

# 燃料电池教学辅助解决方案

## 进阶版-燃料电池系统模拟/电堆测试平台



苏州弗尔赛能源科技股份有限公司

2020年05月

燃料电池动力系统模拟/电堆测试评价平台是在弗尔赛能源燃料电池动力系统解决方案专业教学入门基础上，为解决中/高等院校、科研院所等对于燃料电池专业教学、专业研究等方面需求进一步拓展开发，该解决方案是在以上院校在燃料电池教学中完成入门基础后的进阶版，围绕燃料电池系统中最核心的零部件燃料电池电堆（单电池），通过小功率水冷电堆测试平台硬件的搭建，模拟燃料电池电堆及系统的工作条件，达到评价电堆在不同工况下的表现参数，并通过外部输入条件参数的调整，探索研究燃料电池电堆的控制策略等。

## 2.方案概况

### 2.1 方案介绍

燃料电池动力系统模拟/电堆测试评价平台是为满足高等院校、科研院所等在燃料电池教学与科研方面的需求，可用于催化剂性能、单电池设计开发与性能评价、电堆功能、性能、稳定性和耐久性综合评价与系统的控制策略研究等。

平台针对水冷式氢空燃料电池设计，适用功率范围 0.6kW-5kW 之间燃料电池堆的性能演示。

可实现功能：

- (1) U-I 极化曲线测试
- (2) 电堆稳定性能测试
- (3) 单电池一致性性能测试
- (4) 电堆效率测试

- (5) 启动/停机循环特性测试
- (6) 加载循环特性测试
- (7) 过载特性测试
- (8) 极限性能测试
- (9) 气密性试验
- (10) 压力性能特性测试
- (11) 压力差特性测试
- (12) 气体温度性能特性测试
- (13) 气体湿度性能特性测试
- (14) 气体计量比性能特性测试
- (15) 冷却压力性能特性测试
- (16) 冷却温度性能特性测试
- (17) 冷却进出口温差性能特性测试

可选功能:

- (1) 环境仓
- (2) 低温存储测试
- (3) 低温冷启动测试
- (4) I-R 测试
- (5) 交流阻抗测试
- (6) 振动测试
- (7) 纯氧系统测试
- (8) 杂质注入性能影响测试

## 2.2 方案主要技术参数

系统	1.1 测试功率范围	0.6~3kW
	1.2 气体输入通道	氢气、空气、氮气
	1.3 工作模式	自动运行/手动控制
增湿系统	2.1 露点控制范围	室温~85°
	2.2 露点控制精度	±1.5°
	2.3 到达露点响应时间	≤20 分钟
	2.4 增湿方式	鼓泡/雾化
供气系统	3.1 氢气流量控制范围	10~100SLPM
	3.2 氢气流量控制精度	≤±(0.8%RD+0.2% of F.S.)
	3.3 空气流量控制范围	35~350 SLPM
	3.4 空气流量控制精度	≤±(0.8%RD+0.2% of F.S.)
	3.5 氧气流量控制范围	可选
	3.6 氧气流量控制精度	可选
	3.7 氮气流量控制范围	0~50SLPM
	3.8 氮气流量控制精度	≤±3%
	3.9 气体压力测量范围	0~0.4Mpa
	3.10 气体压力测量精度	≤±0.25%
	3.11 背压控制范围	20~300kPa
	3.12 背压控制精度	≤±2kPa
	3.13 脉冲排放	具备
水热管理系统	4.1 冷却剂	去离子水/防冻液
	4.2 温度控制范围	室温+10°C~90°C
	4.3 温度控制精度:	≤±1°C
	4.4 冷却液压力控制范围	20~300kPa
	4.5 冷却液压力控制精度	≤±3KPa
	4.6 流量范围	2-20L/min
	4.7 流量精度	≤1%
	4.8 在线电导率测试范围	0.5~200μS/cm
	4.9 温升速度:	≥5°C/min
	4.10 电堆进出口冷却液温差	≤8°C
电子负载	5.1 功率:	客户选型
	5.2 电流响应时间:	≤10ms
	5.3 电子负载电压输入范围:	2~80V
	5.4 电压精确度:	≤0.1% of F.S.
	5.5 电子负载电流输入范围:	0~360A (客户选型)
	5.6 电流精确度	≤0.1% of F.S.
	5.7 工作模式	恒电流、恒电压、恒功率、恒电阻
电压检测	6.1 堆电压检测	≤200V
	6.2 单片电池巡检通道	36

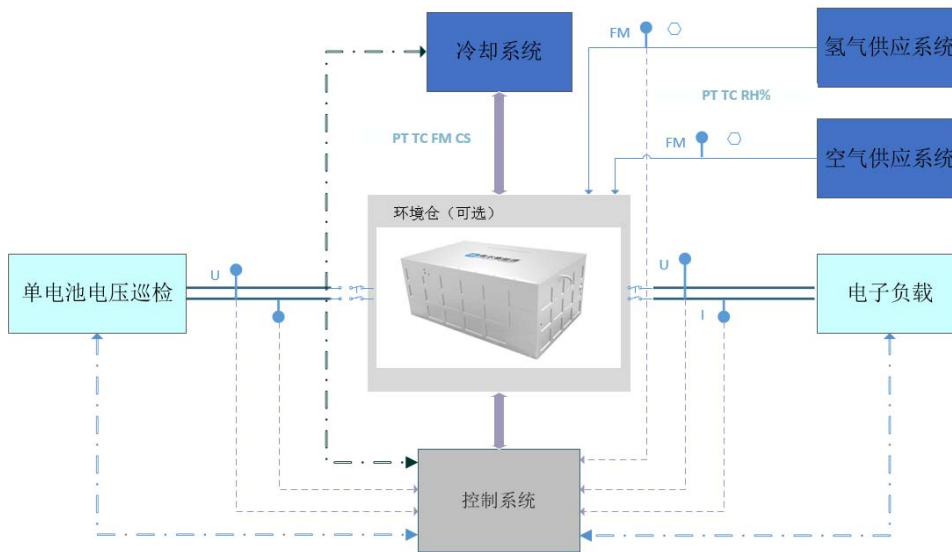
	6.3 巡检测试接头	带接触式巡检电压检测接头
	6.4 电压测量分辨率:	1mv
	6.5 电压测量精度:	$\leq \pm 2mV$
	6.6 采样周期:	$\leq 50ms/36$ 通道
软件	7.1 功能	具有各功能设定功能, 包括不限于流量、温度、压力设置功能, 可编程自动运行功能, 实时数据存储功能, 燃料电池常规曲线自动作图显示功能
安全运行控制	8.1 安全措施	氢气泄漏报警; 超温、气体超压、欠压报警; 电压低报警、水位报警、自动、手动紧急关机; 尾气排放自动分水功能; 24 小时 400KPa 保压能力; 操作电脑、显示器、软件、控制数据采集系统;

## 2.3 方案构成

### (1) 燃料电池电堆测试平台



燃料电池电堆测试平台主要由控制单元、单电池电压巡检单元、冷却单元、空气供应单元以及 DC/DC 单元组成。



## 控制单元

控制系统由上位机、下位机以及安全控制系统组成。上位机采用 Labview/C#编写，具有稳定性高、灵活性好等特点；采用文件配置，扩展性高。下位机采用 NI 板卡/BECKHOFF PLC，方案兼顾高速采集与稳定性能，实现可靠运行。安全控制系统采用 BECKHOFF 安全模块，实施设备安全控制策略，能够在紧急情况下实现安全保护。

## 单电池电压巡检单元

CVM 控制器采用低电荷、低电容、双电源多路复用开关，差分输入巡检方式进行单体电压检测，单体电压信号经过共模抑制调理电路消除系统高共模电压势垒影响，利用 16 位高分辨率同步采样系统，提高单体电压采样速率，保证单体电压采样精度。

此方案每通道检测电压范围 $\pm 2.5V$ ，巡检时间少于 50ms、采样速率 250kS/s，0.1%采样精度，适用于燃料电池单体电压检测；

同时支持分布式电池电压采样，通过级联方式实现大功率多通道

单体电压测量。

## 冷却单元

冷却系统由水泵、流量计、电导率传感器、热交换器、快速升温模块、温度传感器、压力传感器以及电子调压阀组成。整体冷却方案采用二级冷却方式，由与测试台连接的冷却水提供冷源，通过热交换器调节电堆入口温度。系统设计快速升温回路，可减少升温时间，减少程序等待时间。管路采用食品医药等级 316L 材质，极大降低测试台析出率，采用电导率传感器监测，确保冷却液保持低电导率。压力流量调节控制采用水泵调速以及电子调压阀耦合控制，达到快速精确的调节需求。

## 空气供应单元

空气供应系统由球阀、压力表、过滤器、压力传感器、减压阀、流量控制器、电磁阀、加湿器、调压阀、温度传感器以及管路组成。空气湿度采用露点控制方式调节，压力控制采用电子调压阀控制。采用先进控制算法实现压力精确控制。空气管道均采用洁净级 316L 管道。

## DC/DC 电压转化单元



用于将燃料电池模块的输出电压升压到需求电压等级，输入电压范围

28.8V-48V，输出电压为 60V，可根据需求调整。

## (2) 储/供氢单元

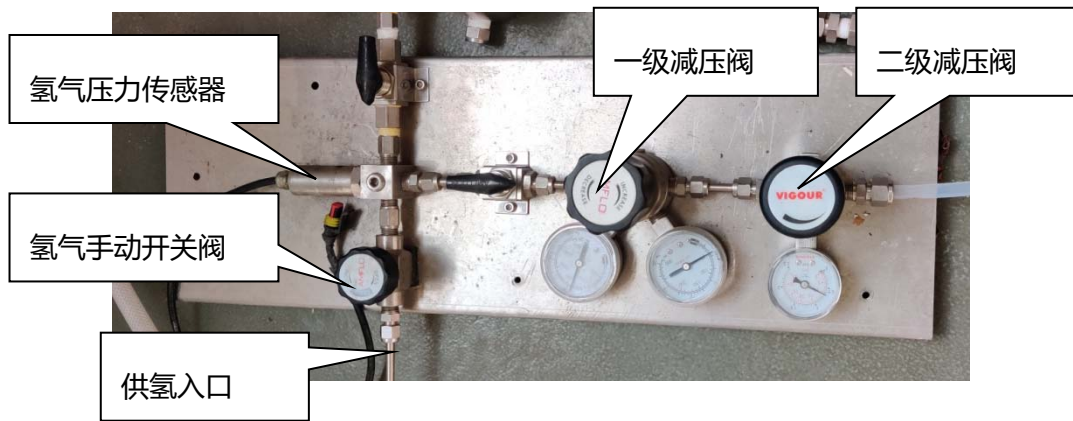


### 储/供氢单元

氢气供应系统由球阀、压力表、压力传感器、减压阀、流量控制器、电磁阀、加湿器、调压阀、温度传感器以及管路等组成。氢气湿度控制采用露点控制方式调节，压力控制采用电子调压阀控制。控制采用先进控制算法，实现精确快速的调节，氢气路另配备脉冲排放功能。氢气管道采用 BA 等级 316L 材质，有效减小管道压阻。氢气路传感器及控制阀均采用防爆级别原件，增加氢气使用安全性；另外，配备氢气泄漏传感器实现多级氢气泄漏安全控制策略，通过安全系统也可以与实验室安全系统联动，确保氢气使用安全以及实验室安全。

储/供氢单元包含氢气瓶组（数量可根据要求定制）、氢气汇流排、氢气管路等。供氢单元是主要功能是为燃料电池提供的氢气，产品具有自动切换供氢，实时监测压力及浓度。





### 供氢单元部件介绍

一级减压阀：调节进入二级减压阀的压力，使其保持在规定的 0.8-1Mp 之间

二级减压阀：调节进入电堆的压力，使其保持在规定的 0.06-0.08MPa 之间

氢进压力表：显示各减压阀后端的氢气压力

氢浓度传感器：测量氢柜内部和燃料电池系统内部氢气浓度，数据通过 主控制器的 CAN 通讯口发出

氢总开关阀： 氢进气总管路开关

### (3) 电子负载

电子负载采用高精度直接消耗式负载，具有恒压、横流、恒功率、恒电阻模式。基于 FPGA 的控制电路具有多项功能。负载采用 19 英寸标准机柜设计，可模块化组合。采用 DSP 控制器，响应快速。采用大面板 TFT 显示器可直观手动操作，配备数字通讯，与测试台快速通讯实现功率调节。