水基纳米流体换热系数的 23.8 倍（图 1），而系统消耗的泵功仍小于水基纳米流体所消耗泵功，因而纳米液态金属流体是一种适用于高密度、大功率元器件散热场合的理想工作介质。

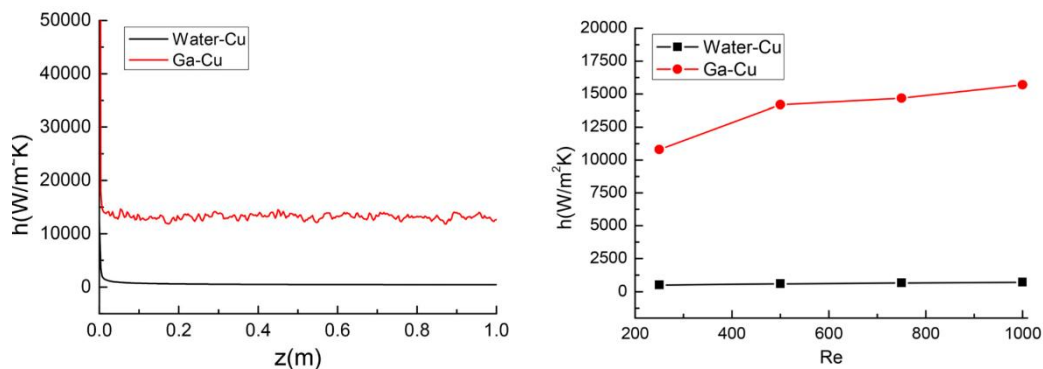


图 1 纳米液态金属流体与水基纳米流体换热性能比较

本团队研制的基于纳米液态金属的高性能散热技术是以纳米液态金属作为换热介质的一种新型换热技术，该技术采用无机械部件的电磁泵驱动流体流动，整个散热系统体积小、能耗低、散热效果好且没有任何噪音（图 3）。特别适用于高密度、大功率元器件散热设备等领域，本技术相关成果已经获得国家授权发明专利 1 项，受理发明专利 2 项：

- 1) 一种基于液态金属强化换热控制坍塌热应力的方法，授权号：CN201510131718.9。
- 2) 一种液态金属与低沸点工质混合器，申请号：2019113730039。
- 3) 一种笔记本 CPU 废热回收及保温加热装置，申请号：202010656187.6。

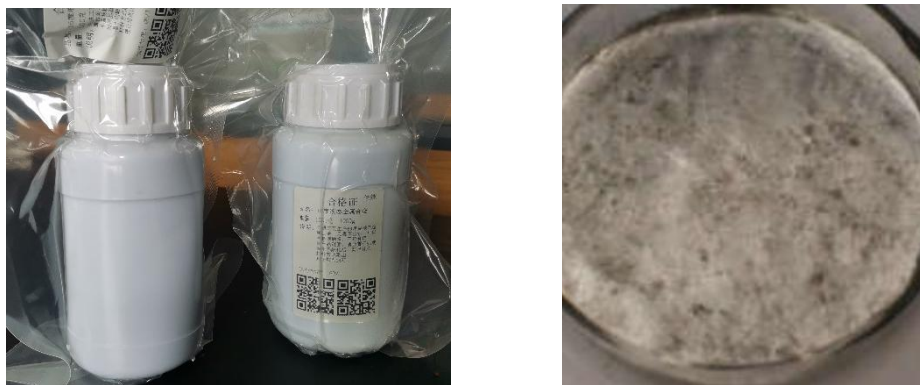


图 2 液态金属及纳米液态金属流体

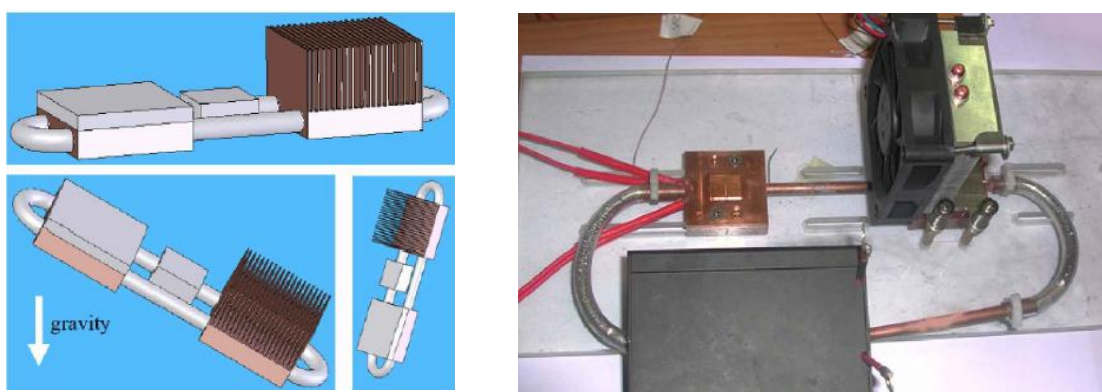


图 3 散热方案及测试样机

项目完成人：周小明

基于能级匹配的余热再利用冷热电联供系统

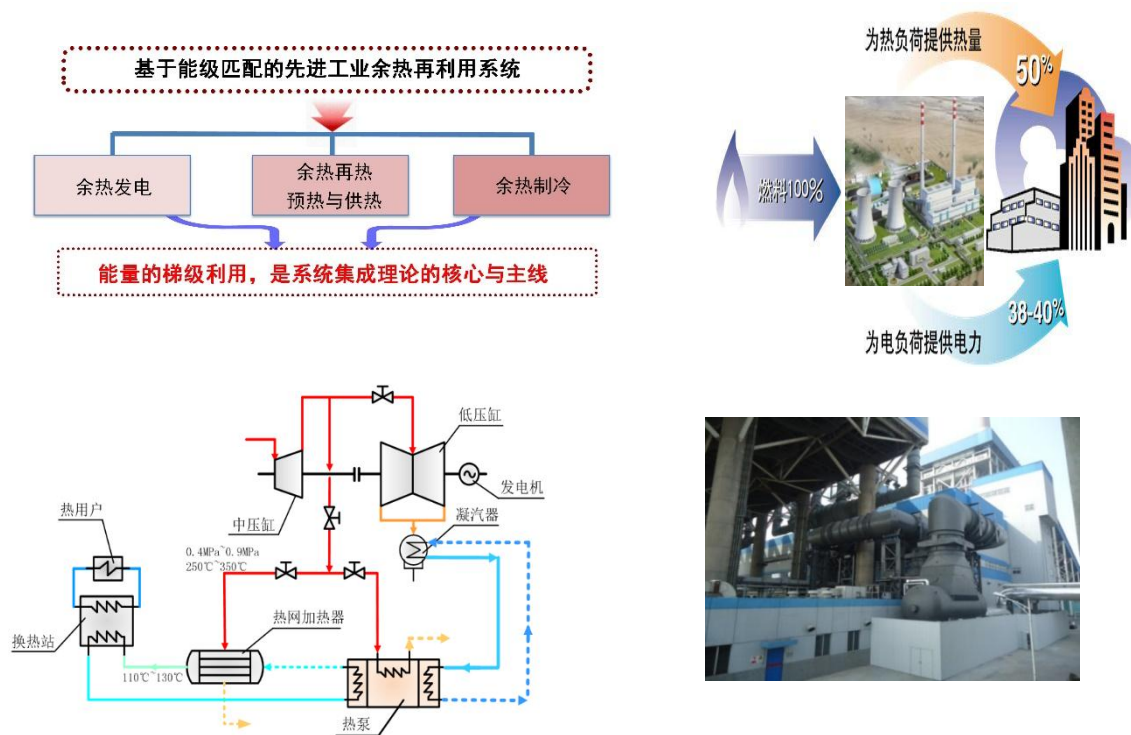
所属领域：节能环保

研究目的：从节能环保的角度出发，充分利用各种余热对园区或厂区冷热电联供。

目前开发阶段：成熟技术

成果简介：

目前一些高能耗企业如火力发电厂、炼钢厂、玻璃厂与化工企业等，一方面一次性能源利用率低，一方面厂内又有大量高、中品位的余热浪费，普遍存在着严重的“高品质能源弃用或高能低用”的共性问题。本技术能够根据不同用户的能源需求，对工业用能用户进行统筹考虑、综合优化，为企业建立最优的能级匹配工业余热再利用系统，最大程度地减少一次能源的使用率，为企业节能减排的同时，产生增补的经济效应。



成熟度：技术能够在企业节能减排改造中工程应用示范

应用领域：电厂、冶金、化工等能源利用率低的企业

项目完成人：姜燕妮

太阳能光伏建筑一体化技术

所属领域：节能环保

目前开发阶段：成熟技术

成果简介：

河海大学机电工程学院在太阳能光伏利用领域开展了大量的研究工作，建有多个分布式光伏电站，具备完善的测试条件以及梯队合理的研究团队。

1. 光伏仿真系统软件 SIMUPV。经过 10 余年的开发，形成了能够进行模拟设计并网光伏系统的软件 SIMPV，在国内处于领先地位，达到国际同类型软件水平。该软件能够进行大型并网光伏电站的设计、复杂城市环境下分布式光伏电站设计、光伏电站经济性设计，并能够进行组件、逆变器选型等工作。其中，复杂城市环境下光伏电站的设计是本软件的一个特点，能够考虑安装平面条件、周围建筑物遮挡、复杂城市条件等因素。本软件已经在国内多所高校、研究院所和光伏相关企业得到了推广使用，取得了较好的效果。

2. 太阳能光伏-空气源热泵-空调联合系统。充分利用本单位在光伏和空调等领域的相关研究工作，在太阳能光伏直驱空调技术、并网太阳能光伏-空调-空气源热泵技术和太阳能光伏直驱空调-空气源热泵技术等领域开展了大量的工作，并形成了完善的技术方案。相关研究在国内处于相对较为领先的水平，建有完善的实验系统，具备相关系统设计和测试能力。

3. 太阳能光伏建筑一体化能耗监测与评估。针对城市中光伏建筑一体化中的，最为常见的屋顶光伏电站和光伏幕墙，通过对光伏电站对建筑物屋顶和墙面温度以及与外界热交换影响的研究，分析其对建筑物能耗的影响规律，形成了一套完整的光伏建筑一体化能耗监测与能耗评估方案。

项目完成人：刘升

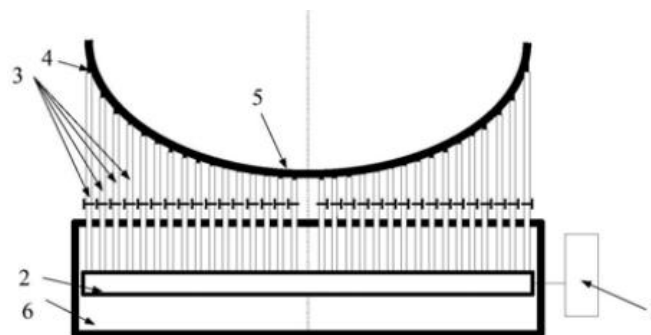
一种槽式聚光器支架的调节方法

所属领域：节能环保、智能装备

目前开发阶段：原型

成果简介：

本发明公开了一种槽式聚光器支架的调节方法，所述槽式聚光器支架包括液压支撑组件位置控制系统，液压传动机构，若干个液压支撑组件，槽式聚光镜和聚光器底座，其中聚光器底座与地面接触，宽度大于槽式聚光镜的开口宽度，聚光器底座上安装液压传动机构和液压支撑组件，液压支撑组件与液压传动机构通过液压油路连接，每个液压支撑组件的末端与槽式聚光镜下表面均通过耐热胶或者螺栓结构相连，通过液压支撑组件位置控制系统控制液压传动机构来调节液压支撑组件的高度，使所有液压支撑组件所形成的面型与所需求的槽式聚光镜的反射面截面面型贴合。本发明通过改变多组液压支撑组件的位置，可适应不同槽式聚光镜的形状，可在同一聚光器底座位置处使用不同形式的聚光系统。



项目完成人：曹飞

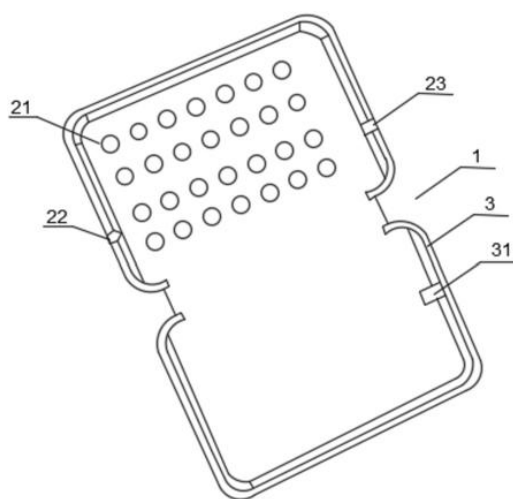
一种紫外线消毒充电翻盖手机壳

所属领域：节能环保、智能装备

目前开发阶段：原型

成果简介：

本实用新型公开一种紫外线消毒充电翻盖手机壳，包括具有两面可以相互翻转扣合的翻盖护套，一个面的内侧设有紫外线消毒装置，另一个面的内侧设有手机壳套、充电蓄电装置；所述紫外线消毒装置包括紫外灯、石英玻璃罩、消毒按钮和消毒信号灯，所述紫外灯固定在所述翻盖护套的内侧且外部罩有所述石英玻璃罩，所述消毒按钮和所述消毒信号灯设在所述翻盖护套的侧边；所述手机壳套与所述翻盖护套粘结，所述手机壳套一侧设有与手机适配的充电插头；所述充电蓄电装置与所述充电插头和所述紫外线消毒装置电连接，所述充电蓄电装置设置在所述翻盖护套内。所述手机壳具有保护手机、充电和消毒的功能，操作简单，安全性高。



项目完成人：曹飞

第四部分 新材料

混凝土绿色低碳制备新材料与新技术

所属领域：水工程材料

目前开发阶段：成熟技术

成果简介：

该成果以混凝土绿色低碳制备为目标，以优化水泥石微观结构为关键，以混凝土宏观性能与微观结构的关系为基础，通过水泥化学、热力学及计算材料学模拟计算，建立了混凝土性能设计方法，研发并制备了高性能外加剂，解决了经典的鲍罗米公式不适用于高性能混凝土配合比设计、高性能混凝土耐久性通常依靠经验设计的问题，实现了低质原料的高值化利用。

创新点：

(1) 创建了水泥基材料性能多尺度设计和功能实现方法。解决了水泥基材料物理力学行为与其微结构和组成难以定量关联的理论难题，实现了界面和孔隙微结构调控下水泥基材料力学和传输性能的“基因设计”，为产品生产和工程应用提供了理论依据。

(2) 研发了低碳混凝土性能提升新材料与新技术技术，解决了非优质原料及工业废渣高效利用技术难题。

(3) 研发了高亚甲蓝值骨料免清洗利用技术，实现了机制砂和含泥石粉的高效利用。

主要技术指标：

- (1) 混凝土胶凝材料指数： $\leq 10\text{kg}/(\text{m}^3 \cdot \text{MPa})$
- (2) 坍落扩展度：550~760mm 可调控
- (3) 氯离子迁移系数 $1.2 \sim 1.4 \times 10^{-12} \text{ m}^2/\text{s}$
- (4) 掺晶核型早强剂混凝土 1d 抗压强度比 $\geq 300\%$
- (5) 透水混凝土路面免覆膜浇水养护

该成果在水工混凝土、海工混凝土、植生混凝土、透水性路面混凝土领域具有市场前景。



项目完成人：蒋亚清

非晶合金涂层的成套制备技术

所属领域：装备制造、新材料

研究目的：因非晶成形所需的高临界冷却速度的要求，非晶合金的成形尺寸常常被限制在毫米级。

本课题提出独特的成分设计方法，提出适于电弧喷涂、超音速喷涂、放电等离子烧结等表面技术的非晶合金涂层制备方法，以及重熔等后处理工艺，实现非晶合金涂层在各类零件表面的制备，大幅提升零部件的服役性能。

目前开发阶段：实验室成熟技术

成果简介：

非晶合金是一种原子无序排布的金属，具有高强度、硬度和韧性，优异的磁性、耐磨性、耐蚀性，高电阻率和机电耦合性能等特殊的优异性能。在涂层设计方法上，通过综合热力学与原子结构的成分设计方法（授权发明专利号：ZL201310740734.9）设计非晶合金，采用放电等离子烧结（SPS）技术制备非晶合金涂层（授权发明专利号：201610616457.4）。该涂层非晶含量高、硬度高（HV 可控制在 500~1000），耐蚀性显著好于 304 不锈钢。在 30° 冲击角度时，非晶合金的抗冲蚀性能比水轮机钢 CA6NM 约高 2.6 倍。进一步通过激光重熔，非晶颗粒瞬时熔化成液态后再凝固形成涂层，消除了颗粒的聚集状态，极大地减少涂层中的孔洞，进而大幅提高涂层的综合性能。将放电等离子烧结技术与激光重熔技术相结合，可以获得硬度强度更高及耐磨性更好的非晶涂层表面，从而提高工件的寿命，促进非晶涂层在耐磨耐腐等方面的应用。冲蚀磨损诱导非晶合金表面发生结构演变。通过合理调控成分，可以利用该结构演变机理，进一步增强合金的耐磨性。因此，如若在腐蚀环境下有抗冲蚀、耐磨损等需求，该非晶合金涂层是目前的一种理想材料。

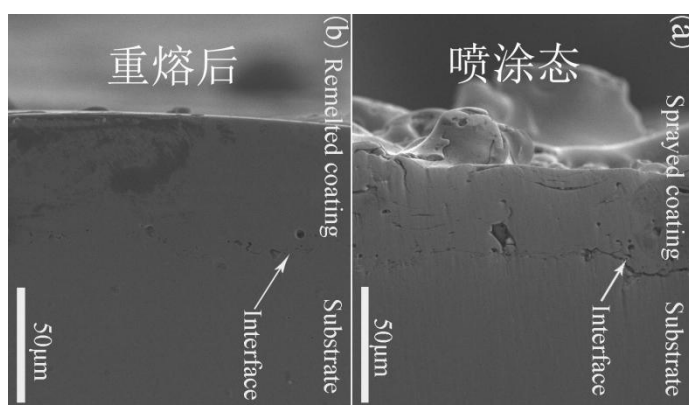


图 1 非晶合金涂层喷涂态及重熔后照片

项目完成人：纪秀林

一种具有优异抗腐蚀磨损的合金涂层激光熔覆技术

所属领域：装备制造、新材料

研究目的：在腐蚀环境（包括海水）下服役的零部件，常常遭受严重的腐蚀磨损。不锈钢虽然具有良好的耐蚀性，但常常不能满足苛刻的抗腐蚀磨损要求。为此，本课题提出在不锈钢表面激光熔覆一种铁基合金，形成冶金结合、无裂纹和孔洞的合金涂层，并通过对不锈钢表面成分及组织结构的调控，以较低的成本大幅提升其抗腐蚀磨损性能。

目前开发阶段：实验室成熟技术

成果简介：

为了能够满足在腐蚀环境下的抗腐蚀磨损要求，零部件常常采用不锈钢制造。而苛刻的腐蚀磨损工况下，不锈钢及一些传统的涂层材料难以满足使用要求。针对现有技术存在的问题，本课题一种应用于腐蚀环境下的金属涂层的激光熔覆制备方法。根据基体材料设计涂层合金成分，通过打底层等工艺手段调控涂层的合金成分。然后，通过利用激光束的高能量密度，将不锈钢和一层薄的铁基非晶粉末熔融，并经相互渗透和扩散互熔形成一种多相结构的复合涂层。该合金涂层呈冶金结合、无裂纹和孔洞。再采用添加剂及熔覆工艺方法调控涂层的合金成分及组织结构，形成具有比不锈钢更加优异的减磨性、耐磨性、耐腐蚀磨损性。

具体方法包括：采用市售铁基非晶粉末（纯度 99.9%，粒径 200~325 目）为原始材料，其各元素原子百分比分别为 Fe：50~60%，Mo：7~15%，Cr：4~9%，Si：3~6%，Al：3~6%，Y：2~5%，Co：2~5%。采用 GD-ECYW300 型脉冲式光纤激光器对所制备好的粉末进行激光熔覆。峰值功率 5.0~6.0kW，熔覆速度 160~200mm/min，频率 8~16Hz，并在熔覆过程中使用氩气做保护气沿激光加工方向吹气保护。所制备的合金涂层在 Ringer's 腐蚀性溶液中，10N 载荷下的摩擦系数非常低（前期低于 0.1），说明所制备的涂层有很好的自润滑作用。与 316L 不锈钢相比，该涂层的摩擦系数降低 35%，磨损率仅为 316L 的 1/3。

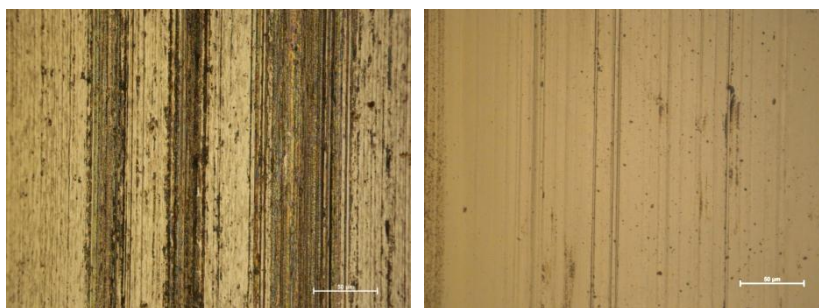


图 1 NaCl 溶液下腐蚀磨损后的形貌照片（左为 316L 不锈钢，右为合金涂层）

项目完成人：纪秀林

玻璃、蓝宝石的低温高强度超声波钎焊封装技术

所属领域：新材料

目前开发阶段：成熟技术

成果简介：

以高硼硅玻璃为代表的先进玻璃材料和以蓝宝石为代表的先进透明陶瓷材料具有优异的光学和力学性能，它们与金属的连接广泛应用于太阳能集热器、LED 发光二极管、微波和红外窗口、新能源电池等应用领域。现有连接手段遇到的困难首先界面结合较弱，接头强度较低；其次在于热膨胀系数不匹配，接头应力较大。本实验室研究的超声波钎焊技术是新兴的特种连接技术，特别适用于陶瓷和玻璃等特种难焊材料的连接，目前已经成功应用于蓝宝石和二氧化硅等材料。促进界面的反应结合，提高接头强度。通过陶瓷颗粒掺杂钎焊材料，实现良好热膨胀系数匹配的钎焊。该技术对环境条件要求很低，可以实现在大气环境下的钎焊，适应性很强，效率很高。可代替传统的玻璃/陶瓷表面金属化后再钎焊的工艺，从而简化工艺流程，提高可靠性和生产效率。图 1 是与某航天科技集团共同研发的蓝宝石/Invar 合金红外窗口的超声波钎焊封装案例。蓝宝石厚度为 0.5mm，钎料带宽度 2mm，封装连接宽度为 2mm。蓝宝石/钎料、钎料/Invar 合金界面均结合牢固。气密试验通过率从以前的 80%左右提高到 95%以上。该技术可望应用于更多的电子器材封装、太阳能集热器制造、电池封装、发光器件、散热器件等。

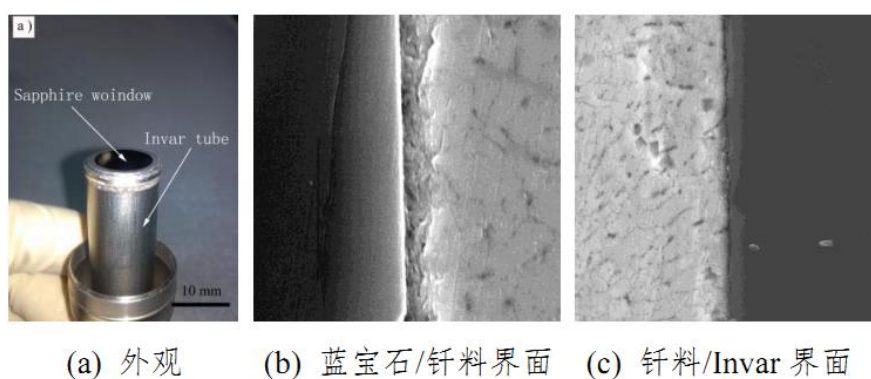


图 1. 某蓝宝石/Invar 合金红外窗口器件的封装

项目完成人：崔炜

新型耐磨焊接材料（焊条、焊剂、药芯焊丝）

所属领域：新材料

目前开发阶段：成熟技术

成果简介：

研制开发的拥有自主知识产权的新型耐磨焊接材料（焊条、焊剂、药芯焊丝等），分别有：



1、合金钢型系列

主要用于碳钢、低合金钢工程结构件的保养和修复。此系列的焊接材料具有良好的韧性、耐高温疲劳和耐磨性能。根据采用的焊接工艺参数和焊后热处理温度不同，洛氏硬度可达 HRC30~60。

2、马氏体不锈钢型系列

马氏体不锈钢型耐磨焊接材料，焊接层金属表面有优异耐冲蚀、耐金属间磨损性能，良好的抗冷、热疲劳性能。根据采用的焊接工艺参数和焊后热处理温度的不同，洛氏硬度可达 HRC30~60，可用于连铸辊、工作辊、除鳞辊、夹送辊、助卷辊、辊道、轴类和高炉料种密封面等工程结构件的制造、预保养和修复。

3、高铬铸铁型系列

高铬铸铁型耐磨焊接材料，其碳和合金元素含量较高，焊接层金属中有大量的共晶组织和初生碳化物 $M_{23}C_6$ 、 M_7C_3 等。用于耐磨粒磨损、承受较轻微冲击的磨煤辊、水泥挤压辊、磨渣辊的预保养、修复。焊接层金属有许多细小的横向裂纹，这是为了释放焊接内应力防止焊接金属大面积剥落，洛氏硬度为 HRC58~68。

4、高锰奥氏体型系列

高锰奥氏体钢型焊接材料，焊接层金属无磁性，并具有加工硬化的特性，堆焊层金属的洛氏硬度为 HRC5~15，在冲击载荷作用下，洛氏硬度大于 HRC38。主要用于受严重冲击载荷、中等到轻微磨料磨损工况条件下的结构件的预保养、修复。如碎石辊、锤头、铁路道岔和无磁辊的修复。

5、焊剂

研制生产的各类埋弧药芯焊丝配套焊剂。它们有良好的高温脱渣性能，焊道整齐，成形美观。与生产的埋弧药芯焊丝配套使用可确保修复产品的使用性能。

项目完成人：杨可

焊接结构的应力变形预测

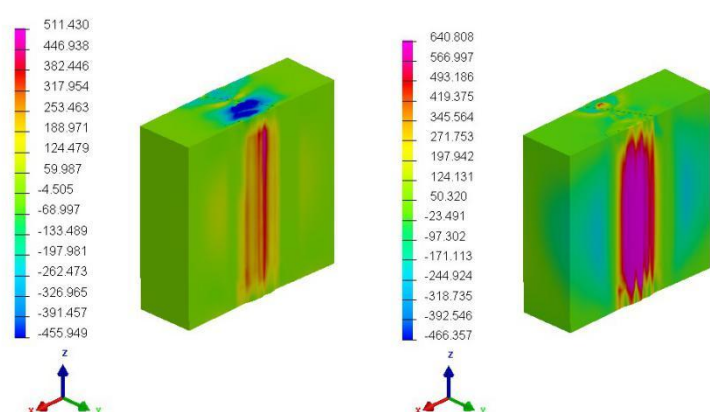
所属领域：材料加工

研究目的：

采用有限元分析软件，对焊接过程进行有限元分析，可以对复杂结构焊接残余应力和变形预测，对评估焊接工艺、焊接结构设计、焊接材料对焊件的使用性能的影响提供合理、有效、可靠的分析数据，为优化焊接工艺提供数据支撑。

成果简介：

(1) 激光热处理结构残余应力预测

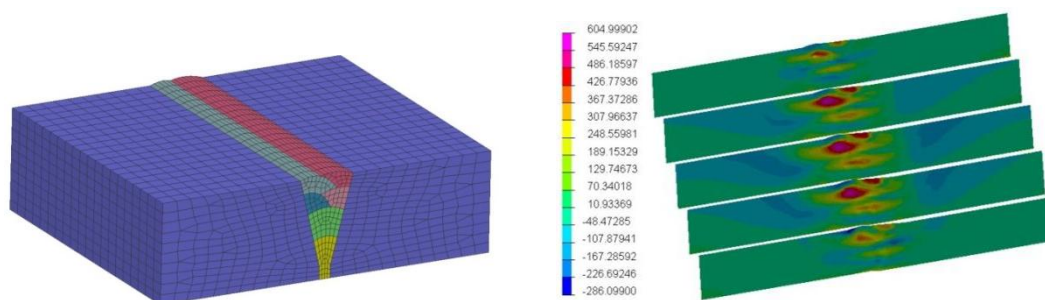


(a) 1000W 横向残余应力

(b) 1000W 纵向残余应力

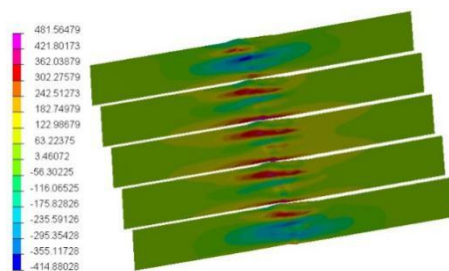
图 1 1000W 功率下 X180 管线钢焊接接头的残余应力分布

(2) 水下焊接结构的应力预测



(a) 水下焊接试样的有限元模型

(b) 纵向残余应力



(c) 横向残余应力

图2 湿法水下焊接结构的应力预测

(3) 风电塔筒焊接结构的应力变形预测

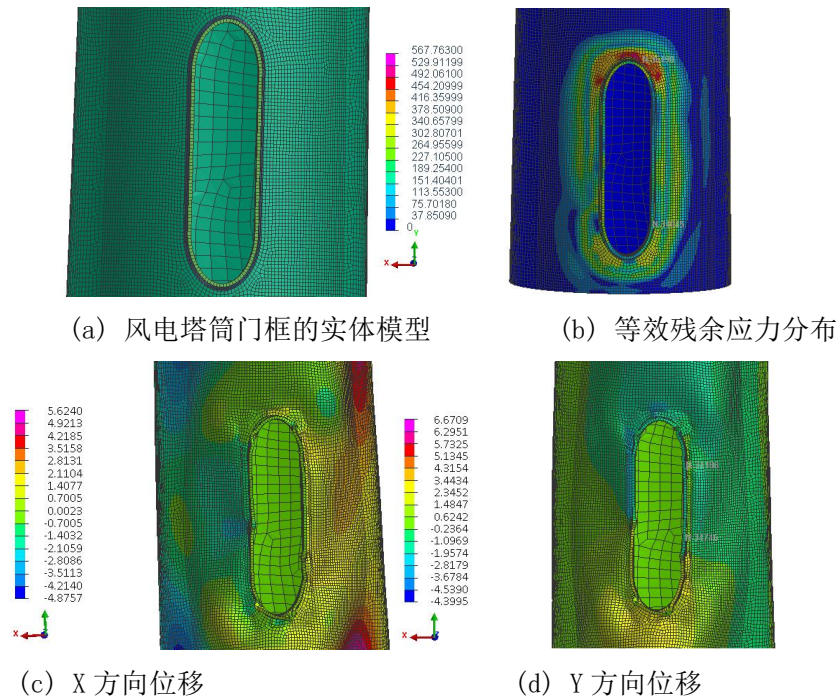


图3 风电塔筒门洞焊接应力变形分析

(4) 摩托车后平叉焊接应力分析

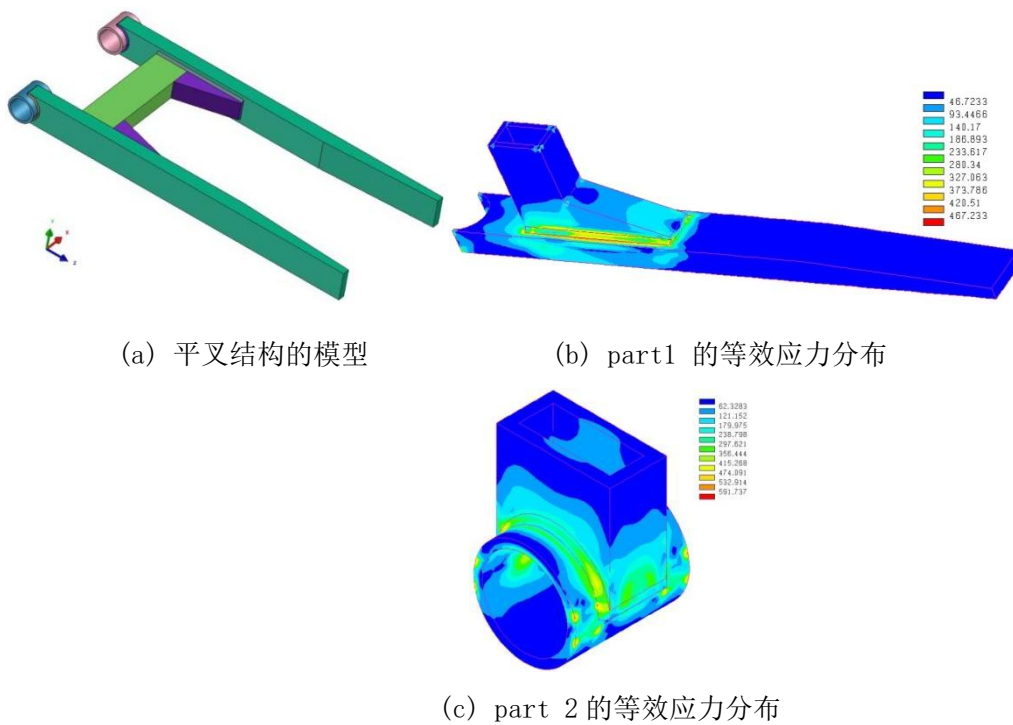


图4 摩托车后平叉焊接应力分析

项目完成人： 严春妍等

第五部分 医疗健康

人体平衡功能检测训练系统

所属领域：医疗健康

目前开发阶段：原型

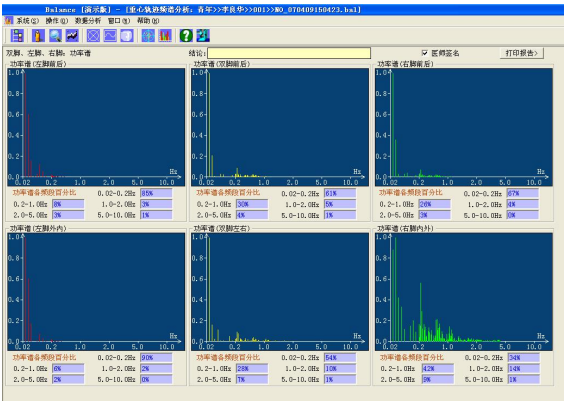
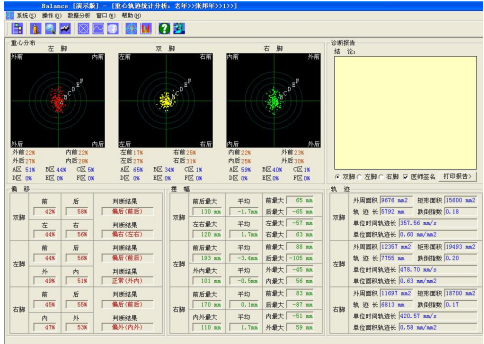
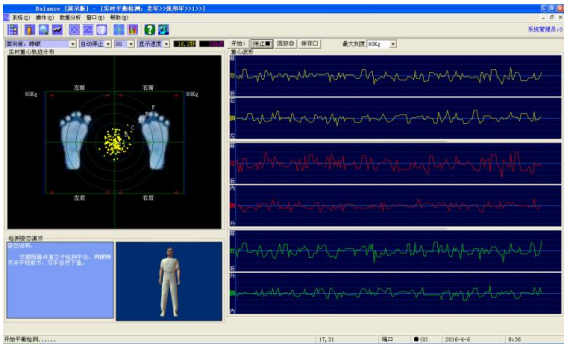
成果简介：

患者的平衡障碍因为缺乏科学的方法检测和评估而难以诊断、治疗。mtd-Balance 平衡功能检测训练系统采用当今先进的传感技术、电子技术、计算机科学和康复医学技术，通过对人体 8 种姿态

时的人体重心变化进行实时检测显示、分析，提供各种有关平衡功能的数据、曲线和图形，帮助医生对人体平衡功能异常的人进行分析、评估和判断。同时系统具备完善的训练系统，治疗师也可根据分析报告及时掌握患者的训练情况，及时调整训练方案。系统即有图形显示通过视觉反馈，又有采集数据后完善的分析功能，因此非常有利于患者自己进行平衡功能的矫正与训练。

平衡功能检测系统包括检测和训练两大部分。检测部分主要是对人体双脚重心（8 种姿态）变化进行采集、显示和存贮、分析，用于患者入院后的检测、分析和诊断，在治疗康复训练的各个疗程对患者平衡功能进行检测，疗效评估。训练部分用于患者在医生和治疗师的指导和帮助下主动的积极的进行平衡机能的训练和康复，逐步训练和提高坐立的活动能力。系统可满足不同病种及同一病种的各个不同的发展阶段进行检测和训练的需要，应用非常广泛。

系统采用自行设计的专用数据采集器，采用专用控制器高速采集数据并进行处理最后输出到上位计算机软件进行分析，检测精度高，性能稳定可靠，检测训练功能齐全。上位机数据分析及训练软件操作简便，数据分析功能强大，人机界面友好，并具有独特的背景音乐及语言提示功能，设计非常人性化。



项目完成人：史中权

低压离子驱动材料及腕式智能监测

所属领域：医疗健康

目前开发阶段：原型

成果简介：

本项目以医疗服务为目的，基于低压离子驱动材料开发一款腕式智能监测/给药装置，主要面向需要长期用药物的慢性病患者，根据治疗需求连续给药的同时，具有生理健康感应监测的功能。该产品如图 1 所示，主要由储药盒、微泵器件、生理感应装置、电源、控制和显示/传输系统组成。主要功能如下：

1) 根据要求输入给药曲线，控制系统产生数字脉冲电压驱动微泵器件，通过频率和控制单元数目来控制给药速度，这种给药控制方式具有设计简单和结构紧凑的特点。

2) 能够实时测量人体脉相、呼吸等节律和血压，作为日常生理健康监测和评价依据，同时也作为给药效应反馈和控制的参考。

3) 集成无线个人网络收发模块，传输健康指标和给药数据到个人智能设备终端，用于长期健康状态跟踪和治疗。

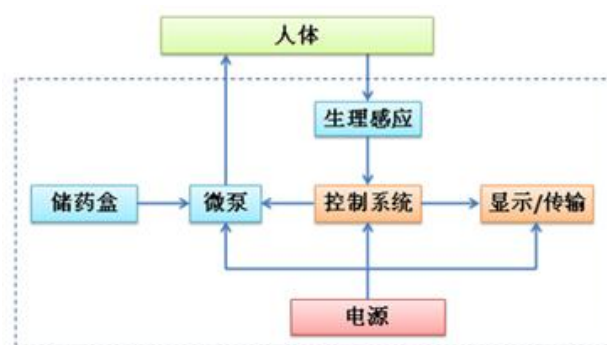


图 1 腕式智能监测/给药装置系统构成

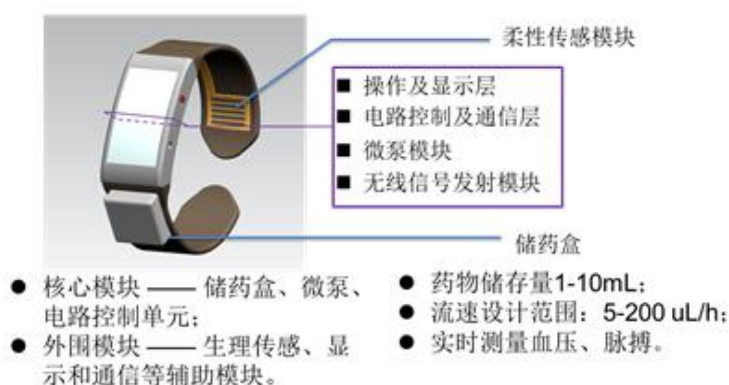


图 2 腕式装置产品结构图

项目完成人：王延杰

给药装置的研发与应用

所属领域：医疗健康

目前开发阶段：原型

成果简介：

低压离子驱动材料（ionic Electro-active Polymer, iEAP）的相关技术是本项目的核心技术。离子聚合物-金属复合材料（Ionic Polymer-Metal Composites, IPMC）是一种典型的低压离子驱动材料，该种材料是一种以聚合物电解质为基体的复合材料，内部含有可以移动的离子，与上下两片电极层形成三明治复合结构。在电场或者外力作用下，内部离子的运动迁移使材料整体产生力学或电学响应，如图 3 所示。通过大量的基础实验研究，本团队对 IPMC 材料的组成成分、形貌和对比对材料驱动性能和稳定性有充分研究了解，这些研究成果可用于指导材料的规模化量产工艺开发和生产。

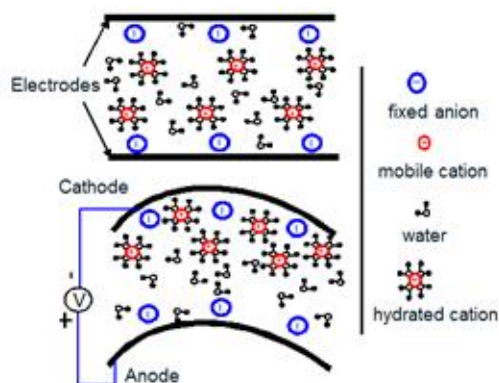


图 1 低压离子驱动材料的变形原理

本项目拟采用离子驱动材料为基础设计微泵元器件，能够克服传统驱动方式（超声电机、音圈马达、步进电机等）的能耗高、发热量大、结构复杂等缺点。

本项目已申请十余项国家发明专利，其中已授权 10 项。本项目开发的低压离子驱动材料及其器件产品，专注于医疗健康领域。到 2016 年十二五结束，我国医疗健康产业的规模预计将接近 3 万亿元，达全球第一。其中基于离子驱动材料的腕式智能监测/给药装置，仅仅在糖尿病的监测和治疗市场上规模就有 80 亿，市场容量巨大。另外，本项目具有很高的技术水平，不仅可以推动高校、研究所和医院研究发展，还可以带动药品研究生产行业的提升，同时也培养出一批专业人才。本项目具有显著的产业价值，能够大大提高我国医疗器械领域的技术水平，填补国内多项技术空白，并对我国先进材料及医疗装置的总体水平、提高用户舒适度、降低使用成本等方面做出杰出贡献。

项目完成人：王延杰

活细胞体外培养及动态激励与实时原位观测仪器

所属领域：生物医学智能仪器

研究目的：活细胞长时间体外培养、物质输送和原位实时动态观测

目前开发阶段：原型

成果简介：

本产品（原型）是一种面向企业或高校生物研发中心、医院中心实验室、交叉科学研究实验室的智能仪器。在与活细胞相关的试验中，该原型可对活细胞体外培养和原位实时观测、微液动态加载、电磁、应力加载等，能广泛应用于细胞分裂与迁移、细胞信号转导、蛋白质膜定位、药理毒理研究。

本原型实现了全闭环控制、开放式多模块协同工作且留有用户开放硬件与软件接口。本产品原型相对国外同类产品，在能够实现其相应功能的基础上，具有气路和传感模式优化、以及微量液气加载激励控制的成本更低之特点。产品原型已申请 2 项发明专利。本原型中采用了少量进口零部件，但在后续开发中可通过研发实现完全国产化，以进一步在保证性能的基础上优化成本。根据客户需求和配置的不同，单台成本在 2-10 万之间。



产品原型硬件部分（基本配置）

项目完成人：朱晓璐

智能助行机器人

所属领域：高端装备-机器人及增材制造装备

研究目的：智能助行机器人的功能在于协助行动功能障碍者进行恢复性训练或辅助老年人安全出行。

目前开发阶段：样机

成果简介：

当前，中国已步入深度老龄化社会。据民政部的统计数据显示，截止 2018 年全国老年人口已达到 2.5 亿，其中因各种原因所导致的行动功能障碍者约占到 40%左右。本项目所研发的智能助行机器人的功能在于协助行动功能障碍者进行恢复性训练或辅助老年人安全出行。该机器人既可感知使用者的意图并提供相应的动力或阻力，又可判断使用者发生意外的风险进而提供安全辅助保障。该产品突破了多项核心技术，

特别是在机器人的多传感器数据融合、人为意图识别和电机矢量控制等方面。鉴于智能助行机器人的功能，其市场定位在三个层面：1）专业的康复医院或机构（康复训练）；2）中高端养老院（助行或锻炼行走功能）；3）终端客户（居家恢复性训练或辅助老年人出行、购物等），未来该产品的市场规模应在千亿级以上。



项目完成人：张治国

哮喘智能辅助给药装置

所属领域：生物医药和新型医疗器械-新型医疗器械

研究目的：为不同的哮喘患者群体提供个性化的智能辅助给药技术，以提高药效，方便医生进行大数据的管理与分析，缓解患者的病痛。

目前开发阶段：样机

成果简介：

哮喘是一种呼吸道慢性疾病，临床表现为可变的呼吸气流受限，如不及时、合理地给药，将会导致支气管阻塞或挛缩，严重地会危及患者的生命。

中国现有哮喘患者近 5000 万人，2017 年国内抗哮喘药物市场规模达到 241 亿元。鉴于市场现有的抗哮喘给药装置均为进口产品，其设计更多考虑的是



外国人群的生理特征，且给药完全依靠患者个人的操作，因此导致疗效层次不齐，特别对于儿童、老年人、失能及半失能患者来讲。本团队目前已掌握针对国人不同人群给药策略的理论与实验分析技术，未来拟结合临床大数据，开发一款具有智能给药能力的装置，包括对患者发出听觉或视觉的用药提示、针对不同患者施加最优的给药策略、通过云平台与医生进行实时的数据分享等。预期合作企业包括阿斯利康、葛兰素史克等，若以 1000 元/台的售价预测，市场规模将在百亿以上。

项目完成人：张治国

下肢外骨骼康复机器人基于生物力学模型的人-机交互系统

所属领域：高端装备-机器人及增材制造

研究目的：为老年人、中风及偏瘫患者提供自主站立或辅助的运动训练，以实现患者腿部肌肉神经的重塑，及早回归正常的生活。

目前开发阶段：原型

成果简介：

据统计，我国脑卒中发病率约为 128/10 万，致残率约为 75%，且保持每年 300 万的新增病例。这些患者在急性期治疗之后，往往需要一个平台期的长期训练，以帮助实现神经的重塑。但目前医院的康复治疗师紧缺，从而导致康复治疗的覆盖面较小，高达 80%需要康复的人群得不到应有的及时治疗。因此，能够帮助患者站立并进行运动辅助训练的下肢外骨骼康复机器人将具有广阔的应用前景。但现有的外骨骼机器人在实际推广和使用中并不尽人意，主要原因除了售价过高之外，还有一个就是人-机交互系统的问题。外骨骼机器人实际上属于一种动态系统，其中人才是运动的重要部分，由于外骨骼与人体通过紧密接触而进行工作，因此无论对于主动或被动式外骨骼，人-机交互(HRI)系统才是至关重要的。HRI 包括设计仿真、机械设计、感测和驱动控制等，其中生物力学模拟是基础也是核心，只有建立合理的生物力学模型才能更好地理解人体运动和感觉机构的生物力学特性，才能结合机电一体化更好地实现 HRI 的现实物理系统。



项目完成人：张治国

便携式强制振荡呼吸功能检测仪

所属领域：生物医药和新型医疗器械-新型医疗器械

研究目的：为老年人、婴幼儿及残疾人群提供一种被动式的肺功能测试仪，该设备无需患者的高度配合即可获得可靠的测试结果。

目前开发阶段：样机

成果简介：

随着环境污染的日益加重以及 PM2.5 的不断爆表，呼吸类疾病已进入高发期。此外，今年年初爆发的新型冠状病毒攻击的也正是人体的呼吸系统，医学影像特征为肺部 CT 呈现双侧毛玻璃状，临床表现为干咳、呼吸困难等。《柳叶刀》的最新数据表明：我国 20 岁及以上人群哮喘患者总数高达 4570 万，但这些患者中超过 70% 的没有经过临床诊断；同时，我国现有慢阻肺 (COPD) 患者约 1 亿人，但仅有 9.7% 的患者之前接受过肺功能检查。因此，开发一种便携、高效、可广泛普及的肺功能诊断仪是摆在当前极为紧迫的任务。现行的肺功能测试仪体积庞大、售价高昂且需要受试者高度配合才能获得可靠的测试结果。因此，相关产品的推广普及，特别是针对老年人、婴幼儿、瘫痪及残疾人群的应用具有很大的局限性。本项目所提出的便携式强制振荡呼吸功能检测仪可以克服以上困难，无需受试者的特殊配合即可为呼吸道疾病的诊断提供量化的科学依据，尤其适用于上述行动不便人群，同时远程诊疗系统也可方便边远地区患者对相关疾病的诊断，做到早发现、早治疗，因此具有非常广阔的市场前景。

项目完成人：张治国

情感驱动上肢康复机器人

所属领域：智能机器人

研究目的：为存在上肢功能障碍的患者群体提供一种智能、柔顺的便携式康复训练设备，以缩短患者的康复周期，缓解康复医师人员不足的压力。

目前开发阶段：样机

成果简介：

本产品为桌面式上肢康复机器人，整体方案采用末端牵引式，机器人由上位机和下位机搭配共同使用，患者在上位机选择康复模式，共有主动、被动、助力、阻抗四种模式。

在主动模式下，患者主动控制自己的上肢进行运动。机器人主要监测和记录患者的运动轨迹、力量等数据，而不会提供任何动力辅助。通常用于患者具备一定的自主运动能力时，通过自主运动来加强肌肉力量和协调性。

在被动模式下，患者无需主动用力，机器人完全驱动患者的上肢进行运动。机器人会按照预设的运动轨迹和速度，带动患者的肢体进行活动。通常用于早期康复阶段。通过被动运动，保持关节的活动范围，防止肌肉萎缩和关节僵硬。

助力模式是一种混合模式，患者在尝试主动运动时，机器人会提供部分助力，以确保运动轨迹的完整性和正确性。助力模式能够帮助患者逐渐恢复肌力和控制力。

在阻抗模式下，机器人会根据患者施加的力量提供相应的“阻力”或“顺应”。当患者用力推动时，机器人会产生一定的阻力；当患者试图放松或回撤时，机器人会产生相应辅助力量。这种模式用于训练患者对力量的控制能力，增强肌肉和关节的功能。

本设计具有如下创新点：

（1）开发了基于情感计算的运动康复机器人交互方法，解决康复机器人构型优化、虚实融合仿真、多感知通道的认知机器人研发、虚实环境下的人机协同控制及多场景量化评估体系建立问题。针对不同康复训练模式和多种训练等级进行了实验，验证了通过人机互动调节康复训练模式或等级有效性。

（2）为实现上肢康复训练、力/力矩反馈及人机协调运动柔顺控制开发了运动康复机器人实验平台。

（3）针对多感知通道融合的情感识别与反馈技术进行了研究，开发了运动康复机器人实验平台。

（4）搭建了虚实混合的运动环境仿真平台，实现了多种日常生活场景的认知复现与情

感交互。



图 1. 样机

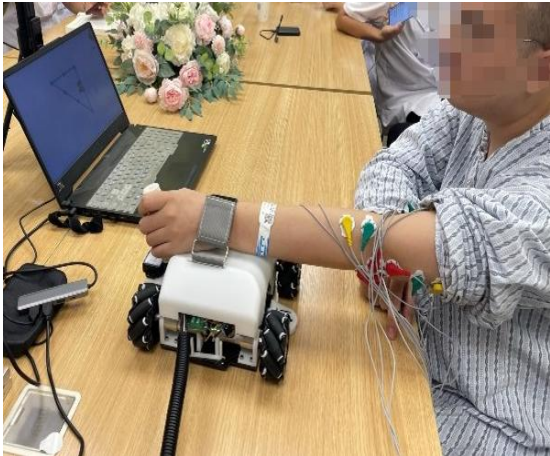


图 2. 康复训练

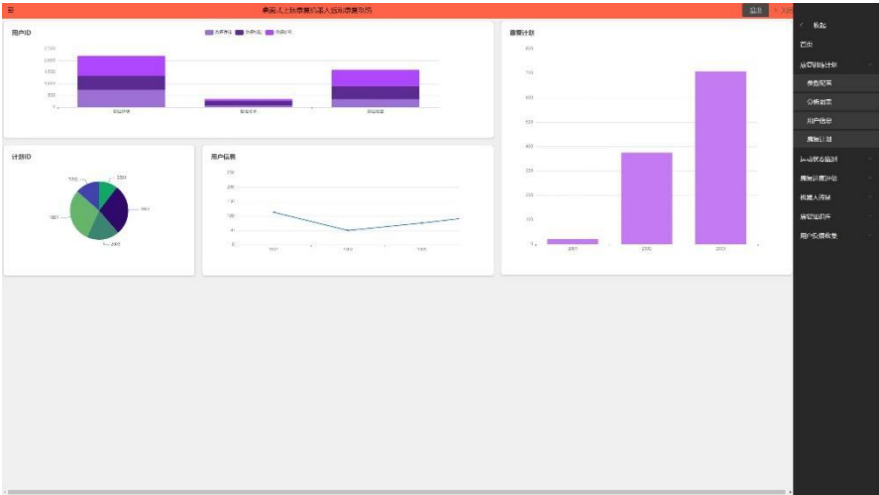


图 3. 上肢康复机器人上位机

项目完成人：徐林森

第六部分 电子信息

智慧城市大规模群集监测空气颗粒物与气溶胶的传感模型与系统

所属领域：电子信息

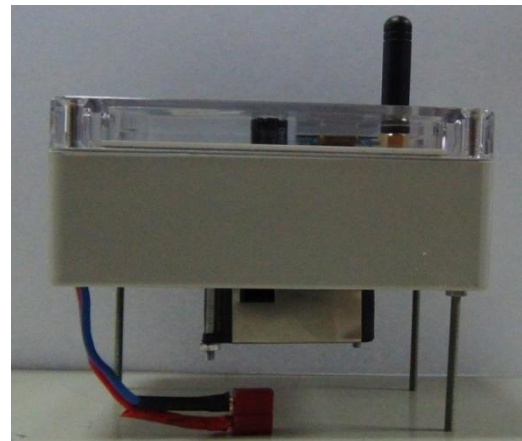
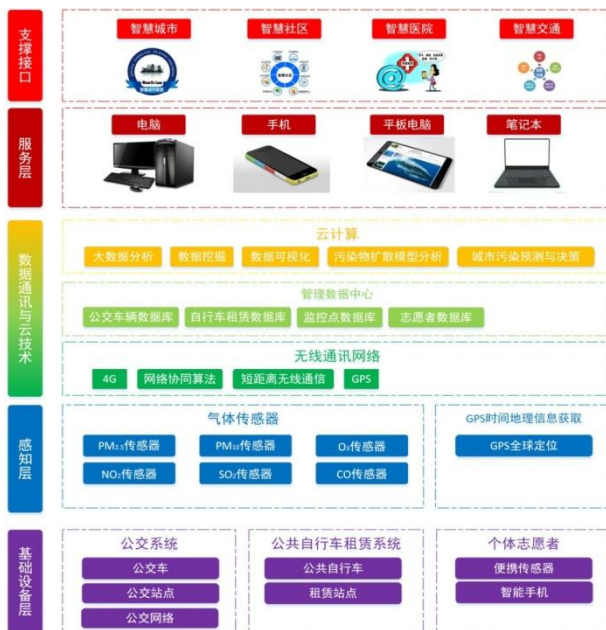
成果简介：

充分利用低成本传感器和公共交通网络，构建大规模、全覆盖、实时响应的空气质量监测模式，与移动互联网相结合，构建一套低成本、大规模、实时空气质量监测平台。包括低精度感知技术与专业监测技术的融合补充模式、公益事业的大众参与机制建设、应用技术与前沿研究相融合的创新模式。通过大数据分析，为治理和控制空气质量污染提供数据支撑和科学依据，为智慧交通和智慧城市提供基于空气质量的信息服务系统。

技术水平：整体达到国际先进水平。拥有实用新型专利 2 项，发明专利 1 项。

合作情况：与徐州贾汪区、常州市环境监测中心合作。

预期效益：通过平台汇集精细尺度上的数据，以数据服务和附加社会互动等功能获得经济效益。项目在环保以及科普方面具有重大社会效益。希望与从事智慧城市、互联网信息服务的公司合作。



项目完成人：刘小峰

水下通信网络的联合时钟同步与差错控制技术

所属领域：电子信息

成果简介：

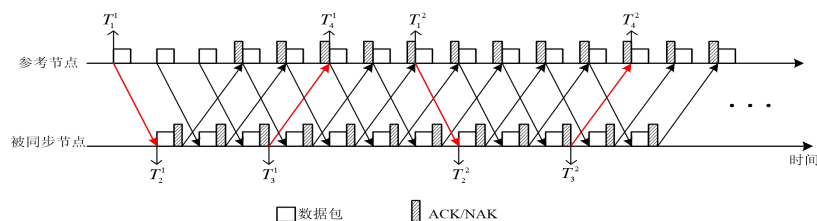
通信网络中节点的定位、数据链路层的控制，以及数据挖掘，都依赖于时钟同步技术。在传感器网络中，时钟同步精度主要由信息传输延迟的精度决定的，通常由 6 个部分所构成。不同于无线传感器网络，水声通信网络具有如下特性：

- 1) 传播时延长，在水中，声速仅为 1500m/s，比电磁波慢 5 个数量级；
- 2) 有效带宽很窄，只有几 K 到几十 K；
- 3) 受多径干扰、多普勒飘逸等影响，信道的误码率很高；
- 4) 水声网络的拓扑结构通常是动态的，这是由于海风和洋流的作用，以及部分节点（如 AUV）的运动引起的。因此，水声通信网络中的时钟同步算法研究比传统的无线传感网络中的研究更复杂，更具挑战性。

目前国内外的水声网络同步技术，都依赖于单独发起一个时钟同步流程，不仅消耗了大量的能量，而且引起了更大的网络时延，降低了整个水声通信网络的 QoS。

而联合时钟同步与差错控制技术，在无需单独发起时钟同步流程的前提下，巧妙地利用双向数据传输，既将差错控制技术嵌入到数据传输中，又实现了水下时钟同步，从而大大提高了水声通信系统的性能。

系统构成：水声通信网络中的参考节点通过海面浮标，经 GPS 已经被时钟同步，具有精准的标准时间。而被同步节点与标准时间之间具有误差，可以概括为频偏和相偏所造成的，因此需要被参考节点进行同步，如图-1 所示。



主要技术特征：1) 消除了因单独发起时钟同步流程而引起的能量消耗；

2) 降低了因单独发起时钟同步流程而产生的端对端的巨大时延，提高了网络的 QoS

应用：用于海洋勘探、海洋气候的预报、水下目标检测等水声通信网络中

项目完成人：高明生

基于语义参数的个性化接骨板快速设计系统

所属领域：电子信息

成果简介：

本系统利用语义参数和特征技术实现对接骨板的个性化设计和分析，系统包括骨骼模型的重构、层次参数定义与特征的表示。系统突破了传统三维成熟技术软件从底层进行几何设计的局限性，转向为从语义层定义特定目标，封装了细节几何操作，以便于设计者能够从高层语义实现接骨板的修改、重用和移植，有效提供接骨板个性化设计的效率与质量。

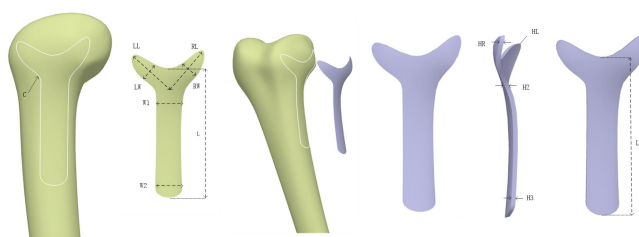


图 1. 一种股骨接骨板的语义参数定义与设计

利用曲面特征技术与成熟技术软件集成技术处理三维图形，系统基于含有统计信息的平均化点云模型构建骨骼曲面特征模型，并对其进行参数表示生成骨骼特征模型；以特征线为中心构建接骨板，并对其进行语义参数配置；建立骨骼特征模型与接骨板特征之间的映射关系，实现不同层次参数直观编辑修改。在接骨板设计上，具有理论上的创新性，并开发了一套个性化和系列化设计的原型系统，如图 2 所示。

本成果可以快速设计出符合患骨的个性化接骨板，减少术中接骨板调整、塑形等复杂操作，对提高接骨板设计的质量和效率有着重要意义。

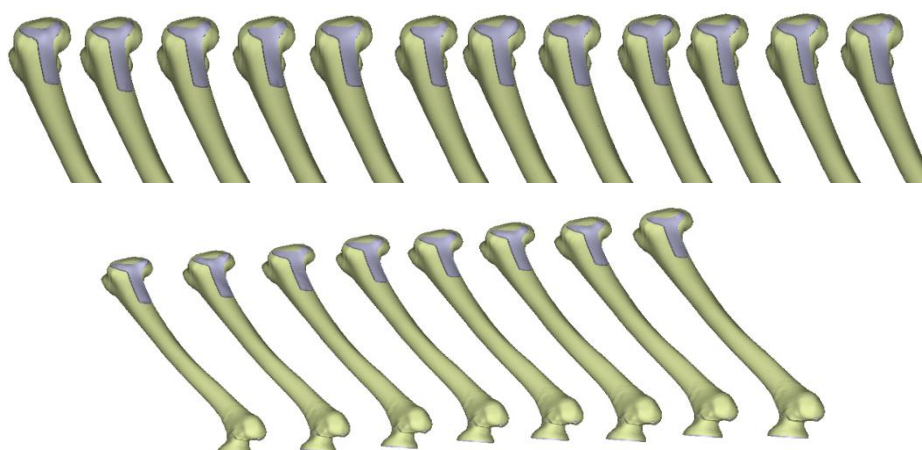


图 2. 通过简单直观操作，实现不同大小与厚度的接骨板设计

本系统已受理 10 多项国家发明专利

项目完成人：何坤金

基于虹膜识别技术的危险化学品仓储门禁及信息化管理

所属领域：电子信息

成果简介：

融合虹膜生物识别技术、物联网技术和多米诺效应风险评估技术于一体，多学科交叉，集成创新。将虹膜生物识别技术应用于门禁控制系统，具有非接触式身份采集，不易伪造、简单方便，无需动手、快速准确等优势，提高了化工危险品仓储系统门禁身份认证的精度和可靠性。运用物联网技术实现对采集信息自动感知、无线传输、智能信息处理、手机 APP 查询管理等功能，提升了化工危险品仓储安全的智能化和精细化管理水平。运用多米诺效应风险评估技术，规避化工危险品事故产生的多米诺效应的安全风险，为预警和控制重大事故以及连锁事故的发生提供信息和决策支持。

主要技术特征

危险化学品仓储虹膜身份识别门禁控制；

基于 RFID 标签的出入库门禁管理；

化学品库存信息化管理；

服务器多终端服务；

仓库环境参数检测（温度、湿度、烟雾等）与报警；

6、风险管理与预警

系统结构图



项目完成人：江冰

基于智能图像识别的笔迹鉴伪系统

所属领域：电子信息

成果简介：

本成果主要以中文手写字符笔迹为鉴伪目标，运用智能图像处理与识别技术完成手写笔迹的尺寸标定、特征分析和笔迹鉴伪工作。针对不同的生活应用场景和鉴伪目标，分别提出了与内容相关、与内容无关的笔迹鉴伪方法。该项目技术处于国内领先水平，在解决多种应用场景中的笔迹鉴伪问题上，有了进一步的创新和改进，系统鉴伪准确率高，实时性好。

目前，我国的笔迹鉴伪工作还主要依靠传统的人工笔迹鉴伪方法，根据个人对笔迹特点的理解和分析进行比较和综合评判，通过人的主观意识进行判别分析，得出鉴伪结论。这种经验型方法在检验时间、主客观方面存在很大缺陷，并且在鉴伪过程中，不同的鉴伪部门缺乏相互配合机制，鉴伪人员资格认定标准不规范、鉴伪水平参差不齐等等都会对鉴伪结果造成负面影响。本项目利用智能图像处理与识别技术，通过图像采集、图像信息处理设备对手写笔迹的图像进行特征分析，与已有的数据库信息进行匹配，实时地输出笔迹鉴伪结果。针对与内容相关的笔迹鉴伪问题，发明了一种基于图像特征融合的签名鉴伪子系统，该系统应用场景主要为行政单位、银行等需要实时完成签名鉴伪的工作机构，其特点是实时、方便、快捷；针对与内容无关的笔迹鉴伪问题，发明了一种基于笔画曲率检测的笔迹鉴伪子系统，该系统的应用场景主要为法院、公安机关等需要实时完成笔迹鉴伪的工作机构，其特点是实时、规范、客观。

本项目采用先进的智能图像处理与识别技术，使本项目在国内外的竞争中具有明显的优势。利用该系统可以进行多种场景的笔迹鉴伪工作，鉴伪结果客观真实，鉴伪速度快，不仅笔迹校验人员有一定程度的解放，而且笔迹鉴伪过程不受工作环境、精神疲劳等因素的影响，进而保证了鉴伪工作的持续有效性。该笔迹鉴伪系统应用范围广，适应性强，稳定性好，操作难度小，可以为企业和政府机构节省大量的人力物力，在迅速打击违法犯罪、维护社会安定团结方面能够发挥积极的作用，具有显著的经济和社会效益。

项目完成人：李庆武

幼儿研术交互游戏课程平台系统

所属领域：电子信息

成果简介：

实现研术交互游戏课程平台系统的设计与开发，满足交互游戏课程平台系统的运行要求（幼儿学习游戏的运行与信息反馈评价）

一、系统构成：

按照系统实现方式，整个系统分为游戏子系统、Web 管理子系统。平台系统分为以下部分：1 游戏模块-儿童游戏端（儿童进入游戏）；2 游戏模块-家长端（家长进入查看儿童信息及评价）；3 游戏平台管理模块-教师端及管理端（教师对儿童信息数据的管理，及管理员对游戏以及数据的更新及维护）。



二、主要技术特征：

将虚拟社区和幼儿游戏化学习和活动有机结合起来。虚拟社区中的“E-play（易培）幼儿乐园”的学习和活动依据幼儿教育的“五大领域”的内容进行整合和拓展设计，为幼儿提供虚拟的学习和活动空间。基于“E-play（易培）幼儿乐园”，组织幼儿开展游戏活动，对于幼儿教师来讲，也是一种工作创新的。

三、知识产权：

已经申请若干与幼儿游戏与虚拟现实相关的专利。

四、应用：

目前已经常州市勤业幼儿园实际应用。

项目完成人：吕嘉

增强型机动车灯光示警装置及方法

所属领域：电子信息

成果简介：

机动车之间常通过鸣笛或晃闪大灯的方式示警。鸣笛方式不可避免地产生环境噪声，而且难以穿透密闭的车体；晃闪大灯示警解决了噪声问题，但效果取决于环境光线和两车距离。本成果采用光电技术，克服了传统示警方式的不足，实现了机动车无噪声有效示警。

一、系统构成：

本系统由光电传感器、信号识别装置以及示警装置组成。

二、主要技术特征：

光电传感器提取光线变化信号，通过信号识别装置对示警信号进行识别，然后通过示警装置显示。

项目完成人：杨启文

自动灌装桶的加注口快速视觉定位方法

所属领域：电子信息

成果简介：

在石油、化工、医疗、饮料等生产领域中，桶装液体的灌装非常普遍。对于盛装汽油、柴油等化工液体的偏心口容器，加注口的定位问题严重制约着灌装过程的自动化。人工定位方式既影响生产效率，又会因灌装渗透能力较强剧毒液体如枝椒油、TDA、氰化钠、氢氟酸等，危害操作人员的身体健康。采用加注口视觉自动定位则可以解决上述问题。

一、系统构成：

本系统由摄像头、三个步进电机及相关传动装置组成，三个步进电机控制加注枪及摄像头实现三维空间移动，摄像头获取加注口周边图像信息，由微处理器计算加注口中心位置。

二、主要技术特征：

采用仿生学技术计算加注口中心位置，计算速度快，对加注口形状没有限制。

项目完成人：杨启文

高精度、大量程光伏组件（阵列）IV 测量终端

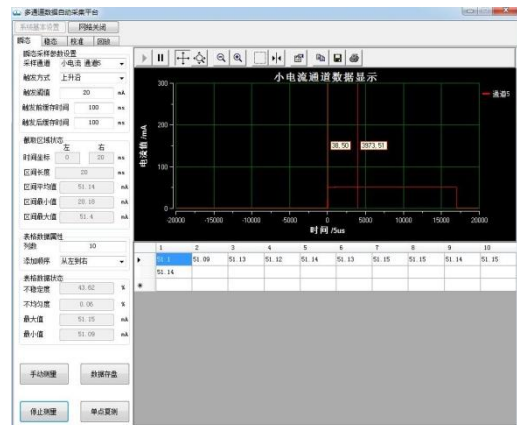
所属领域：电子信息

成果简介：

本项目可完成 16 通道直流电流值的采集，具体包括 8 路 0-20A 直流电流值采集和 8 路 0-300mA 直流电流值采集；采用 FPGA 作为系统控制核心，完成数据采集、系统控制以及数据传输；数据传输采用 UDP 协议，传输介质为双绞线，可升级为光缆；数据采集采用同步采集方式，多通道间具有较高的幅相一致性；良好的人机交互界面，可根据实际业务需求，进行二次开发。

项目技术指标：

- 规格：210 * 130 * 35 mm
- 电源：DC 5V/2A
- 采样频率：200kHz
- 通道数量：16 通道
- 测量范围：8 通道 DC 0-20A；8 通道 DC 0-300mA
- 测量方式：单通道采集/多通道异步采集/多通道同步采集
- AD 分辨率：16 位
- 接口：
 - DC 0-20A：BNC
 - DC 0-300mA：LEMO
 - 数据传输：RJ45 插座
 - 电源：USB-A 型母口
- 上位机软件功能
 - 波形捕获分析：单次手动捕获分析；多次自动捕获分析。
 - 定时数据采集：设置采样点数、采样间隔进行自动定时数据采集。
 - 通道校准。
 - 数据回放，
 - 数据存盘：可按照 Excel 模板格式进行存储。



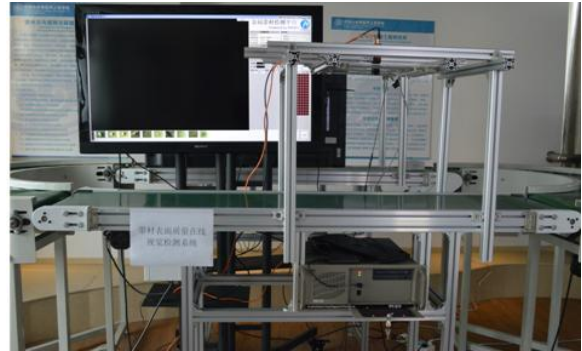
项目完成人：张学武

基于机器视觉的带材表面缺陷检测系统

所属领域：电子信息

成果简介：

系统针对金属带材表面缺陷检测的应用需求，共划分为光学成像子系统、图像实时采集子系统、图像处理子系统以及数据管理子系统这四大部分。检测系统以网络为基础，除触发信号、脉冲信号等少量信号外，系统内部统一使用网络方式通信，网络化的系统结构保证了系统拥有充分的灵活性。



（1）光学成像子系统

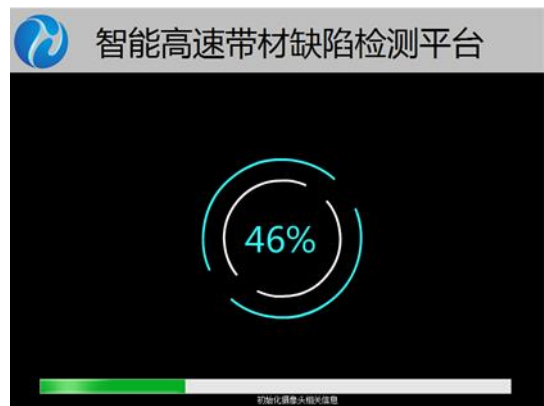
由光源和摄像头两部分组成，光源包括光源本身及其控制器，摄像头包括滤光片和镜头；

（2）图像采集子系统

用于产生触发信号，由光电编码器、光电开关和同步控制电路组成，用于控制同步采集图像；

（3）实时处理子系统

用于分析实时采集的金属带材表面图像，主要由嵌入式预处理单元和图像处理服务器构成，实现实时金属带材表面图像的缺陷检测任务；



（4）数据管理子系统

由网络存储服务器（NAS）与数据库服务器构成，用于存储和管理实时处理子系统产生的数据。

采用传送带包裹金属带材的方式模拟生产线带材经过光学成像子系统的过程，其性能如下：

- （1）宽度：传送带宽度 40cm，金属带材宽度不小于 300mm；
- （2）速度：传送带最高运动速度为 40cm/s，实际检测最高速度大于 3m/s；
- （3）精度：能够有效检测出小于 的缺陷；
- （4）检出率与识别率：设计系统缺陷检出率高于 95%，识别率高于 90%。

项目完成人：张学武

基于图像处理的皮肤健康在线分析系统

所属领域：电子信息

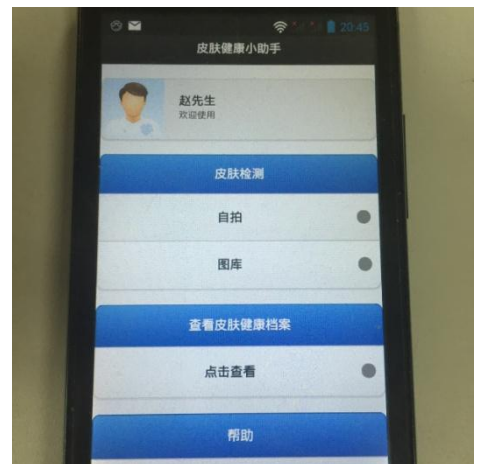
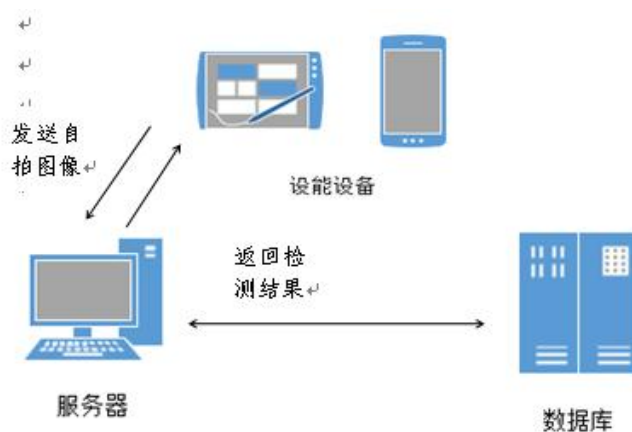
成果简介：

本项目以设计一种使用简单的皮肤健康检测系统为目标。系统由客户端和服务端组成。客户端利用 html5+css+js 开发设计一款能够在多平台使用的应用软件。用户通过软件向服务器发送自拍作为皮肤数据源。服务器由 php+mysql 搭建，服务器通过对图像进行数字图像处理操作，提取自拍照中的皮肤健康信息，并将结果返回至客户端显示。

数字图像处理算法以 opencv 图像处理库为平台，构建一套包括：预处理，分割，计算等完整的图像处理流程。利用国内外先进算法对人脸图像分割，光泽评判和美白评判进行处理；利用机器学习的方式，使用 Bp 神经网络对色斑和皱纹进行评判。

项目技术指标：

- 自拍照内存：10M
- 人脸查找准确率：95%
- 检测指标：皱纹、色斑、光泽、美白
- 检测准确率：85%
- 应用安装包大小： 5M
- 响应时间：5S
- 并行用户：200 人



项目完成人：张学武

编程电机控制器

所属领域：电子信息

成果简介：

一、主要功能

1.1 开关量的输入输出。开关量是控制系统中最基本的控制状态量，控制器能够检测 10 路开关量的输入，所有输入信号进行光电隔离。控制器能够输出 6 路占空比编程调节的 PWM 信号、2 路 CMOS 控制信号，2 路 1A 电磁铁驱动信号。

1.2 模拟量的检测。针对实际应用需求，控制器的模拟量检测部分分为高速与低速两个部分，高速部分进行快速高精度检测，采样速度大于 100KHz，采样精度 16 位，低速部分采样速度大于 2KHz，采样精度 12 位。

1.3 基于旋转变压器和编码器的电机运行状态检测

控制器可以输入一组三相 TTL 电平正交编码信号，同时加入旋转变压器驱动电路，可以输出旋转变压器驱动信号，同时处理一路旋转变压器信号可以通过旋转变压器来检测电机的转动方向、速度以及当前所处角度。



1.4 CAN 通信。CAN 通信时工业控制中运用广泛的一种通信方式，控制器中使用了 CAN2.0 接口，CAN 接口与主控制器之间采用电磁隔离，可以适用于不同的工业控制环境。

1.5 IGBT 设备驱动。IGBT 设备是电机控制系统中的主要驱动设备，控制器提供 IGBT 信号驱动接口，通过 IGBT 设备进行电机的控制。

二、系统特色及创新点

基于 DSP 平台，充分利用 DSP 的强大数据处理能力，设计了集各种环境变量检测和电机控制于一体的可编程电机控制器，控制器提供了较为丰富的硬件接口，方便软件功能的扩展和控制算法的设计。控制器具备工业通讯接口，可以与其他控制设备互联互通，及时查看和监测控制器状态。控制器针对工业应用环境进行了特别的设计，所有的通讯接口、开关量输入输出接口、模拟量采集接口等均使用了光电或电磁隔离，电源部分使用工业隔离电源模块，部分电路进行特殊保护设计，尽量避免工业环境对控制器造成影响。

项目完成人：张学武

三维合成孔径声呐成像系统

所属领域：电子信息

成果简介：

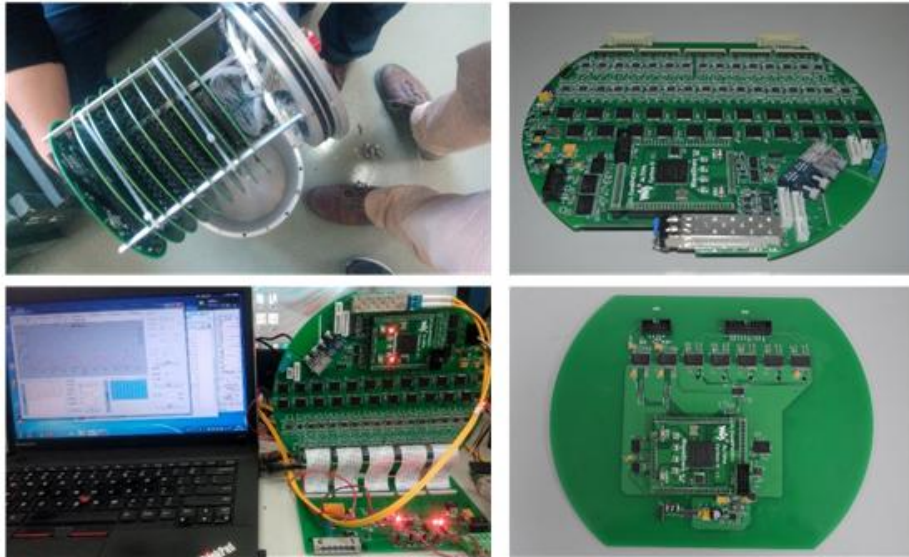
系统主要由四个部分组成：湿端组件（拖体）、拖曳系统、信号处理机和控制台，各组成部分之间通过千兆以太网进行通信，协同完成超声波信号的发射、接收、声数据处理、和声图像的成像功能。控制命令由干端显控台发出，通过光纤传输到湿端组件，湿端数据采集传输和控制中心通过串口与传感器进行通信；采集获得的声数据通过光纤发送到显控台进行处理。

数据采集传输和控制中心的硬件平台包含两块数据采集传输模块和一块控制中心模块。数据采集板与接收机共用一个水密电子舱；控制中心板与系统电源共用一个水密电子舱。

主要技术指标

本三维合成孔径声呐成像系统具有数据采集、传输与控制功能，其主要技术指标如下：

- (1) 同步触发信号最高支持 256 路 16bit AD 同步采样，采样频率等于 100kHz。
- (2) AD 采集差分输入，输入信号动态范围-1.625~1.625V。输出通道幅度不一致性小于 1dB，相位不一致性小于 3 度，通道噪声小于 1mV(有效值)。
- (3) 传感器数据、控制命令与 AD 采集数据通过千兆以太网信号经控制中心电光转换后，进行单模光纤传输。
- (4) 湿端数据采集传输模块为+5.7V 直流电源供电，每个模块电流 4A，电源输出纹波峰峰值电压 $\leq 100\text{mV}$ 。
- (5) 数据采集功能分为两块电路板完成，每块电路板完成 128 通道数据采集，通过母板与接收机连接，每块板配置温度传感器芯片。
- (6) 通过串口接收信号采集板转发的显控台控制命令，进行命令解析和分包，再通过各串口分别发送各种对应的控制命令和设置参数给控制电机和各个传感器。
- (7) 提供 3 路线性调频脉冲信号的发射信号源，DA 频率大于 200kHz。信号形式：1 路 15kHz-30kHz 正调频脉冲；1 路 6kHz-15kHz 正调频脉冲；1 路 6kHz-15kHz 正调频脉冲或 15kHz-6kHz 反调频脉冲。信号幅度 3.3V, 1.65V, 0.825V, 0.4125V 可调，脉冲宽度 5ms, 10ms, 20ms 可调。
- (8) 数据传输总数据率 256 路*100kHz * 16bit =409.6Mbit/s, 分两路传输。



项目完成人：张学武

基于一二次深度融合的自感知开关柜关键技术

所属领域： 电子信息-智能电网

成果简介:

本成果涉及一种基于一二次深度融合的自感知开关柜关键技术，开关柜一键顺控、在线测温、机械特性、气体泄漏、局部放电等是对开关柜控制、运行状态实时监视的要求，是实现开关设备泛在电力物联的关键点，通过加装智能感知元件，实现开关柜运行状态的实时监视，包括隔室的视频监控、手车位置、触头温升、电缆接头温升、机械特性监测及局部放电监测，采用边缘计算装置实现就地信息的多产量联合分析与预警。在国网的泛在物联网网络层、应用层平台实现对开关设备在线监测数据、带电检测数据以及全寿命周期其他数据的远程接入和管理，通过大数据人及工智能技术为客户提供设备实时监测、健康状态诊断分析和运行风险评估等服务，并通过预警和前瞻性维护降低设备故障率，及时发现设备潜在缺陷，保障电网的安全可靠运行，从而构建开关柜智能感知生态系统。

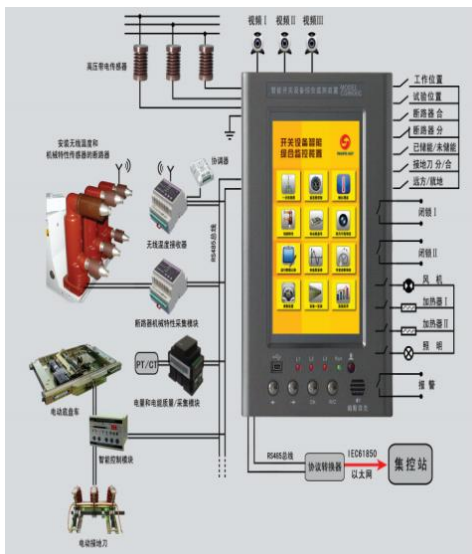


图 1 智能监测组件



图 2 基于一二次深度融合的自感知开关柜

实现功能:

1) 一次模拟图动态显示 2) 红外人体感应传感器控制液晶屏; 3) 柜内温湿度监测; 4) 柜内风机控制; 5) 柜内加热控制; 6) 柜内照明控制; 7) 带电显示及闭锁输出; 8) 电量及电能质量监测; 9) 触头及母排接点温升监测; 10) 断路器机械特性监测; 11) 电动底盘车及电动地刀控制; 12) 手机远程同步浏览; 13) 视频监控; 14) 黑匣子存储; 15) 专家分析及决策; 16) RS485 通信接口、以太网接口。

项目完成人：张金波

断路器触头及母线连接点温升在线监测关键技术

所属领域：电子信息-智能电网

成果简介：

本成果涉及一种断路器触头及母线连接点温升在线监测关键技术，利用窄截面小 CT 取电技术，解决了触头实时温度在线监测供电难题，启动电流小于 5A，最大工作电流可达 2000A；利用无线射频技术将高压端温度测量数据向低压端传递，解决了高低压物理隔离难题；适合多种应用场合的多种安装方式的断路器触头温度传感器。



图 1 测温传感器



图 2 测温传感器现场安装图



图 3 断路器智能触壁



图 4 套筒式安装测温传感器

技术指标：

- 1) 小 CT 取电，无需外部供电，启动电流小于 5A；
- 2) 无线射频发送，频率 433MHz；
- 3) 发送距离：大于 30 米；
- 4) 功耗小于：10mw。

项目完成人：张金波

断路器机械特性在线检测关键技术

所属领域：电子信息-智能电网

成果简介：

本成果涉及一种断路器机械特性在线检测关键技术，断路器触头及母线连接点温升在线监测关键技术，基于位移传感技术和电流传感技术的断路器机械特性在线监测方法，可以解决断路器油脂凝固造成机构卡涩、分合闸速度降低、线圈烧毁等故障及时发现。

(1) 利用直线位移传感器或旋转式位移传感器或非接触式电磁式位移传感器，解决断路器总行程、平均分合闸速度在线监测难题。

(2) 利用 2 个霍尔传感器分别监测分合闸储能弹簧驱动电机线圈电流及监测分合闸控制电磁铁线圈电流，判断操作机构是否存在卡涩、线圈断线等故障在线监测难题。

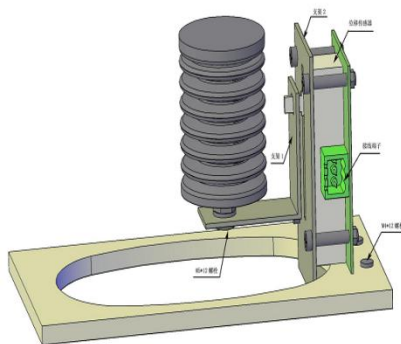


图 1 直线位移传感器



图 2 直线位移传感器安装方式

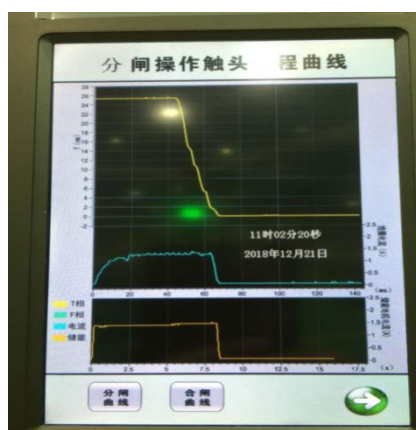


图 3 机械特性在线监测曲线图



图 4 分合闸操作行程数据表

项目完成人：张金波

电缆终端温升在线监测关键技术

所属领域：电子信息-智能电网

成果简介：

高压充气开关柜和高压电缆分支箱等电力设备，其输出电缆一般采用绝缘套管和肘型、T 型插头等电缆终端连接而成，连接时如果由于安装等问题引起接触电阻过大，连接点的导电体会发热，由于绝缘体内部的铜导体处于高电压端，其发热状况又不能采用传统的接触或非接触的温度传感器来进行检测。

本技术通过测量电缆终端表面温度而根据内外温度梯度的关系间接测量电缆终端内部温度的方法。使用时在每个电缆头终端发热部位的外表层捆扎上一个表带式测温传感器，测温传感器罩壳内填充保温材料。通过测量电缆终端保温点和环境温度的差值得到预先由实验测定的补偿数据，用这种方式间接得到的电缆终端内部铜导体的发热温度。

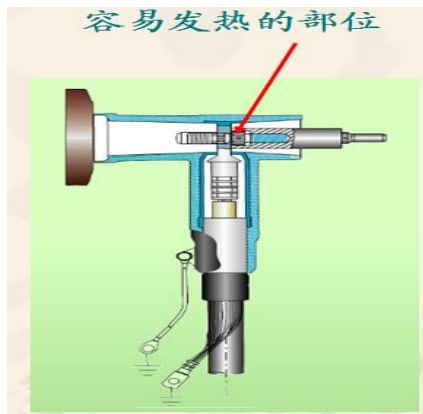


图 1 容易发热部位原理图



图 2 无线式测温传感器实际安装方式

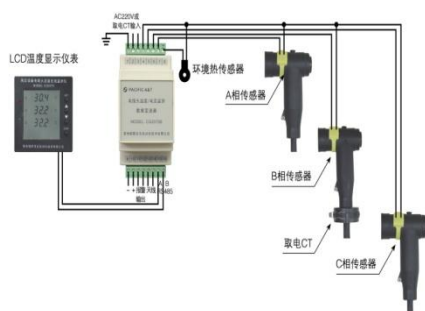


图 3 有线式测温传感器实际安装方式



图 4 环网柜测温现场安装图

项目完成人：张金波