



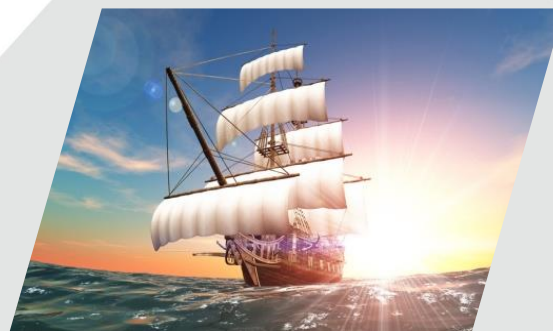
能源與動力工程學院

SCHOOL OF ENERGY AND POWER ENGINEERING

科研成果

ACHIEVEMENTS IN SCIENTIFIC RESEARCH

2023年7月





科研成果

低碳节能领域

多能互补太阳能
光热清洁供暖

低品位余热回
收及综合利用
技术

大规模储能技术

流态化制备煤
基活性炭技术

锂离子电池高负
载量电极材料

甲醇催化裂解
内燃机余热回
收器

多刺激响应光谱选
择性调控智能窗

CO₂ 高效固定及在
锂/钠电中的低成
本应用

石油焦基钠离子
电池电极材料



多能互补太阳能光热清洁供暖

项目简介

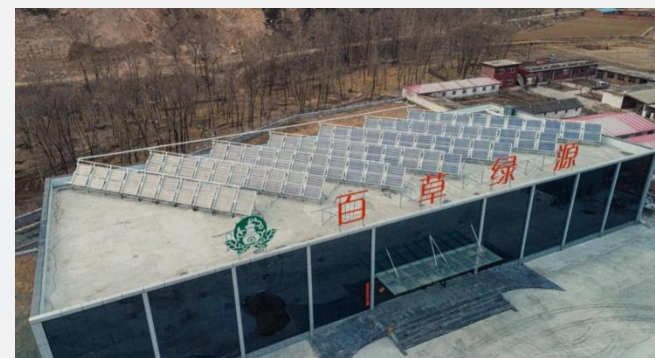
- 太阳能聚光与集热
- 光热供暖与发电
- 光热-光伏联合储能

应用领域

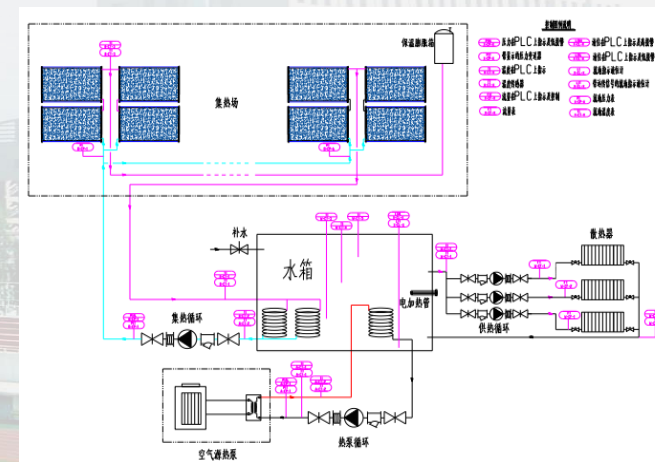
- 槽式、碟式、线性菲涅尔式和CPC式聚光反射镜研制以及定日镜场布置等
- 储热技术研究、储释热单元、供暖系统设计、供暖项目推广
- 高温储热材料、新型太阳能光伏材料与组件、开发或优化太阳能光伏发电装备、光伏和光热一体化系统和设备

市场前景

- 太阳能光热利用系统集成的成套技术研发、稳定中试与工业示范。



山西省首例太阳能光热供暖项目—忻州耿镇



基于相变储热的多能互补型光热供暖系统集成





低品位余热回收及综合利用技术

项目简介

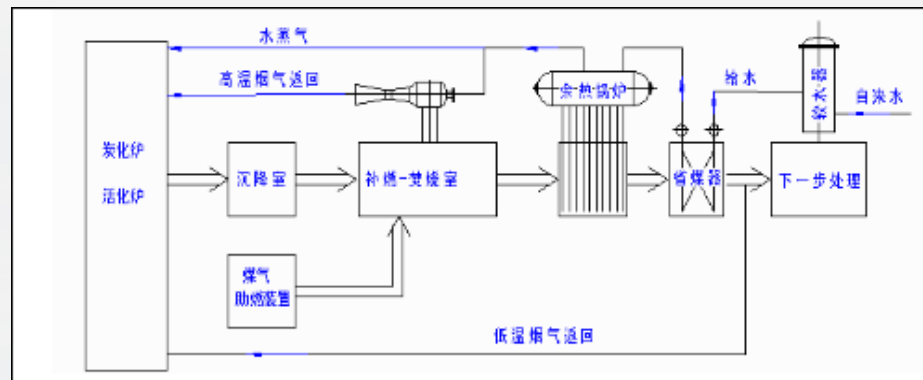
- 热力发电、石化冶金、分布式供能等行业中存在的低温度烟气余热、低浓度可燃物、低温度物体显热的综合利用。

应用领域

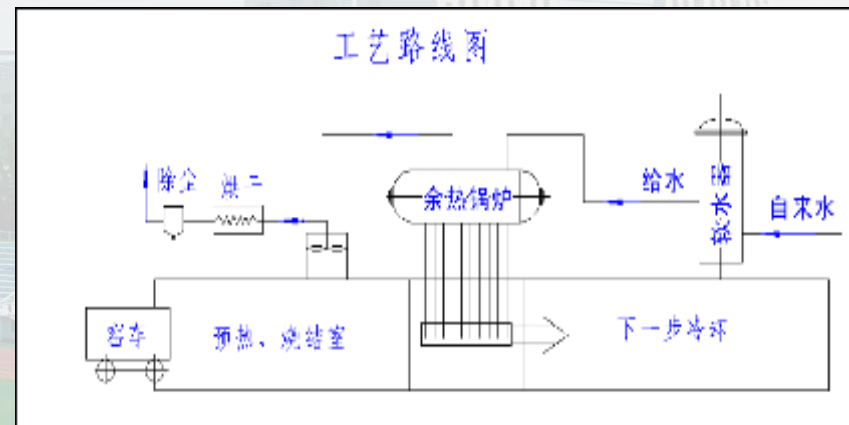
- 余热综合利用中的多相流动与传热计算、分析、优化和模拟，余热利用经济性分析，整体方案设计；

市场前景

- 余热利用中的余热锅炉、热泵、储热技术、储释热单元、供暖系统、供暖项目推广及工程施工。



低浓度可燃物余热利用工艺路线



低温度物体显热余热利用工艺路线





大规模储能技术

项目简介

- 中低温热量储存，包括太阳能光热利用，热力发电、石化冶金、分布式供能等行业中存在的低温度烟气余热储存。

应用领域

- 石墨烯基整体三维结构储热材料的开发；
- 低成本高效储热材料设计；
- 熔盐储热材料改性。

市场前景

- 太阳能光热利用，热力发电、石化冶金、分布式供能等行业中低温热量储存



石墨烯基整体三维结构储热材料



熔盐



硝酸钠





流态化制备煤基活性炭技术

项目简介

- 基于流态化技术将煤炭转化为两种高附加值的产品—活性炭与燃气
- 流化床活化炉具有生产能力大、结构简单、造价低、固体颗粒与流体均匀接触、传质传热效率高、可处理颗粒及粉末原料等优点
- 低能耗、低污染、低成本及高度自动化的制备煤基活性炭流态化活化炉

应用领域

- 煤炭高附加值利用

市场前景

- 我国活性炭年产量约为100万吨左右，具有良好的推广潜力。带来丰厚的经济回报和环境方面的回报，为我国煤炭资源的分级分质转化利用做出重要贡献



流态化制备煤基活性炭中试装置





锂离子电池高负载量纳米电极材料

项目简介

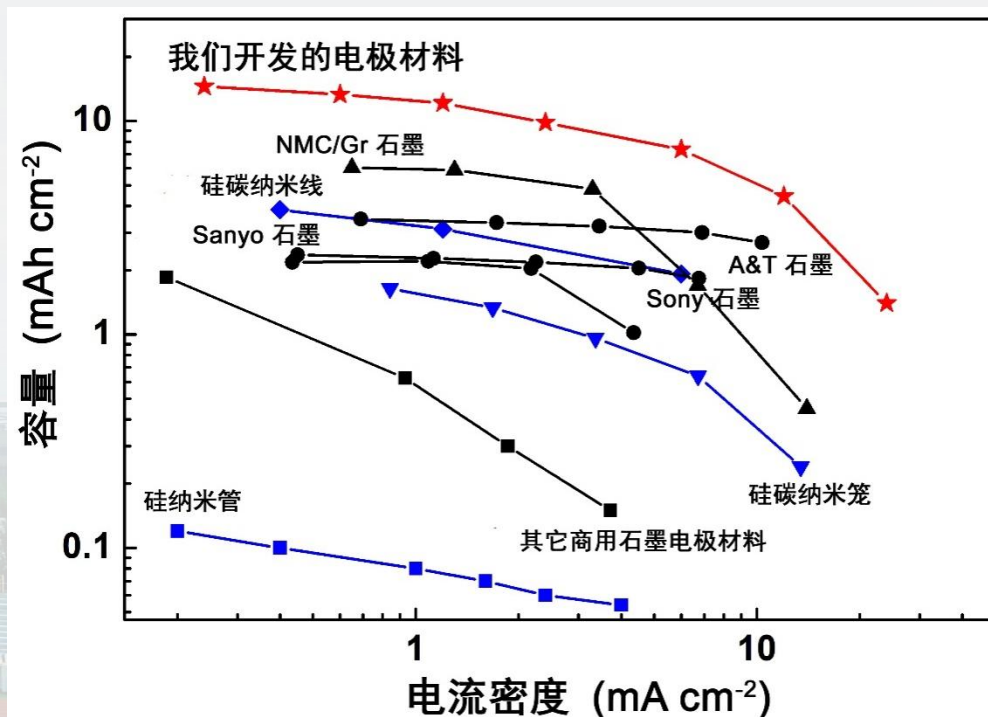
- 开发的新型纳米电极材料可在商用水平载量的条件下可以实现超高面积容量，能量密度远远大于商用和所有已报道的电极材料。同时，所开发的电极材料还具有能快速充放电和长循环稳定性的特征。

应用领域

- 锂离子电池是电动汽车和便携式移动电子设备最主要的能量来源。2018年我国锂离子电池产业规模达到了1727亿元。

市场前景

- 较低的能量密度是制约当前锂离子电池应用和发展的最大瓶颈，开发的新型高能量密度电极材料极具发展前景。



电极材料性能





甲醇催化裂解内燃机余热回收器

项目简介

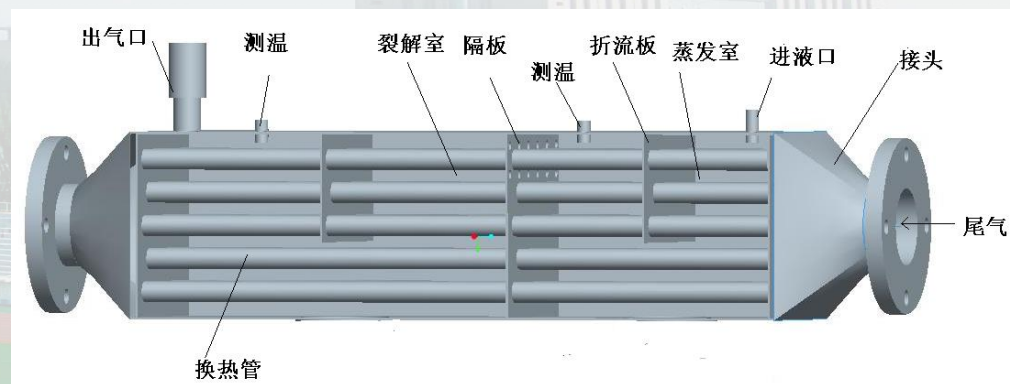
- 在内燃机排气管上安置甲醇催化裂解器，通过催化剂作用，利用尾气余热甲醇裂解为 $\text{CO}+\text{H}_2$ ，同时回收 90.8KJ/mol 热量；
- 裂解后的气体可供入发动机燃烧，实现节能与低排放。

应用领域

- 燃油发电站、坑口发电站及其他固定式内燃机。

市场前景

- 使用甲醇燃料，实现能量回收，实现低排放，符合节能减排政策。



低温催化裂解器





多刺激响应光谱选择性调控智能窗

项目简介

- 光谱选择性调控智能窗在外界刺激作用下可呈现出不同的颜色，并能对宽频谱入射光进行选择性调控，进而降低建筑物室内能耗，实现节能减排效果。同时，智能窗集成变色与储能双重功能，变色的能耗还能够被收集利用，将进一步助力实现“碳达峰、碳中和”远景目标。

应用领域

- 基于“节能低耗、环境友好、智慧可控”特性，高性能光谱选择性调控智能窗在能源、建筑、信息、交通运输和国防军事等领域具有广阔的应用市场。

市场前景

- 智能变色产品市场不仅具有产业化市场提升的空间，而且存在着技术进步下带来的应用外延的市场拓展。

光谱选择性调控变色智能窗应用

◆ 高效节能与可视化储能

◆ 智能迷彩和多频谱隐身

航天器表面智能热控

光谱选择性调控变色智能窗





CO₂的高效固定及在锂/钠电中的低成本应用

项目简介

- CO₂可与环氧100%转化为碳酸乙烯酯或碳酸丙烯酯，为锂/钠离子电池中的电解质提供了新的合成渠道，极大降低了电池的成本，同时也为解决碳达峰、碳中和提供了有效手段。

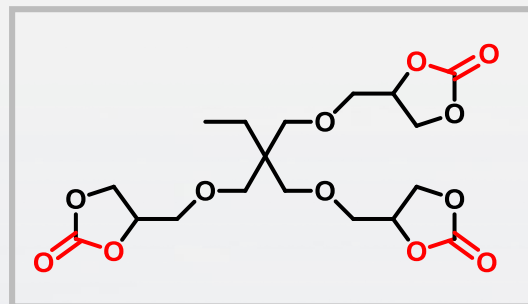
应用领域

- 可用于锂/钠离子电池中的电解质

市场前景

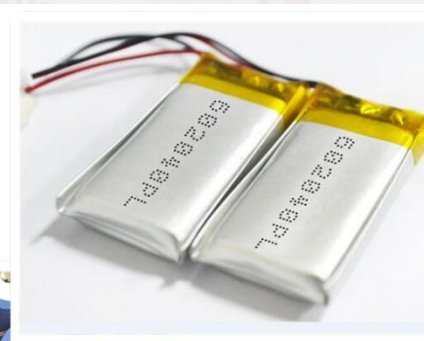
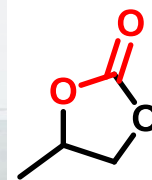
- 锂/钠电近年实现了爆发式增长，而液态电解质材料占据了极大的市场份额，因此，降低电解质成本对于提升市场竞争力尤为重要。

CO₂ → 100%转化
低成本/后处理简单



电解质材料

聚合物锂电池



锂离子电池





石油焦基钠离子电池负极材料

项目简介

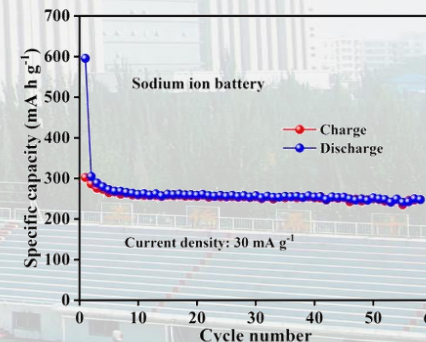
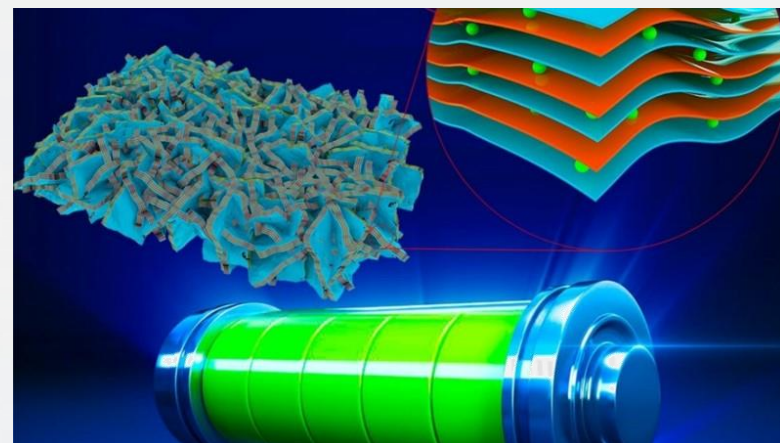
- 石油焦属于石油的减压渣油，经焦化装置，在500-550℃下裂解焦化而形成。作为石油提炼过程中末端的“废料”，将石油焦改性加工制成高品质碳材料，如钠离子电池负极材料或活性炭材料等，延长石油焦产业链，变废为宝。

应用领域

- 钠离子电池是新型电池中的一种，也被称为“推动新能源产业发展的压舱石”，未来随着新能源产业不断加大投入，钠离子电池技术也将不断完善，走向成熟，拥有高性价比特点的钠离子电池预计也将成为锂离子电池的重要补充，特别是在固定式储能领域如通讯基站、电网储能和低速电动汽车等领域，发展空间大且具备良好的发展前景。

市场前景

- 目前钠离子电池主要应用于储能领域，未来的发展方向之一是拓展其应用领域。例如，钠离子电池可以应用于电动车、航空航天、无线通信和移动设备等领域，从而进一步推动钠离子电池技术的发展和商业化应用。



电极材料性能





科研成果

能源转化领域

煤基荧光碳点的规模化制备技术

太阳能降解污染物催化材料设计与制备技术

太阳能光热转化驱动水蒸发技术

CO₂还原光-电催化材料设计与制备技术

CO₂基全光谱荧光纳米材料的绿色制备

新型高效碳基光伏电池制造技术

太阳能光热转化驱动可修复透明可穿戴器件制备技术

单原子催化剂的制备技术



煤基荧光碳点的规模化制备技术

项目简介

• 拥有用煤及煤制产品制备荧光碳点的技术，该技术不仅具有低碳、环保、节能与高效的优点，而且适合宏量、规模化生产。所得产品易于表面设计与功能化，因此还可实现性能的调控与构筑。

应用领域

• 荧光碳点在太阳能电池、发光与显示器件、光电探测器、化学储能、催化转化与污染物降解、生物标记与光动力治疗等诸多领域能够广泛应用。

市场前景

• 属于新能源材料产业领域。产品具有高附加值和远高于同类产品的市场竞争力。





太阳能降解污染物催化材料设计与制备技术

项目简介

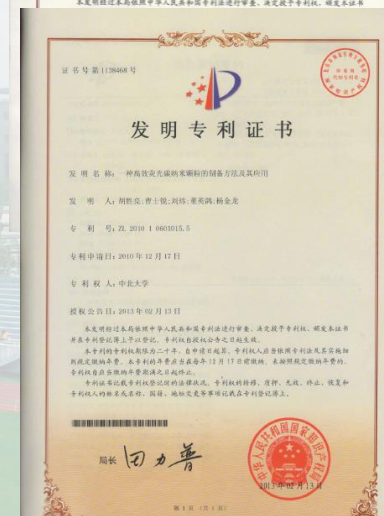
- 以绿色、低成本材料为利用对象，设计了一系列能利用太阳能可见光波段的光催化剂，并开发出了其宏量制备与催化性能调控技术。

应用领域

- 利用太阳能降解污染物及其控制排放领域，如制药、纺织、造纸等化工行业产生的有机污染物的催化转化、降解与再利用等。

市场前景

- 属于新材料与新能源利用产业，提供一种低碳、节能处理污染物的光催化新材料。技术转化后市场前景可观。





太阳能光热转化驱动水蒸发技术

项目简介

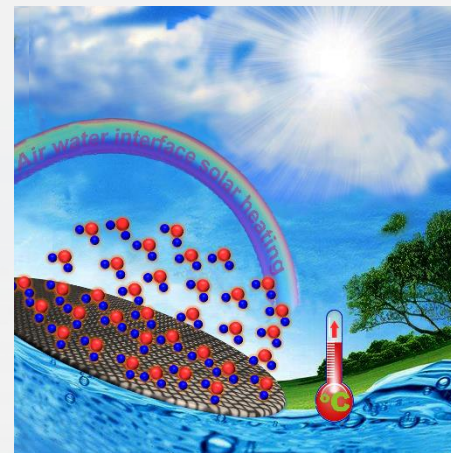
- 以高效利用太阳能为应用前提，发明设计出了一系列太阳能向热能转化的材料，然后利用它们作为光热转化剂开发出了太阳能光热转化驱动水系统。利用该系统制取清洁水，利用热电效应在水蒸发过程中进行产电。开发的系统具有集成性和便携式优势特点。

应用领域

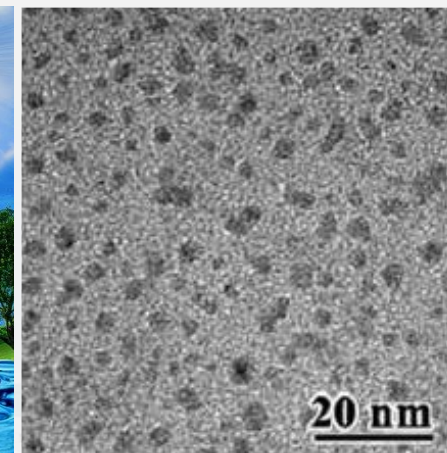
- 利用太阳能光驱动水蒸发进行污水治理及海水淡化，制取清洁饮用水，为世界解渴。
- 利用太阳能光驱动水蒸发将太阳能转化为电能，为世界充电。

市场前景

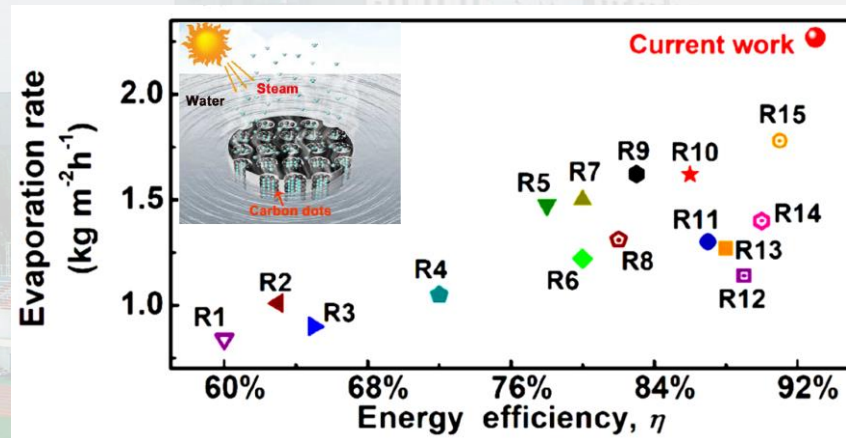
- 通过本项目转化可提供新型的饮用水制取及产电装备，缓解我国能源及淡水资源短缺的问题。



光热转化驱动水蒸发的示意图



实验室制备的光热转化材料-碳点



利用碳点和木头制备光热转化薄膜进行水蒸发的速率和效率





CO₂还原光-电催化材料设计与制备技术

项目简介

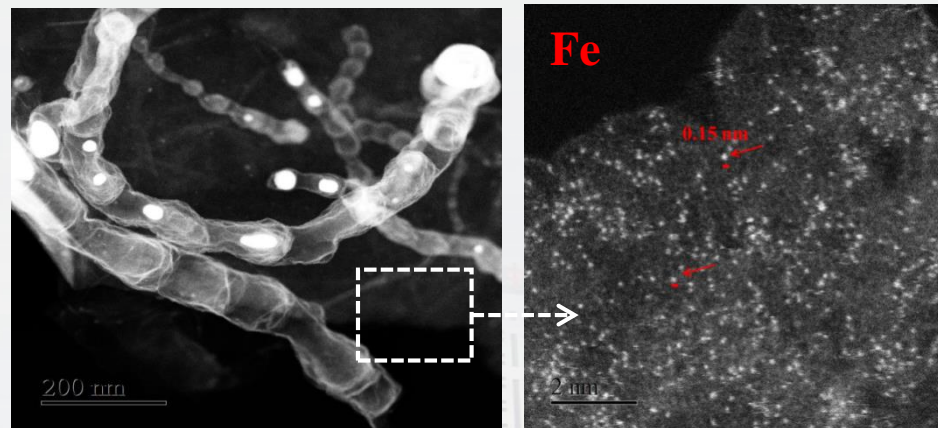
- 以碳纳米结构材料为载体，设计了一系列过渡金属单原子电催化剂，并开发出了其工业化制备与催化性能调控技术。

应用领域

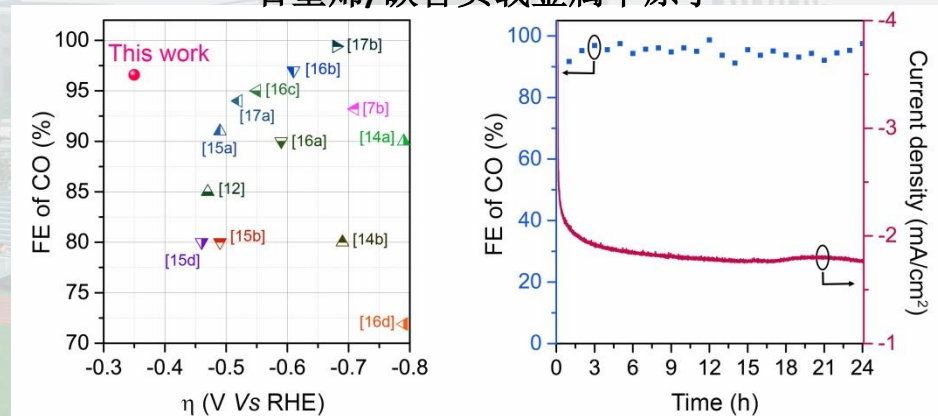
- 本项目不仅能减少大气中CO₂的含量，而且还能够将CO₂转化为具有高附加值的化学品和燃料，如CO、CH₄、CH₃OH、CH₃CH₂OH、乙烯和乙烷等。

市场前景

- 为实现CO₂的资源化利用提供一条有效途径，是实现能源和环境可持续发展的有效手段。技术转化后市场前景可观。



石墨烯/碳管负载金属单原子





CO₂基全光谱荧光纳米材料的绿色制备

项目简介

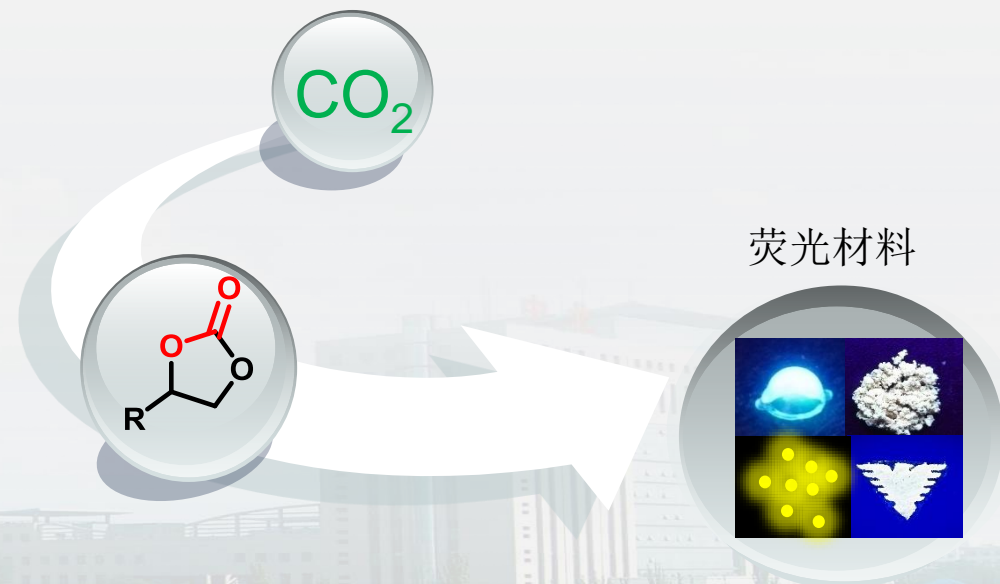
- 通过绿色环保的方式，将CO₂转化为生物环保型荧光碳纳米材料以及荧光高分子材料，实现了蓝光、绿光、黄光、橘色、红光的全光谱发射，其量子产率均在20%以上，最高可达90%。在解决碳达峰、碳中和的基础上，实现了高附加值利用。

应用领域

- 可用于传感、离子检测、生物成像以及LED等发光领域

市场前景

- 绿色环保的制备方法，高附加值的应用前景，成本低、可规模化制备。





新型高效碳基光伏电池制造技术

项目简介

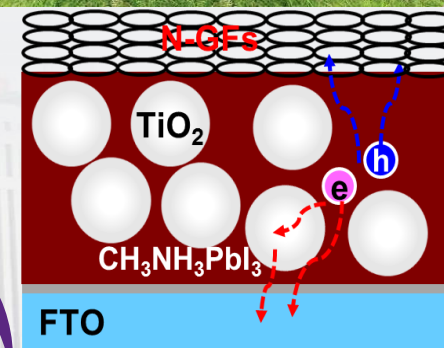
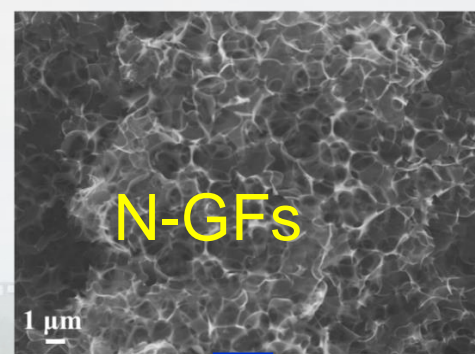
- 开发出多种碳质功能材料，可用于钙钛矿太阳能电池的空穴传输层及染料敏化太阳能电池的对电极，可替代传统的昂贵高聚物及铂金属，在大幅降低制备成本的同时，仍取得良好的光电效率与稳定性。

应用领域

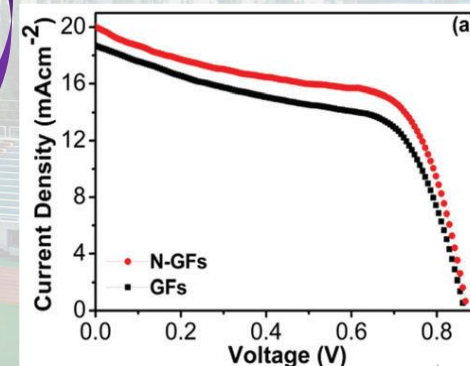
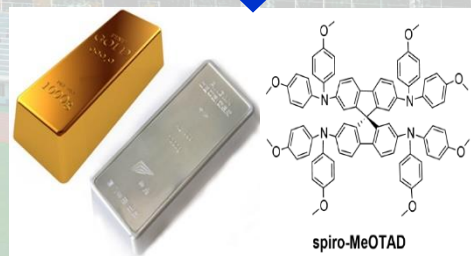
- 光伏发电厂、自供能指示灯、太阳能建筑等。

市场前景

- 电池制备廉价，且输出效率稳定，具有低成本优势。



替代





太阳能光热转换驱动可修复透明可穿戴器件制备技术

项目简介

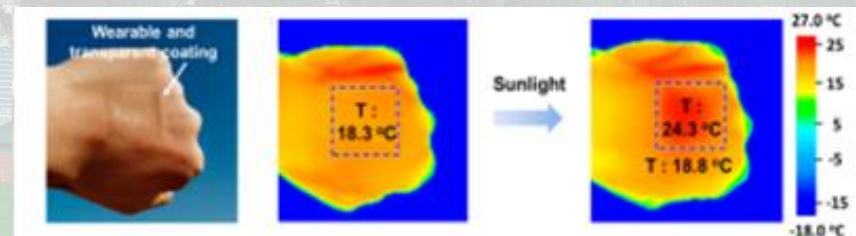
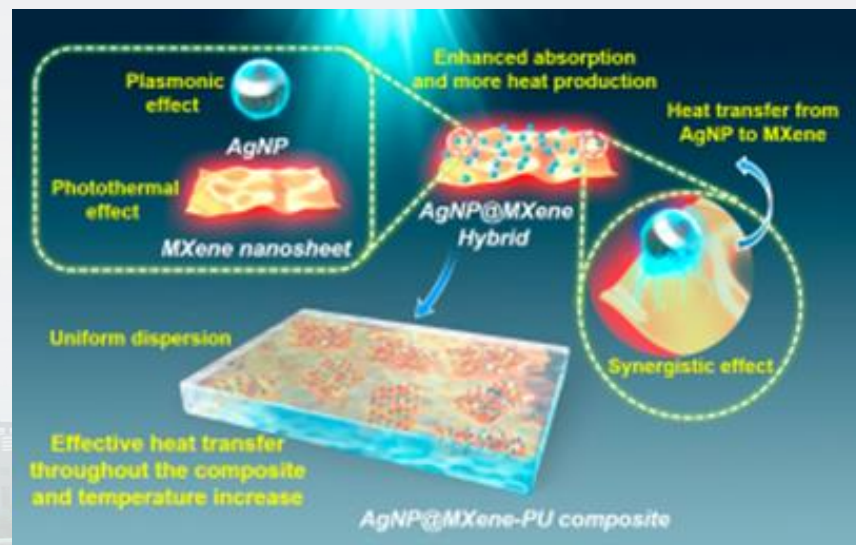
- 通过将等离子体银纳米颗粒与碳化钛杂化作为光热填料与水性聚氨酯弹性体复合，在超低添加量下，得到一种具有快速、高效的光引发自修复能力、且同时保持高透明度的可穿戴复合涂层。该复合涂层可以被直接用作一种透明的可贴附的加热材料。

应用领域

- 可穿戴透明器件、加热保温涂层等。

市场前景

- 生产安全、长寿命的透明可穿戴器件使得现代可穿戴电子器件领域的市场应用前景更广阔。





单原子催化剂的制备技术

项目简介

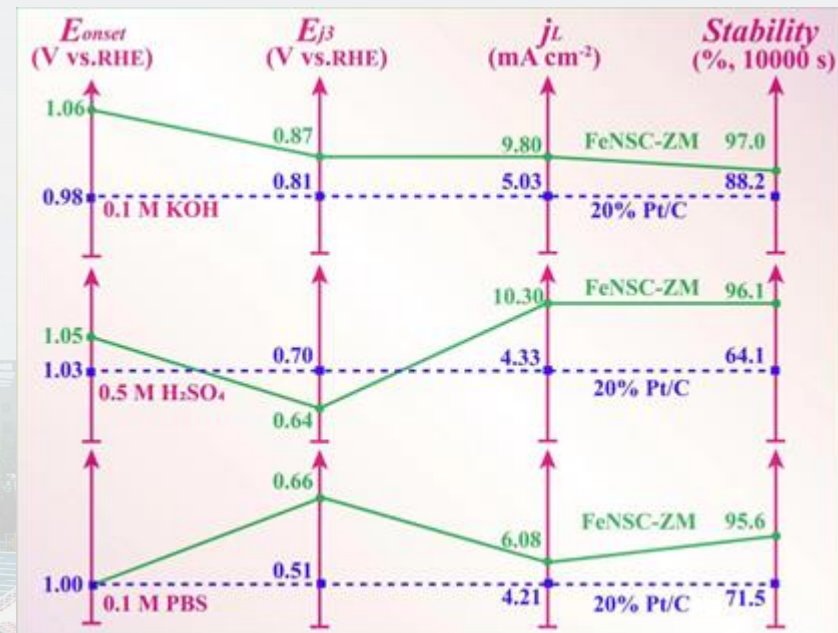
- 原子利用率高（约100%）。单个原子的配位度较低，极易与载体及反应物种发生化学作用，因而表现出超高的本征活性；
- 单原子活性位点高度均一且明确，表现出超高的选择性；
- 单原子催化剂易于分离，具有较好的稳定性与可重复利用

应用领域

- 化学合成、环境治理及能源转换领域

市场前景

- 在二氧化碳还原、电解水制氢、燃料电池氧还原反应、锂硫电池多硫化锂转化等领域具有巨大发展潜力。





科研成果

动力机械领域

动力装备结构
轻量化设计

对置活塞发动机

轻量化内燃机
钢活塞

铝基陶瓷化活塞

OP2S柴油机
可变换气及侧
卷流燃烧技术

自适应变排量
对置柱塞泵

内燃动力可视化
测试评价系统

航空发动机热/
环境障涂层技术

高功率密度柴
油机阻热、耐
磨、减摩协同



动力装备结构轻量化设计

项目简介

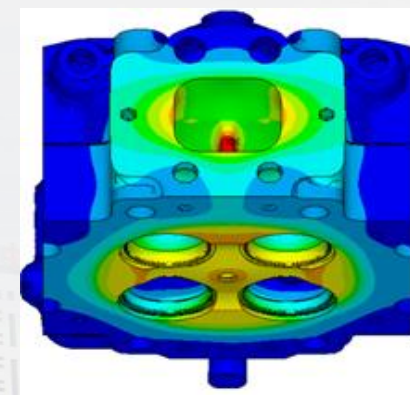
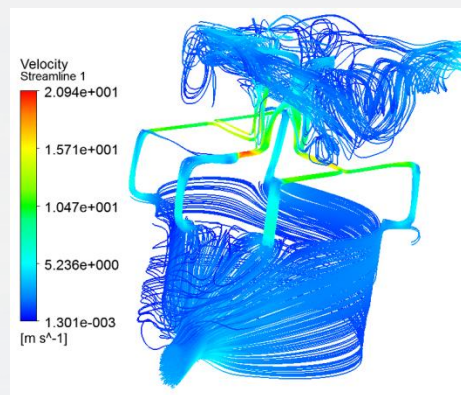
- 基于热-流-固多场耦合下的结构冷却与传热设计;
- 基于多轴疲劳、微动疲劳、热蠕变与热疲劳理论下的结构抗疲劳设计与寿命预测;
- 基于优化理论和轻质材料的结构减重设计。

应用领域

- 动力装备零部件的轻量化设计与可靠性设计。

市场前景

- 为了节能减排、降低成本, 目前市场需求可靠性好、质量轻的动力装备。



冷却与传热设计



抗疲劳与轻量化设计





对置活塞发动机

项目简介

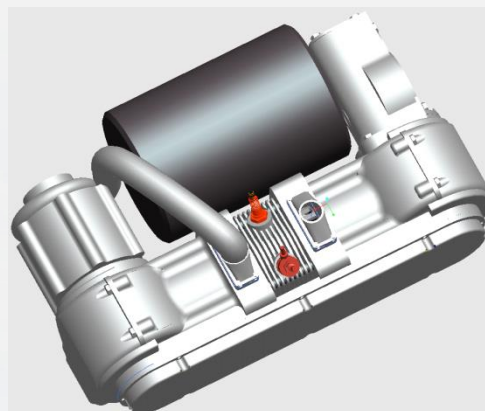
- 无缸盖和气门机构，采用“气口-气口”式直流扫气系统换气，通过对置曲柄连杆机构完成活塞同步和动力输出；
- 喷油器和火花塞在缸套周向布置，活塞对置、缸内直喷、双火花塞点火，组成低面容比、高滚流燃烧系统；
- 结构简单、功率密度高、自平衡性好。

应用领域

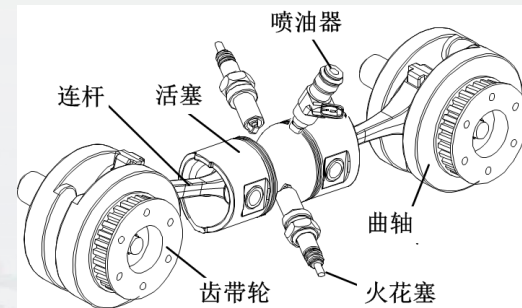
- 汽车增程器、混合动力系统、无人机和小型水下舰艇动力。

市场前景

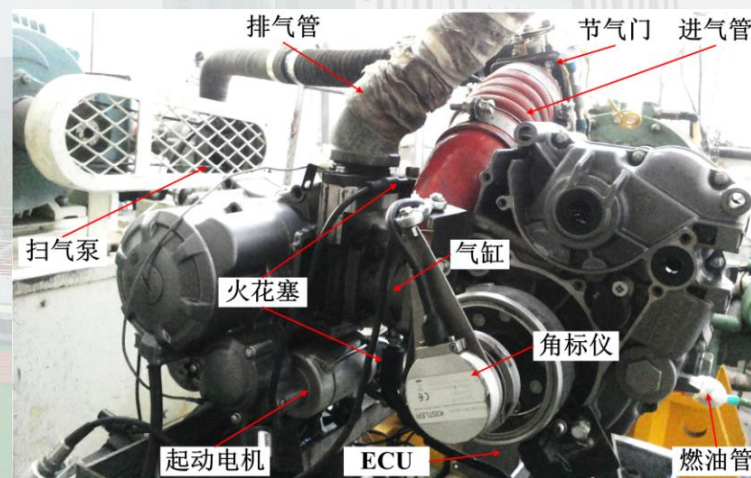
- 在能源与环境危机的背景下，可作为节能减排的新型动力系统。



对置活塞内燃增程器



对置曲柄连杆机构



对置活塞发动机原理样机试验平台





轻量化内燃机钢活塞

项目简介

- 钢活塞与铝活塞质量相当，可承受25MPa高压和500℃高温；
- 采用整体锻造或分体锻造再焊接的方式制造；
- 可减小配缸间隙，降低燃油消耗率和机油消耗率，提高发动机功率，使用寿命远大于铝活塞。

应用领域

- 高爆压、强载荷内燃机。

市场前景

- 随着“国六”排放标准的实行，内燃机缸压和热负荷提高，市场用量增大。



钢活塞结构



焊接活塞毛坯





铝基陶瓷化活塞

项目简介

- 基于微弧氧化技术进行铝基活塞表面陶瓷化处理；
- 与基体结合剪切强度30MPa、拉伸强度70MPa；可耐2500℃高温火焰；加热300℃水淬100次无变化；盐雾实验耐1000h。

应用领域

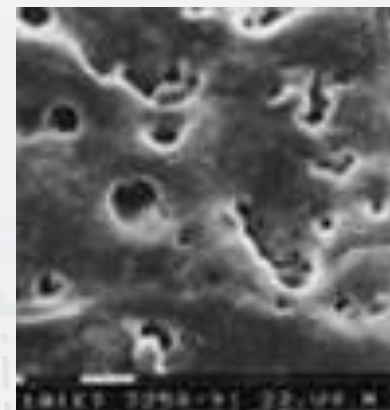
- 抗腐蚀、抗热烧蚀、抗热冲击的内燃机活塞。

市场前景

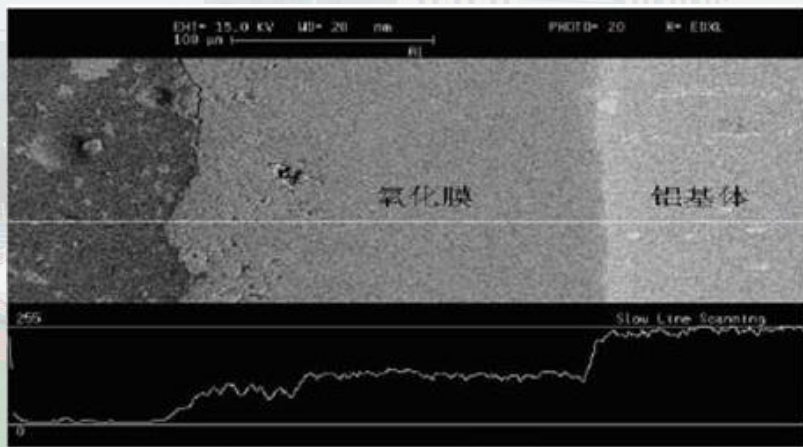
- 随着国家清洁能源政策和能源多样化政策的实施，燃气内燃机和甲醇内燃机的使用量逐步提高，抗腐蚀、抗热烧蚀、抗热冲击的内燃机活塞用量会逐渐增大。



陶瓷化活塞顶



1000倍表面形貌



铝基陶瓷化结构断面





OP2S柴油机可变换气及侧卷流燃烧技术

项目简介

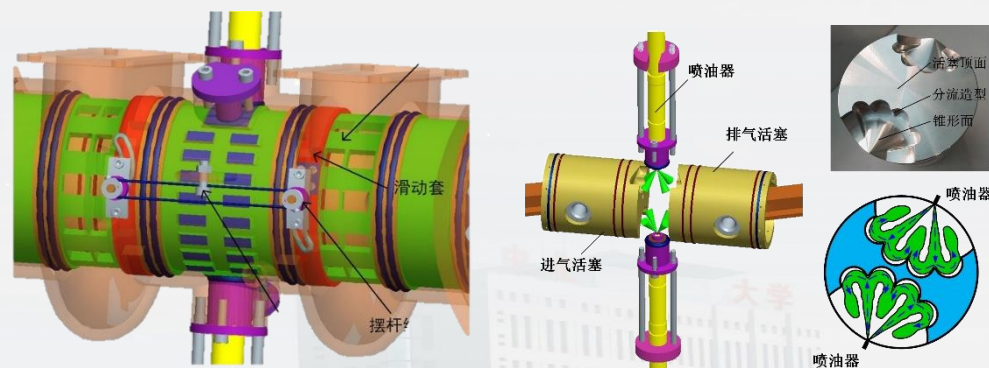
- 对置二冲程（OP2S）柴油机是一种高功率密度、高热效率的动力系统。
- 分层气口式可变换气系统利用气口间的隔挡筋与滑动套的相互关系实现不同档位的切换，可综合改善OP2S柴油机的动力性和经济性。
- 对置侧卷流燃烧系统在进、排气活塞上设计了带有多个分流造型的燃烧室，可有效改善OP2S柴油机混合燃烧的不均性，加快燃烧速度，并提高OP2S柴油机的动力性和降低Soot排放。

应用领域

- 车辆动力系统、辅机电站、混合动力以及小型无人动力系统。

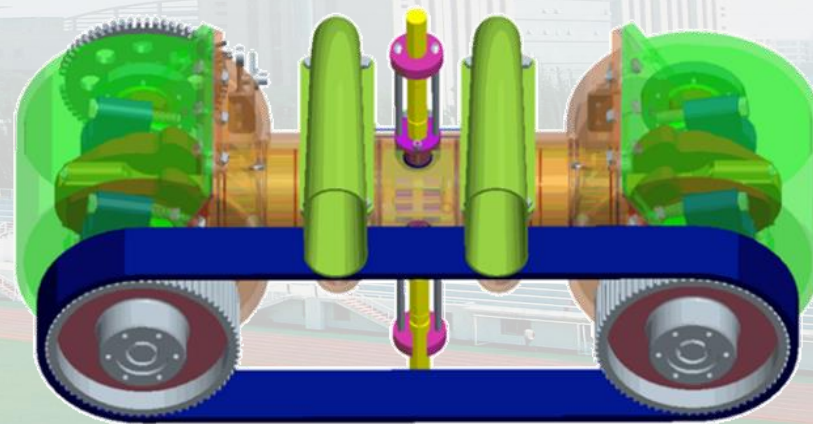
市场前景

- 在能源和环境的双重危机下，OP2S柴油机非常适合未来对高性能发动机的需求，可作为一种节能减排的新型动力系统。



OP2S柴油机可变换气系统

OP2S柴油机侧卷流燃烧系统



OP2S柴油机原理样机三维模型



自适应变排量对置柱塞泵

项目简介

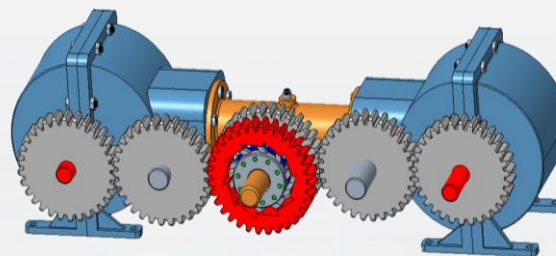
- 自适应变排量对置柱塞泵通过调节两组曲轴相位差实现柱塞泵的排量变化。其能够兼顾低转速能量过剩、高转速能量不足的问题，可以有效减少润滑系统的能量损失，降低油耗。

应用领域

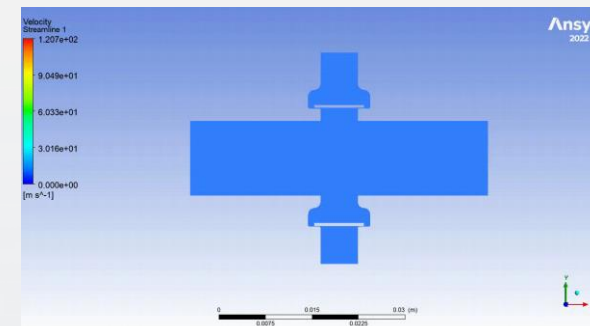
- 船用动力系统、特种车辆、工程机械等的节能减排。

市场前景

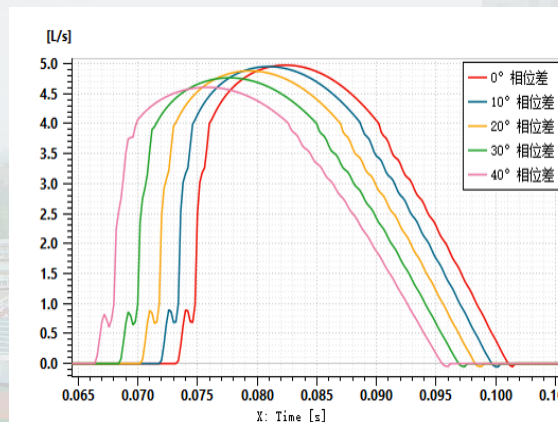
- 自适应变排量对置柱塞泵具有排量范围大、容积效率高、振动噪声小、可靠性高的特点，有助于当前动力机械的节能降耗。



对置柱塞泵模型



二维流动仿真结果



不同排量下的流量特性



油泵试验台及发明专利申请





内燃动力可视化测试评价系统

项目简介

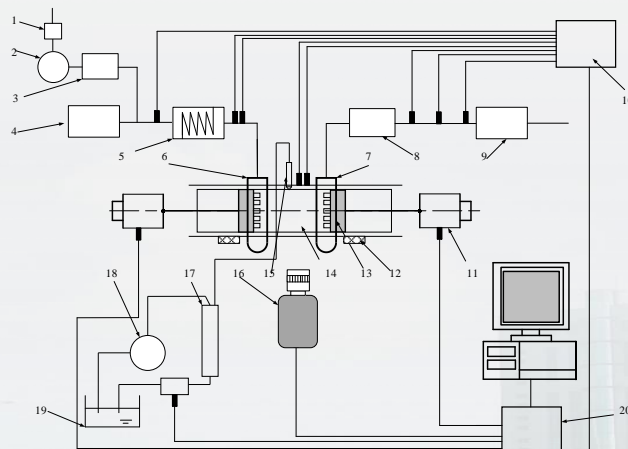
- 内燃动力可视化测试评价系统主要包括机械系统、换气系统、燃油喷射系统、测试系统和拍摄系统等。可适用于实现多种运动形式活塞式内燃动力系统的换气过程、油气混合过程的测试研究。为新型动力系统的创新研发提供新思路。

应用领域

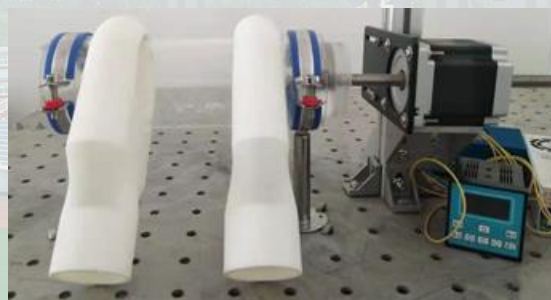
- 新型清洁、高效动力系统研发。

市场前景

- 该系统能够研究不同活塞运动形式下的内燃动力系统的工作机理、探究新型油气混合组织模式、综合评价动力系统的性能，有助于高效、清洁动力系统的研发。



可视化测试评价系统原理图



可视化测试评价系统





航空发动机热/环境障涂层技术

项目简介

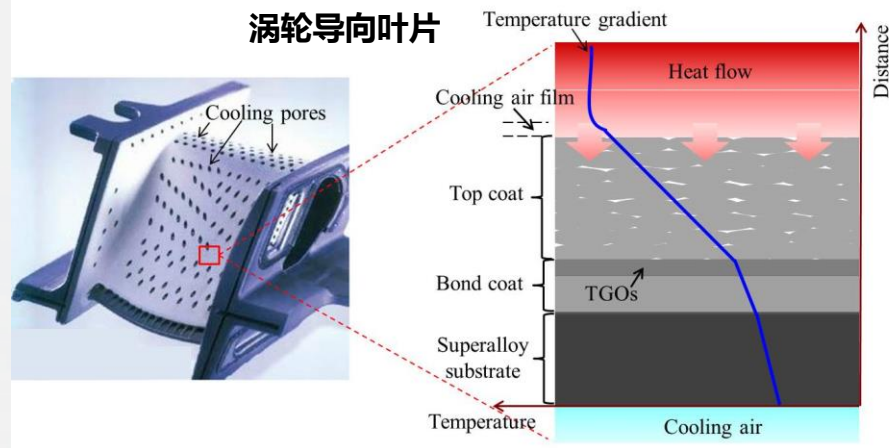
- 针对高推重比航空发动机对高温、高压、高转速、高负载的极致需求，开展新型热/环境障涂层成分、结构与高温性能评价研究，开发面向1500 °C以上长寿命服役的新型热/环境障涂层体系，进行模拟极端苛刻服役工况的涡轮叶片服役性能评价，为航空发动机等国家重大装备的研制提供技术支撑。

应用领域

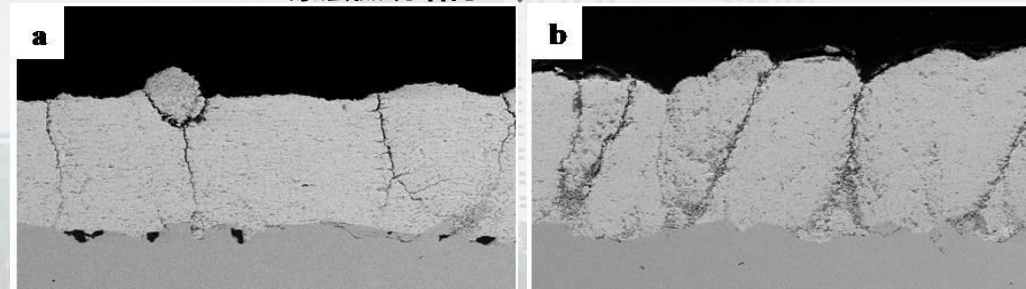
- 可用于航空发动机、重型燃气轮机、高功率密度柴油机等装备关键热端部件的防护，有效提高其使役效率和寿命。

市场前景

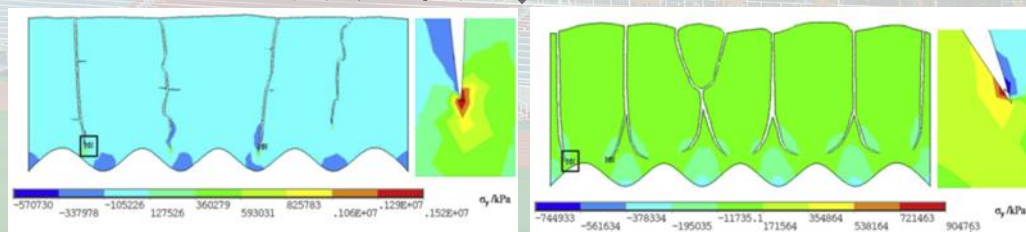
- 适应航空发动机与燃气轮机的持续发展，国产大飞机的适航加速，军机更新换代速度加快等实际需求。



涂层微观结构



应力分布情况





高功率密度柴油机阻热、耐磨、减摩协同

项目简介

• 高功率柴油机是XXX装备的“心脏”，通过在气缸套内表面制备低导热涂层可以极大降低柴油机散热量、减小冷却系统尺寸，对实现车体小型化、轻量具有重要的意义。在气缸套内表面制备兼具优异阻热与储油功能的新型结构涂层，开展高性能涂层形性控制理论与方法研究，实现涂层阻热与润滑性能的协同提高。

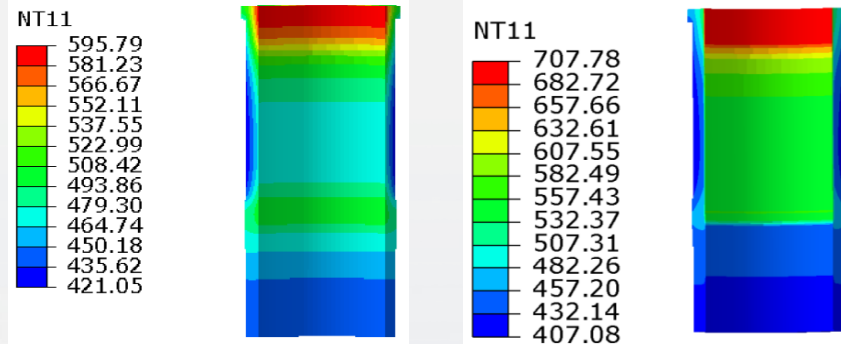
应用领域

• 高功率密度柴油机。

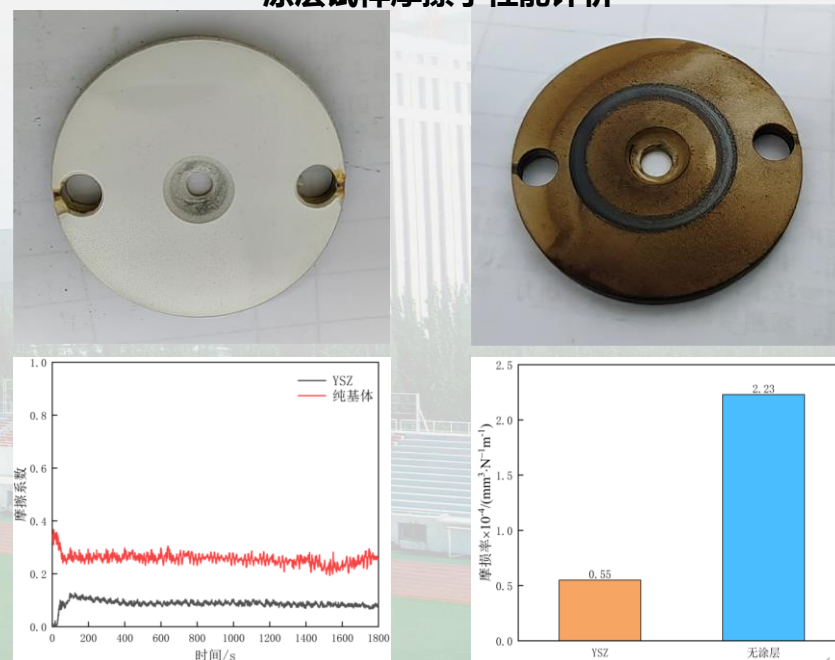
市场前景

• 在国家“双碳”背景下，可有效实现节能减排。

涂层前后气缸套温度分布



涂层试样摩擦学性能评价





科研成果

其他领域

动力系统动态
响应优化技术

智能化联动平台

智能车辆电路
及电子模块振
动分析

流动、传热与
结构多学科耦
合仿真技术

骨架式金属橡胶
弹簧缓冲装置

动力电池新型
电极材料设计
及研发

动力电池耦合
建模技术及热
管理系统开发

智能汽车运行过
程动力电池故障
诊断

燃料电池电极
设计及电池性
能强化



动力系统动态响应优化技术

项目简介

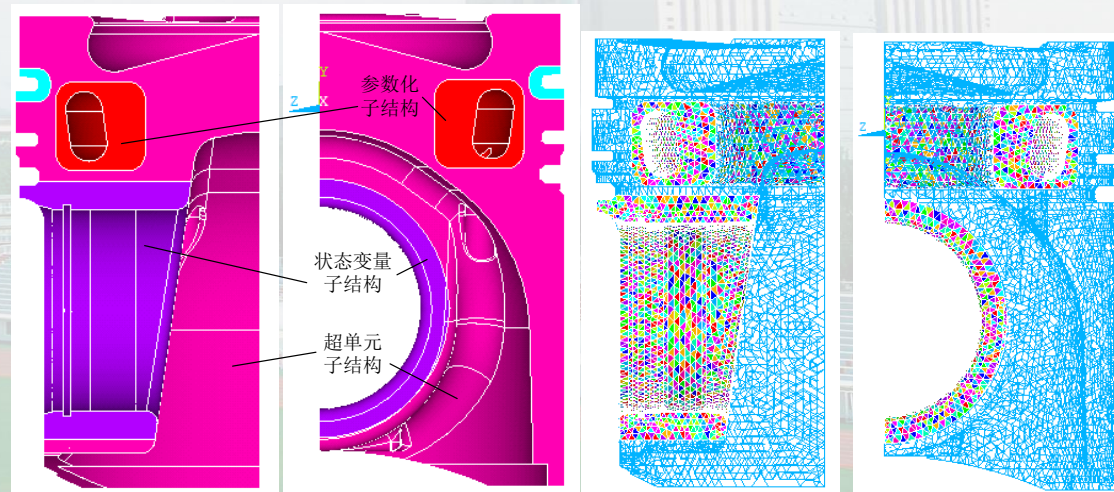
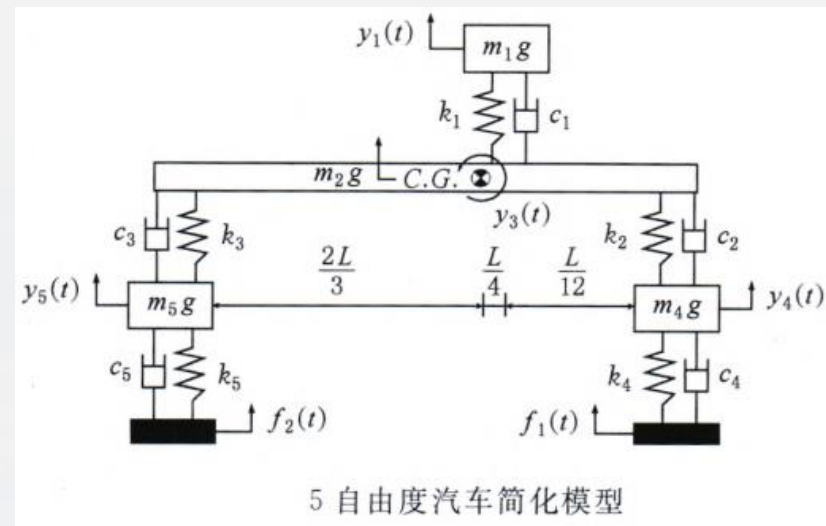
- 根据优化过程的功能和连续结构的几何特征，将连续结构划分为参数化子结构、超单元子结构和状态变量子结构，进行高效优化
- 研究用时间谱元法求解运动微分方程，精确高效解出瞬态响应
- 采用关键点及其相邻GLL (Gauss-Lobatt-Legendre) 点法处理与时间相关的约束

应用领域

- 复杂的工程结构高效优化
- 机械系统动力响应优化

市场前景

- 解决复杂扭转振动问题，复杂系统的动态响应优化



某柴油机活塞的子结构模型





智能车辆电路及电子模块振动分析

项目简介

- 汽车智能化程度的提高，所用电路模块集成度的增大，使得电子设备及元件在力学方面经受较大的考验。需要对电子电路模块进行受力分析，保证其使用的安全性。

应用领域

- 分析电路板的变形，避免精密电子元件布置在振幅较大的位置。

市场前景

- 电子集成化的发展，电路及电子模块体积增大，在振动环境恶劣的情况下，必须要考虑模块的力学性能。

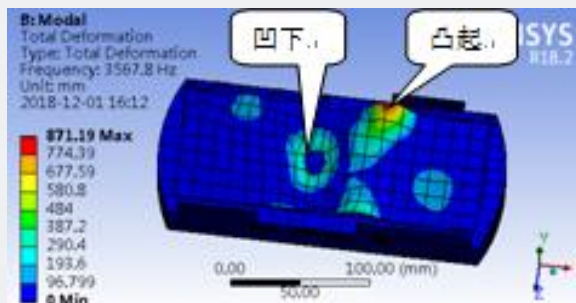


图 2.8 盖子下薄板的约束模态第 8 阶振型

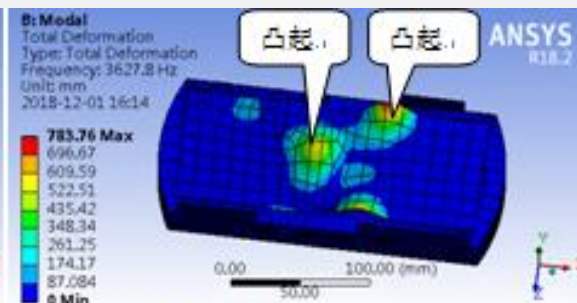


图 2.9 盖子下薄板的约束模态第 9 阶振型

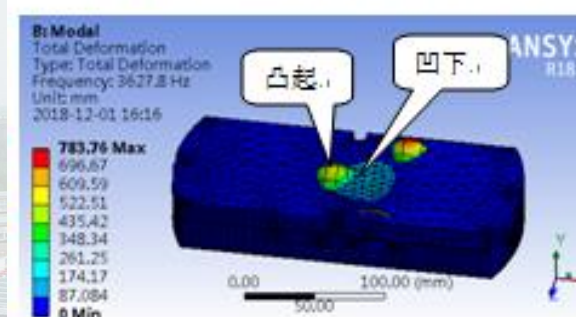


图 2.10 约束模态第 9 阶振型

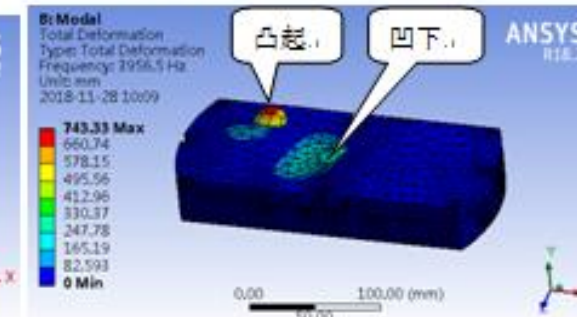


图 2.11 约束模态第 10 阶振型

电路模块振型分析





流动、传热与结构的多学科耦合仿真

项目简介

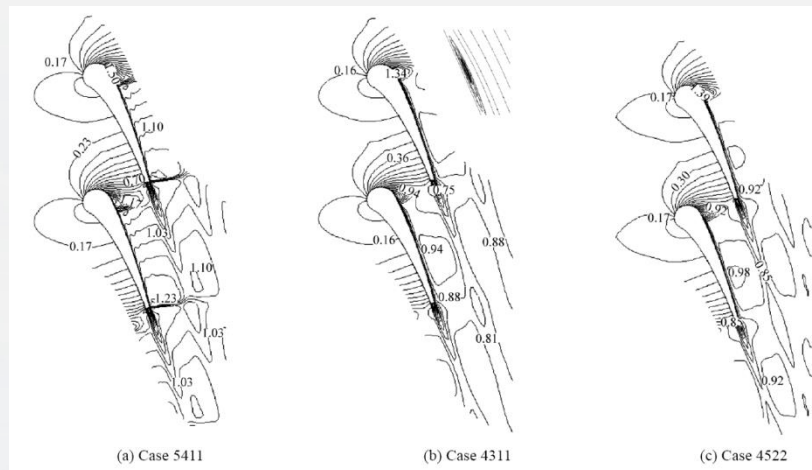
- 对能源动力领域常见的流动、传热与结构振动等多学科耦合问题进行数值仿真，求解器包含基于Fortran平台开发的多学科耦合仿真求解器、ANSYS多场耦合商业软件包。

应用领域

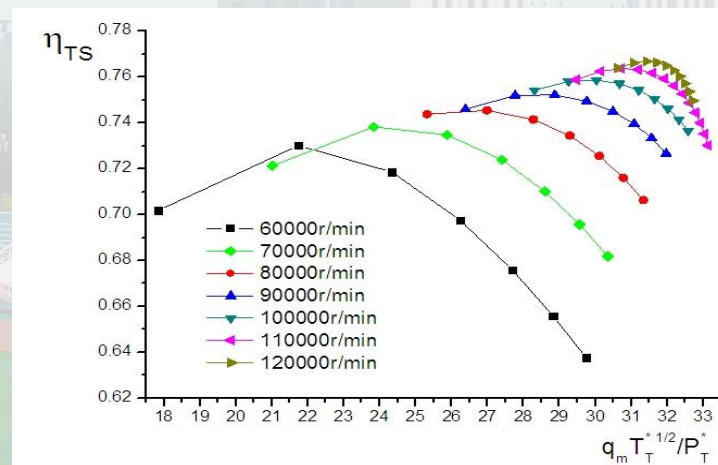
- 可用于发动机内流（航空发动机气冷涡轮、内燃机涡轮增压器）、飞行器外流等领域的多学科耦合问题的仿真预测。

市场前景

- 多学科耦合问题的仿真预测



流道中径截面马赫数分布



涡轮效率特性曲线





骨架式金属橡胶弹簧缓冲装置

项目简介

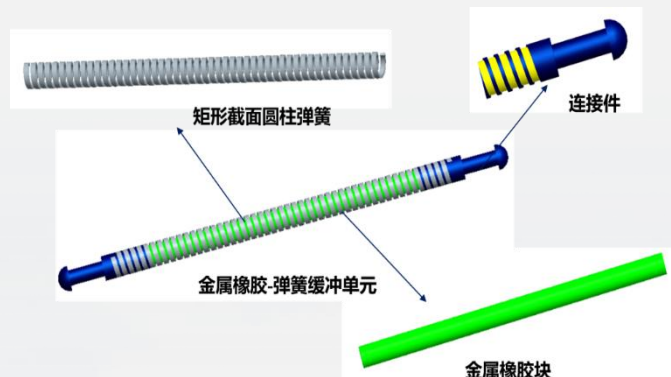
- 金属橡胶-弹簧并联耦合设计的减振缓冲器，利用金属橡胶网块阻尼大的特性，在冲击载荷的作用下，大量吸收和耗散系统的能量，达到减振和缓冲的目的，并且利用压缩弹簧压缩时储存的能量，为运动件复进提供动力。

应用领域

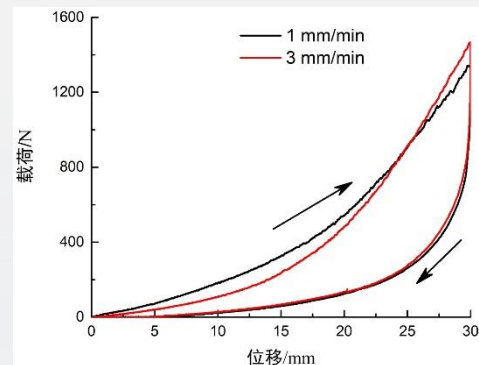
- 航空航天、船舶、武器装备等特殊应用领域的减振与降噪。

市场前景

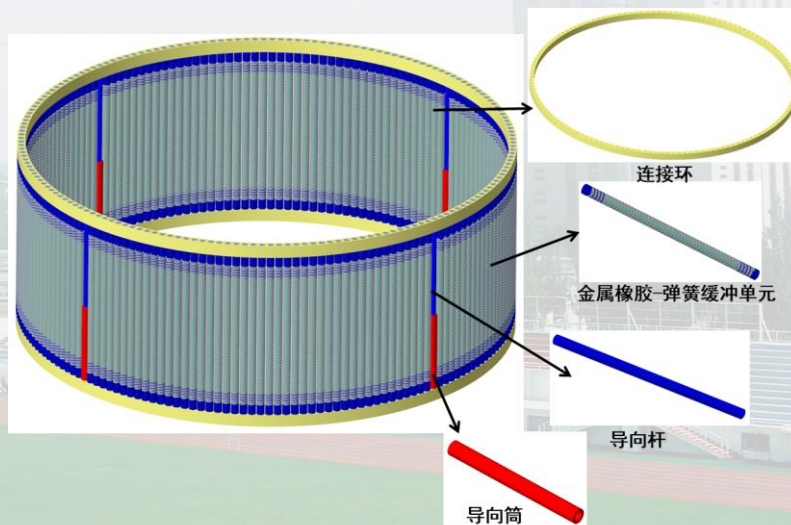
- 该缓冲器抗冲击性能好，稳定性强，结构紧凑，占用空间小，有助于动力机械的缓冲与减振。



金属橡胶-弹簧缓冲单元



金属橡胶-弹簧缓冲单元性能



缓冲装置案例



发明专利





动力电池新型电极材料及研发

项目简介

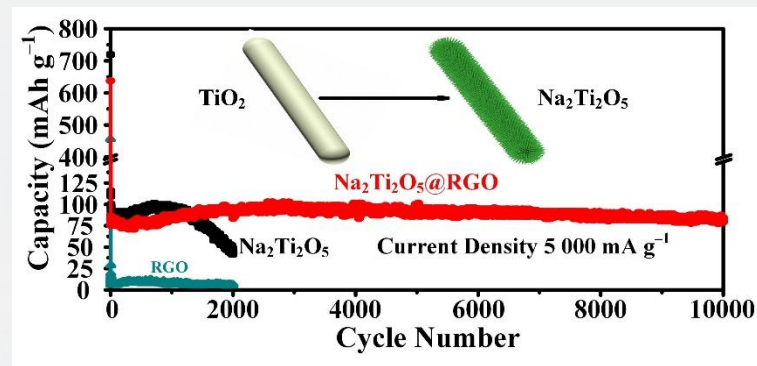
- 为提升车用动力电池能量密度及充电效率，设计并研制出一系列具有超低温活性、超快充性能的新型纳米材料电极，以构建超宽使用温度及高功率密度特性的动力电池。

应用领域

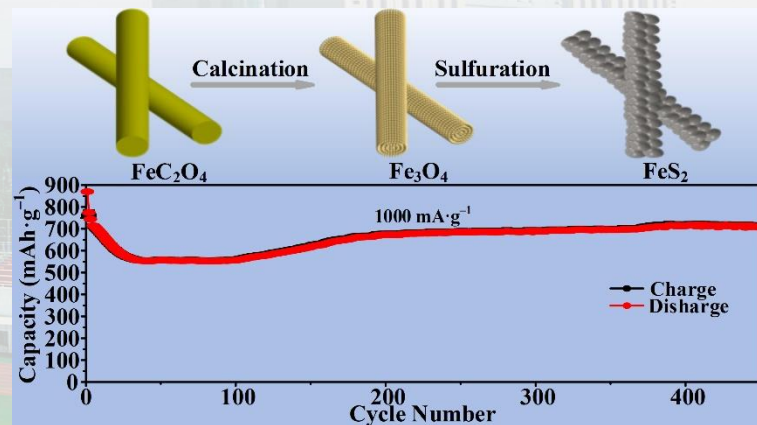
- 以锂离子电池为动力源的新能源汽车、无人机、潜艇、单兵电源等设备。

市场前景

- 解决目前市场存在的锂电池续航焦虑，提升电池使用场景，增强消费者对电动汽车的认可和接受程度。



采用本项目电极的锂电池运行寿命测试



采用本项目电极的锂电池充放电特性





动力电池耦合建模技术及热管理系统开发

项目简介

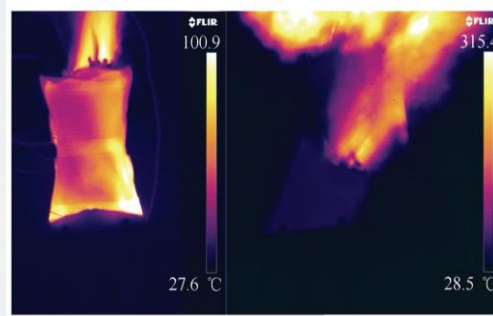
- 动力锂电池建模是BMS系统开发的基础。建立电化学、热、电、机械等多因素耦合模型是新能源汽车动力电池高性能管理系统开发的底层需求。

应用领域

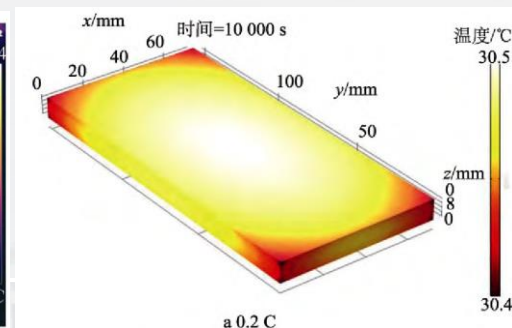
- 以锂离子电池为动力源的新能源汽车动力系统。

市场前景

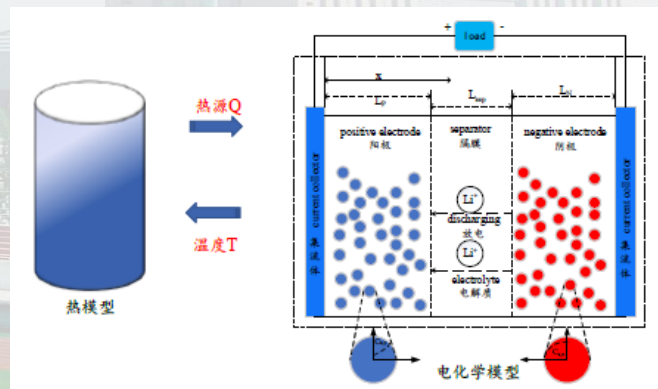
- 解决动力电池BMS开发的底层模型需求，实现SOX的精准估算；明晰锂离子电池产热和传热机理，开发高稳定性热管理系统，提升锂离子电池的热安全性。



单电池热失控成像



单体锂离子电池温度分布



老化-热耦合模型





燃料电池电极设计及电池性能强化

项目简介

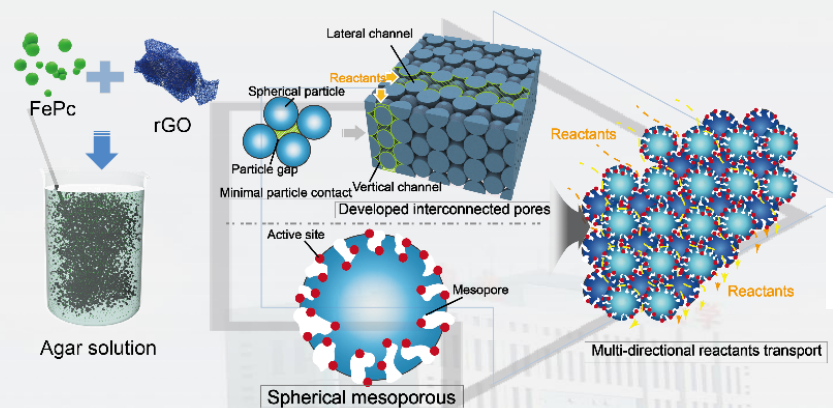
- 为降低燃料电池成本、增强电池运行稳定性，制备廉价且高效的燃料电池非贵金属催化剂，构建传输特性优异的新结构电极，提升燃料电池的实际应用能力。

应用领域

- 氢氧燃料电池及直接液体燃料电池。

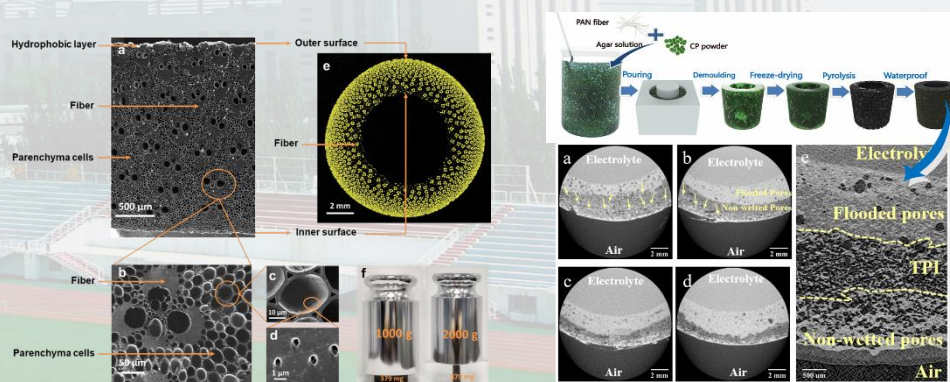
市场前景

- 大幅降低动力装置产生的CO₂排放，促进国家“双碳”目标的实现，并为我国动力供给系统提供新思路、开拓新市场。



激光雷达

制备廉价且高效的非贵金属催化剂



新型管式多孔阴极

整体式高性能空气阴极

