

附件 1:

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  
重大项目指南

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 年开放基金重大项目指南

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。开放基金重大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重大领域进行工程化技术和前沿技术的研发和产业化，为佛山市、广东省乃至全国氢能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 年开放基金重大项目指南》经 10 位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：

### 1.30 Nm<sup>3</sup>/h 光伏制氢与光热制氢关键技术及示范

#### 研究目标与内容：

- (1) 超高倍聚光热电/光电复合发电制氢技术示范；
- (2) 高效低成本钙钛矿光伏制氢技术示范；
- (3) 高效低成本低铂电解水催化剂制备；
- (4) 高效光热制氢技术示范。

#### 主要技术指标：

- (1) 超高倍聚光热电/光电复合发电示范系统转换效率 $\geq 25\%$ ，单台聚光系统功率 $\geq 8$  kW、太阳聚光比 $\geq 700$ ，示范系统发电成本 0.3-0.4 元/度电。
- (2) 30 cm x 30 cm 钙钛矿太阳能电池组件效率突破 20%，在 85%湿度、65 °C、一个太阳光照 1000 小时效率衰减不超过 10%，示范系统发电成本 0.2-0.3 元/度电。
- (3) 质子交换膜电解水制氢催化剂铂含量 $\leq 5\text{wt.}\%$ ，催化性能超过商用催化剂，小室工作电压 $\leq 1.8\text{V}@2\text{A}/\text{cm}^2$ ，结合储能策略实现电解水装置稳定工作，5 年后电压升高 $\leq 10\%$ ；碱性电解槽小室电压

$\leq 1.85\text{V}@0.4\text{A}/\text{cm}^2$ ，能耗低于  $4.5\text{ kW}/\text{m}^3\cdot\text{h}$ ，电极材料至少稳定工作 5 年，小室电压升高 $\leq 6\%$ 。

(4) 综合超高倍聚光热电/光电复合发电、钙钛矿太阳能电池发电技术的可再生能源电解水制氢成本 $\leq 25$  元/kg。

(5) 光热效率 $>75\%$ ，集热温度 $>250^\circ\text{C}$ ，储热材料储热密度 $>400\text{ kJ}/\text{kg}$  ( $280\text{-}650^\circ\text{C}$ )；7500 次冷热循环后，储热密度衰减 $<3\%$ ；储热装置储热效率 $>95\%$ ，储热温度 $>650^\circ\text{C}$ ，储热材料导热系数 $>2\text{ W}/\text{m}\cdot\text{K}$ ，10kV 电压、 $650^\circ\text{C}$  温度条件下储热材料电阻率 $>2\text{ M}\Omega$ ；光热制氢反应转化率 $>97\%$ ，制氢纯度 $\geq 99.999\%$ ，产氢成本 $<20$  元/kg。

项目研究期限：2020-2022 年。

成果提交方式：

专利和知识产权； $30\text{ Nm}^3/\text{h}$  超高倍聚光热电/光电复合发电碱性电解水制氢示范线、 $30\text{ Nm}^3/\text{h}$  钙钛矿光伏质子交换膜电解水制氢示范线、 $30\text{ Nm}^3/\text{h}$  高效光热制氢示范线。

**2. 高功率密度、长寿命 120kW 大功率电堆及其关键材料工程化技术研究目标与内容：**

- (1) 燃料电池复合质子交换膜制备技术；
- (2) 高性能 SPE 水电解用复合质子交换膜制备技术；
- (3) 高活性催化剂工程化技术；
- (4) 高性能膜电极制备技术；
- (5) 120kW 电堆工程化技术。

## 主要技术指标:

- (1) 复合质子交换膜质子传导面电导 $\geq 50 \text{ Scm}^2$ 、 $-20^\circ\text{C}$ 面电导 $\geq 5 \text{ Scm}^2$ 、最大渗氢量 $\leq 2 \text{ mA/cm}^2$ 、最大渗氧量 $\leq 2 \text{ mA/cm}^2$ 、强度 $\geq 40 \text{ MPa}$ 、化学机械混合耐久性 $\geq 20000$  循环、最高工作温度 $\geq 95^\circ\text{C}$ 。
- (2) 水电解质子交换膜面电导 $\geq 10 \text{ Scm}^2$ 、强度 $\geq 30 \text{ MPa}$ 、氢气渗透率 $\leq 0.004 \text{ mL/min cm}^2$ 、氧气渗透率 $\leq 0.004 \text{ mL/min cm}^2$ 、最高工作温度 $\geq 90^\circ\text{C}$ 。
- (3) 催化剂质量活性 $\geq 0.3 \text{ A/mgPt}@0.9 \text{ VIR-free}$ ; 3 万次循环质量比活性衰减 $\leq 20\%$ ; 催化剂金属载量 $\geq 50\% \text{ wt.}\%$ ，粒径大小分布偏差 $\leq 0.8 \text{ nm}$ ，颗粒大小均匀，分布集中; 催化剂规模化生产能力 $\geq 500 \text{ g/天}$ 。
- (4) 膜电极铂载量 $\leq 0.28 \text{ mg/cm}^2$ ，功率密度 $\geq 1.8 \text{ W/cm}^2$ ，在  $0.62 \text{ V}$  电压下电输出性能 $\geq 2 \text{ A/cm}^2$ ，在  $0.8 \text{ V}$  电压下 $\geq 0.3 \text{ A/cm}^2$ ，寿命 $\geq 20000 \text{ h}$ 。
- (5) 电堆功率 $\geq 120 \text{ kW}$ ，电堆功率密度 $\geq 3.5 \text{ kW/L}$ ，电堆低温冷启动环境温度 $-30^\circ\text{C}$ ，电堆在车载工况下实测运行  $3000 \text{ h}$  后电压下降 $\leq 3\%$ ，电堆预期寿命 $\geq 10000 \text{ h}$ 。

项目研究期限：2020-2022 年。

## 成果提交方式:

专利和知识产权; 复合质子交换膜卷材、百克级催化剂、全尺寸水电解质子交换膜、全尺寸膜电极、 $120 \text{ kW}$  燃料电池电堆实物 (4 台)。

## 3. 基于氢燃料电池的多能源智能网联汽车关键技术

研究目标与内容:

- (1) 100kW 氢燃料电池系统开发;
- (2) 基于燃料电池的多能源线控移动出行平台开发;
- (3) 智能网联汽车关键技术开发;
- (4) 整车集成与匹配。

### 主要技术指标:

- (1) 乘用车燃料电池发动机: 空压机空气升压比 $\geq 2.5$ , 效率 $\geq 70\%$ , 噪声 $\leq 70\text{dB(A)}$ ; 氢气循环泵满足阳极回流比 $\geq 2.0$ ; 系统体积比功率 $\geq 600\text{W/L}$ , 最高效率 $\geq 55\%$ , 寿命 $\geq 5000\text{h}$ , 实现 $-25^\circ\text{C}$ 储存与启动。
- (2) 客车燃料电池发动机: 系统功率 $\geq 100\text{kW}$  (单电堆), 耐久性 $\geq 10000\text{h}$ , 重量比功率密度 $\geq 300\text{W/kg}$ , 最高效率 $\geq 60\%$ , 实现 $-25^\circ\text{C}$ 储存与启动。
- (3) 线控出行平台: 最高车速不低于  $140\text{km/h}$ , 最大爬坡度 $\geq 20\%$ ; 线控驱动响应时间 $\leq 10\text{ms}$ , 速度反馈误差 $\pm 0.1\text{m/s}$ ; 线控转向精度 $\leq 0.1$ 度、响应时间 $\leq 20\text{ms}$ ; 线控制动响应时间 $\leq 80\text{ms}$ 、制动力度 $\geq 0.8\text{g}$ 。
- (4) 智能网联整车实现周边常见交通要素多传感器融合检测, 行人等小目标检测准确度  $> 95\%$ , 障碍物检测准确率  $> 98\%$ , 响应时间 $\leq 100\text{ms}$ ; 人车智能交互系统实现在特定驾驶场景下的脑机接口, 识别准确率  $> 90\%$ 。

项目研究期限: 2020-2022 年。

### 成果提交方式:

专利和知识产权; 100kW 燃料电池发动机系统实物、线控移动出行平台实物、智能网联域控制器软硬件、动力系统多能源协同控制器;

智能网联燃料电池城市客车 1 台、乘用车 1 台、重型卡车 1 台。

#### 4. 氢燃料电池测试与安全技术研究

研究目标与内容:

- (1) **先进燃料电池系统及电池测试技术:** 高压水片状加热器直喷式蒸发器与蒸发区和传递区快速水热平衡的多元耦合测试装置开发、系统核心部件-电堆-模块系统”多层级测试方法及多组件条件耦合的优化仿真、燃料电池一体化测试平台开发与快速响应的控制与分析研究、燃料电池寿命与在线健康诊断方法仿真。
- (2) **氢安全与储运技术:** 高压氢系统单向阀高速氢气流冲击损伤机制及优化设计、加氢站安全量化风险评估方法研究、加氢站承压设备定期检验与安全评定、车载储氢气瓶无损检测与定期检验评定。

主要技术指标:

- (1) **先进燃料电池系统及电池测试技术达到:** ①测试系统容量  $\geq 160\text{kW}$ , 测试直流电压  $\geq 1000\text{V}$ , 直流电流  $\geq 1000\text{A}$ , 功率测试精度  $\leq 0.1\%$  (额定功率、标称流量)。②环境模拟: 环境温度模拟范围  $-40 \sim 80^\circ\text{C}$ , 精度  $\pm 1^\circ\text{C}$ ; 环境湿度模拟范围  $10 \sim 95\text{RH}$ , 精度  $\leq \pm 5\text{RH}$ ; 高原环境模拟范围  $\geq$  海拔  $2000\text{m}$ ; 湿度调节响应时间  $\leq 3\text{min}$ , 气体流体调节响应时间  $\leq 3\text{s}$ 。③换热系统: 温度控制精度  $\leq \pm 0.5^\circ\text{C}$  (稳态下)。④供氢系统: 供氢流量测试精度  $\leq 0.5\%$  (额定功率、标称流量)。⑤电化学: 内阻测试与在线交流阻抗测试精度  $\leq 1\%$ , 可实现对大功率长电堆的交流阻抗测试。⑥支持“部件-

电堆-模块系统”多层次测试，提供健康诊断与寿命在线测试功能。

⑦模拟工况测试种类 $\geq 10$ 种；具有用户自定义运行策略功能(启停、加减载、循环工况等)。⑧具备电堆/模块/系统的智能化运行特性分析及运行状态评估能力。提供阳极被动供氢（供气系统）、主动供氢（喷射泵）、氢循环和间断排放等匹配测试功能。

(2) **氢安全与储运技术达到：**①建立单向阀高压氢气流瞬态流动模型，获得流道结构、阀芯形状、氢气压力、弹簧系数等对流动冲击载荷的影响规律，高压流动模型压力和速度预测误差 $\leq 15\%$ ，经优化设计后的单向阀最大冲击载荷减小 $\geq 20\%$ ，获得不低于 70MPa 的单向阀材料高压氢脆测试数据；②建立基于真实工况的 CFD 数值模型，获得储氢压力、泄漏口尺寸及数量、障碍物等因素对受限空间氢泄漏扩散的影响规律；形成加氢站氢系统综合风险评价方法，建立风险量化计算方法并提出评价指标体系；建立有效的事故缓解方法和应急安全响应机制；③实现高压储氢设备（开孔直径 $\leq 40\text{mm}$ ）全厚度、多角度、多方向及复杂结构（如接管焊缝）的超声动态聚焦检测，检测灵敏度 $\Phi 2\text{mm}$ 长横孔、定位精度 2mm；建立加氢站承压设备缺陷检测和安全评定技术；建立加氢站高压储氢系统参数优化方法；④实现对碳纤维全缠绕储氢气瓶多角度、缠绕层全深度（0mm~30mm）聚焦检测，实现对缺陷的定位与定量，定位误差 $\pm 3\text{mm}$ ，定量边界误差 $\pm 5\text{mm}$ ，当量幅值 $\pm 3\text{dB}$ ；得出碳纤维在不同缠绕工艺下经固化处理后，声速传播的衰减量；获得不同衰减和层厚情况下的 TGC 曲线。



项目研究期限：2020-2022 年。

成果提交方式：

- (1) **先进燃料电池系统及电池测试技术：**专利和知识产权；高压水片状加热器直喷式蒸发器、蒸发区和传递区快速水热平衡的多元耦合测试装置、高精度一体化快速响应测试平台的实物；燃料电池一体化测试平台及快速响应的控制与分析软件、燃料电池寿命与在线健康诊断方法仿真系统、燃料电池系统核心部件-电堆-模块以及系统各层级多组件条件耦合的优化仿真系统。
- (2) **氢安全与储运技术：**专利和知识产权；单向阀瞬态流动冲击及失效机理研究报告、高压氢系统单向阀优化设计报告及实物；加氢站氢系统综合风险评价方法研究报告；加氢站承压设备无损检测装置、高压储氢容器缺陷检测与安全评定报告；碳纤维全缠绕储氢气瓶相控阵检测装置及检验工艺报告。

## 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