

附件 2:

先进能源科学与技术广东省实验室佛山分中心  
佛山仙湖实验室

2020-2022 年开放基金  
重点项目指南

广东·佛山

二〇二〇年一月

# 先进能源科学与技术广东省实验室佛山分中心

## 佛山仙湖实验室

### 2020-2022 年开放基金重点项目指南

先进能源科学与技术广东省实验室佛山分中心暨佛山仙湖实验室（以下简称“实验室”）是佛山市人民政府与武汉理工大学合作共建的按照章程独立运行和管理的佛山市属事业单位，属于广东省重点建设的省级实验室平台。实验室遵从“聚焦战略目标、统筹十年规划、分步高效实施”的方针，聚焦国家对氢能核心技术和新材料战略性新兴产业发展的需要，通过十年规划与建设，争取在重大关键共性技术、前沿引领技术、颠覆性技术创新上有所突破，成为面向全球吸引和汇聚高端人才的集结地、氢能核心技术与新材料的发源地和国家战略科技力量的战略性新型研发机构。

根据实验室章程，实验室设置开放基金，基金根据实验室建设目标分为重大项目和重点项目。开放基金重点项目着重支持围绕氢能与燃料电池、基于多能源系统的智能网联汽车等新能源与新材料重大科学技术领域的基础研究、前沿技术和颠覆性技术研究，促进关键技术和工程化技术的研发和产业化，为佛山市、广东省乃至全国新能源、新材料相关领域高水平企业提供关键技术支撑。

根据工作安排，《2020-2022 年开放基金重点项目指南》经实验室战略咨询专家咨询审议、实验室第一届理事会第二次会议审定通过，

现向国内外公开发布。

申报项目需围绕实验室“五个中心”建设目标，解决氢能燃料电池领域重大科技需求，引领带动行业发展，助力氢能燃料电池产业高质量发展，为先进能源科学与技术广东省实验室佛山分中心（佛山仙湖实验室）的“五年建设目标”提供重大科技成果和高水平人才团队支撑；为在佛山孕育、孵化氢能燃料电池等新能源、新材料领域高水平企业提供关键技术支撑。

## 一、研究内容与技术指标：

### 1. 乘用车先进复合材料氢气瓶技术

#### 研究目标与内容：

围绕“车载 III 型气瓶结构监控和失效分析与评价关键技术”，开展复合材料氢气瓶的多物理场耦合分析技术、基于光纤传感技术的复合材料缠绕层健康监控技术、面向多目标参数识别的传感信号解调技术、数据驱动的氢气瓶承载状态诊断技术研究；开展氢气瓶缠绕层结构精细化建模技术、复合材料缠绕层多相多尺度分析技术、不同工况下复合材料层失效行为和损伤机理、含损伤氢气瓶的缠绕层结构完整性评估技术研究。

围绕“车载 IV 型气瓶缠绕层结构设计/制造/质量评价一体化关键技术”，开展考虑工艺耦合关联因素的多自由度非测地线线型、基于多相/多尺度分析的氢气瓶结构性能分析及调控方法研究；开展基于热-化-力多物理场分析的缠绕工艺参数影响机制、高效低成本缠绕工艺适宜性窗口调控原则研究；开展复合材料结构特别是封头区域精细

化补强设计方法、基于数字孪生技术的气瓶固有缺陷及服役损伤扩展分析研究，建立材料、结构、工艺、评价多学科综合优化模型和技术平台。

### 主要技术指标：

为仙湖实验室 III 型氢气瓶的车载示范应用提供关键技术支持，突破 70MPa IV 型氢气瓶的复合材料结构关键技术，促进国产 IV 型氢气瓶的研制；建立基于光纤传感技术的氢气瓶结构监控和评价平台，获取多工况条件下氢气瓶的典型响应；建立氢气瓶的复合材料结构失效分析方法与结构完整性评价平台；突破可兼顾结构效率与工艺可行性的碳纤维缠绕层优化设计和制造技术，建立气瓶缠绕层结构/工艺优化设计平台；建立设计准则和工艺规范；建立氢气瓶缠绕层包含封头缠绕层精细化补强结构的设计、制造、评价一体化技术平台。

项目研究期限：2020-2022 年。

### 成果提交方式：

- (1) 技术方法：研究报告，设计准则，工艺与技术规范。
- (2) 技术平台：设计与分析平台，检测和评价平台。
- (3) 专利和论文。

## 2. 服务多能源智能网联汽车示范系统的高效储能器件与设计软件

### 研究目标与内容：

面向多能源智能网联汽车发展需求，从材料设计、电极批量化制造、高效储能器件组装集成三个方面开展关键技术研究，为多能源智能网联汽车提供能量密度 $\geq 350$  Wh/kg 的新型三元动力电池器件及材

料优化、制造技术。重点开展电子结构及电化学反应的热力学和电化学动力学计算研究，开发计算模拟创新方法，进行材料筛选、构建机器学习大数据库，形成电极材料性能新技术；开展序构化超高镍三元正极材料的制备技术研究，实现颗粒可控形核、有序生长、择优取向和生长，探明容量衰减、电压衰退的本征因素，揭示构效关系并提出优化策略；研究高容量、长寿命高效储能器件结构设计准则，揭示基元序构的协同新效应，基于超高镍三元正极和硅碳复合微球负极，实现适用于多能源智能网联汽车的高效能源器件工程化制备。

### 主要技术指标：

数据库的材料基础模拟值可囊括基础材料数据库资源，并具有针对电极材料性能的优势，软件描述符能正确关联实验结果，并具有从理论上预测新型高性能电极材料的能力；获得高容量、大功率、长寿命超高镍（ $\geq 90\%$ ）NCM 正极材料的批量化制备技术，实现硅碳黑复合微球的宏量制备，复合微球碳含量在 10-60 wt% 范围内可调，硅氧比在 1-2 范围内可控；获得 $\geq 5$  Ah 级电芯制备技术，单体电芯能量密度 $\geq 350$  Wh/kg，循环寿命 $\geq 1000$  次，成本 $\leq 1$  元/Wh，安全性达到国标要求。

项目研究期限：2020-2022 年。

### 成果提交方式：

- (1) 能量密度 $\geq 350$  Wh/kg 的电芯、储能器件实物。
- (2) 电池材料模型数据库及软件 1 个。
- (3) 专利、软件著作权和论文。

### 3. 服务多能源智能网联汽车示范系统的热电磁新型器件

#### 研究目标与内容:

面向服务多能源智能网联汽车示范系统的热电磁器件需求,发展公斤级热电磁材料的制备技术,研发原料筛选、原料熔炼工艺优化、材料生长工艺优化工艺及装备;研究热电磁材料的加工方法和表面处理技术,包括材料固定方法探索、最优方向确定、切割方式选择和表面金属化处理等;研究热电磁器件高密度阵列拓扑结构设计和优化方法,内容包括器件结构设计、模具结构设计及加工、器件结构实现方法;发展热电磁器件组装、连结和封装一体化集成制造技术,设计并制造全自动集成制造装备;研究热电磁器件性能评价方法,建立器件性能测量平台;基于热电磁器件的多能源智能网联汽车发动机双向快速精确温控原理和智能实现系统研发。

#### 主要技术指标:

研制出 1-2 种双向快速精确温控的热电磁能量转换多功能新材料和器件,器件双向控温精度小于  $0.1^{\circ}\text{C}$ ;研制出基于热电磁能量转换原理的多能源智能网联汽车发动机双向控温系统,保障氢能燃料电池工作温度始终控制  $60-90^{\circ}\text{C}$  正常范围,实现工作温度低于  $60^{\circ}\text{C}$  时自动加热而高于  $90^{\circ}\text{C}$  时自动降温双功能。

项目研究期限: 2020-2022 年。

#### 成果提交方式:

- (1) 高效热电磁器件制造技术平台与实物。
- (2) 基于热电磁能量转换原理的多能源智能网联汽车发动机双向

控温系统 1 台。

(3) 专利和论文。

#### 4. 柔性光伏发电、发光、储电多功能一体化器件

##### 研究目标与内容：

面向新能源、新材料科学技术发展前沿，研究低能耗、高性能柔性器件所需新型有机无机杂化材料的设计理论；探索一体化多功能集成设计方法、复合器件构建技术和复合器件弯折失效机制；开发高速高精度飞秒激光微纳制造技术及装备，包括多材料体系可控选区加工技术、无掩膜激光转印技术和高速显微扫描加工技术；制备高效半透明镂空钙钛矿电池和高分辨高效有机发光微型阵列显示器件；制备新型柔性电解质材料，构筑高效的离子输运通道；实现高性能电极材料的可控制备，优化电子/离子的输运；开发芯片式储能电池的原位表征技术，揭示电池材料及界面的演变规律。发展多功能一体化集成制备技术，实现光伏-发光-蓄电多功能集成器件的制备。

##### 主要技术指标：

实现高效镂空钙钛矿太阳能电池可控制备和器件原型的研制，刚性  $100\text{ mm}\times 100\text{ mm}$  组件可见光波段平均透过率不低于 20%，电池组件效率不低于 13%；实现飞秒激光高速微纳加工系统的研制，加工速度  $>100\text{ mm/s}$ ，加工精度  $<1\text{ }\mu\text{m}$ ，加工幅宽  $>100\text{ mm}\times 100\text{ mm}$ ；实现高性能柔性电极/电解质材料可控制备及柔性储能电池原型的研制，循环寿命  $\geq 500$  次；实现光伏-发光一体化自驱动柔性显示器件制备及  $100\text{ mm}\times 100\text{ mm}$  一体化器件制备。

项目研究期限：2020-2022 年。

成果提交方式：

- (1) 飞秒激光高速微纳加工系统装备 1 套。
- (2) 镂空钙钛矿太阳能电池器件 1 套。
- (3) 柔性电极材料及柔性储能电池器件 1 套。
- (4) 光伏-发光一体化自驱动柔性显示器件 1 套。
- (5) 专利和论文。

## 5. 生物活性陶瓷纳米复合材料及增材制造颅颌面骨缺损修复体

研究目标与内容：

服务佛山陶瓷产业转型升级，模仿天然骨纳米复合结构，研制生物陶瓷基纳米复合骨修复材料及用于修复颅颌面大面积骨缺损的生物活性陶瓷植入物，实现颅颌面的功能和美学重建。突破的关键技术：生物陶瓷纳米颗粒与可降解高分子的均相复合技术；类骨组织细胞外基质结构的构建技术；纳米医疗器械中生物陶瓷纳米颗粒体内监测示踪技术；骨修复材料性能的体外生物学评价；生物活性陶瓷增韧技术与机制研究；个性化生物活性陶瓷植入物增材制造技术；符合人体美学和生物力学设计方法；植入物体内骨整合效果评价。

主要技术指标：

在纳米复合骨修复制品中，生物陶瓷纳米颗粒的含量达到  $65\% \pm 5\%$ ；获得类骨组织细胞外基质的纤维网状多孔结构，纤维直径在  $0.5\mu\text{m}-2\mu\text{m}$  之间；建立生物陶瓷纳米颗粒体内分布代谢定量检测方法，生物陶瓷纳米颗粒的检出限  $0.1-0.5\text{nmol/L}$ ，检测所需样品量



10-50uL；生物活性陶瓷材料的抗弯强度不低于 3MPa，断裂韧性不低于 0.5MPa· m<sup>1/2</sup>；修复体三维几何学精度优于 0.3mm；骨界面结合率不低于 50%，新骨量不低于 20%。

项目研究期限：2020-2022 年。

成果提交方式：

- (1) 生物医用纳米复合生物活性陶瓷制品。
- (2) 3D 打印颅颌面骨缺损修复材料。
- (3) 专利和论文。

## 6. 3D 打印生物陶瓷义齿关键技术研发

研究目标与内容：

服务佛山陶瓷产业转型升级，适应 3D 打印义齿的发展趋势，利用生物陶瓷材料的优异性能，联合佛山生物陶瓷骨干企业，服务于佛山陶瓷产业转型升级。将纳米效应、仿生设计、3D 打印等先进技术引入生物陶瓷材料构建中，开展临床急需的新型氧化锆生物陶瓷义齿研发，满足精准、个性化治疗需求。主要研究内容包括：氧化锆材料组成和结构的梯度功能仿生设计、纳米复合构建技术和激光固化增材制造技术；义齿三维设计、3D 打印生坯、脱脂与等静压处理、高温烧结等技术；实现全瓷冠个性化和美学效果的高固含量陶瓷浆料均匀混合、色剂与基料配置技术；氧化锆陶瓷义齿致密度、强度、韧性、形貌、尺寸精度和光洁度、通透性调控技术；建立全瓷义齿材料生物安全性和可靠性体内外评价的模型、方法体系和技术标准建立；全瓷义齿材料实现病变损伤牙体组织修复和功能重建的生物力学及组织

相容性评价。

### 主要技术指标：

氧化锆陶瓷义齿弯曲强度 $\geq 1100\text{MPa}$ ，断裂韧性 $\geq 5\text{MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$ ；氧化锆陶瓷义齿咬合磨损寿命 $\geq 30$ 万次；氧化锆陶瓷义齿透光系数 $\geq 1.7$ ；氧化锆陶瓷义齿三维几何学精度符合临床要求，材料生物安全性通过NMPA认证，对骨、软组织无细胞毒性、无过敏反应。

项目研究期限：2020-2022年。

### 成果提交方式：

- (1) 形成生物陶瓷义齿材料技术标准1份。
- (2) 第三方检测报告1份。
- (3) 新型3D打印生物陶瓷材料1种；
- (4) 氧化锆全陶瓷义齿医疗器械产品1项。
- (5) 专利和论文。

## 7. 固态高功率脉冲用关键材料与器件

### 研究目标与内容：

针对氢燃料电池汽车动力输出的动态需求，发展高功率脉冲技术，匹配储能器件与燃料电池系统的耦合能力。重点发展满足固态高功率脉冲技术需求的关键新材料、设计并研制高储能密度的储能元件，建立具有自主知识产权的新型介质材料制备技术；掌握材料的基本组成、掺杂、显微结构等对性能影响规律，获得高耐压、高储能密度介质材料体系，建立氢能汽车辅助动力元器件设计及制备技术。

### 主要技术指标：

介质材料工作温度 $-55^{\circ}\text{C} \sim 200^{\circ}\text{C}$ 、烧结温度 $\leq 1150^{\circ}\text{C}$ ；室温介电常数 $100 \sim 3000$ 可调；介电损耗 $\tan\delta \leq 0.015$ 、储能效率 $\geq 80\%$ ；元器件性能达到低损耗（损耗角正切 $\leq 0.015$ ）；储能密度不低于 $5.0\text{J}/\text{cm}^3$ ，储能效率大于 $80\%$ ；电容 $5000 \sim 20000\text{pF}$ ，绝缘电阻 $\geq 105\text{M}\Omega$ ，可使用温度不低于 $400^{\circ}\text{C}$ ，且在该温度条件下储能效率不低于 $70\%$ ；高稳定性，容温变化率满足 $\Delta C/C \leq \pm 15\%$ （ $-55 \sim 200^{\circ}\text{C}$ ）。

项目研究期限：2020-2022年。

成果提交方式：

- (1) 经第三方检测、达到技术指标要求的材料1种。
- (2) 经第三方检测、达到技术指标要求的器件实物1项。
- (3) 专利和论文。

## 8. 材料测试技术

研究目标与内容：

面向仙湖实验室建设目标和长远发展规划，开发材料结构、成分和成键状态的原子-纳米尺度综合分析测试技术、对材料性能有重要影响的微量元素定量分析测试技术、材料表面和界面结构及其演变规律原位动态表征测试技术、材料微米-纳米尺度热电磁和力学行为精确测量测试技术、材料功能基元及其序构与性能的构效关系高通量分析测试技术，形成完整的材料组成、结构、性能测试能力；整合实验室测试设备资源，构建测试过程规范、设备智能管理、线上预约服务和线上技术咨询的远程实时监控平台，建立测试结果线下跟踪、信息反馈和计量认证的质量保证体系；针对氢能发展前沿，开发材料测试

交叉创新技术，为实验室前沿技术与颠覆性技术开发提供测试技术与装备支撑。

### **主要技术指标：**

测试平台包含显微结构测试、化学成分测试、物相结构测试、精细结构测试、热学性能测试、力学性能测试、磁-电学性能测试能力；形成具有线上预约测试功能的运行平台 1 个；正式运行的测试平台开机率不低于 80%。

**项目研究期限：**2020-2022 年。

### **成果提交方式：**

- (1) 材料综合测试平台 1 个。
- (2) 具有线上预约测试功能的运行平台 1 个。
- (3) 专利和论文。

## **二、申报条件要求：**

1. 申报单位需在项目指南规定的技术领域具有扎实的研究开发工作基础，取得本领域国内外公认的科技成果。优先支持与佛山仙湖实验室的战略合作企业开展实质性产学研合作，能够加快科技成果在佛山产业化的申报单位；优先支持能与国际国内优势单位强强合作的申报单位。
2. 承诺获批后在佛山仙湖实验室建立研发团队，并签订工作合同。
3. 本项目支持获得的成果，应标注“先进能源科学与技术广东省实验室佛山分中心（佛山仙湖实验室）开放基金资助”，英文：

“Supported by Foshan Xianhu Laboratory of the Advanced Energy

Science and Technology Guangdong Laboratory”。

### 三、报送说明：

1. **报送地址：**广东省佛山市南海区发改局（南海区南新五路27号南粮大厦三楼），佛山仙湖实验室科技项目管理与成果推广部。
2. **联系方式：**唐浩林，[thln@whut.edu.cn](mailto:thln@whut.edu.cn)，13545194198。
3. **截止日期：**2020年3月20日。

先进能源科学与技术广东省实验室佛山分中心

佛山仙湖实验室

2020年2月