本章采购需求中标注“★”号的条款为本次谈判采购项目的实质性要求，供应商应全部满足。

一、采购内容

性能考核系统采购项目（第二次）。

★二、性能考核系统技术指标明细：

性能考核系统在性能测试上需同时兼容研发初期电流密度＜1A/cm^2，催化层有效面积5cm×5cm 规格膜电极；以及研发中后期电流密度 1~3A/cm^2，催化层有效面积 10cm×10cm、20cm×20cm 规格膜电极。

性能考核系统各构成组件技术规格、参数与要求如下：

①电源

电源按照设定参数向测试系统供电，具体参数如下。

表 1 电源参数

序号	功能参数	技术指标	备注
1	电压	15V	
2	电压纹波	≤200mV	纹波峰-峰值
3	电压精度	0.1%+0.2%FS；	
4	电流	≥1500A	
5	电流精度	0.1%+0.2%FS	
6	整流方式	PWM	
7	斩波方式	MOS 或 IGBT	
8	线性调整率	≤0.1%F.S.	电压、电流
9	负载调整率	≤0.1%F.S.	电压、电流
10	功率扩展性	支持主从并联扩展功率	
11	电流/电压升降	电流/电压升降斜率可设置	
12	电压/电流非线性输出	配备函数发生器，以正弦波、三角波、方波、梯形波及自定义波形模式输出电压/电流	函数发生器可以以内置或外置的方式配备

②气体管理模块

气体管理模块由管路、气体冷却分离器、背压阀、分水阀、安全阀等组成，可对电解产氢进行压力控制和干燥。电解产生的氧气与阳极回水共管道排出，返回水箱，水循环利用，

氧从水箱上排氧孔排出。

气体管理模块具备氮气吹扫功能，保证管道内不存留杂质气，急停时自动开启氮气吹扫，保证设备和人员的安全。

气体管理模块具体参数如下。

表 2 气体管理模块参数

序号	功能参数	技术指标	备注
1	氢气流量	0~0.5Nm^3/h	
2	氢气压力	0~1MPa	手动背压控制
3	氢气水分去除率	99%液态水去除。	两级气-水分离
4	管路吹扫	具备氮气吹扫功能，在遇紧急停车情况时，自动开启氮气吹扫	

③供水模块

供水模块由管路、循环水箱、循环泵、流量计、补水泵、安全阀及管路等组成，可对原料水进行流量及温度控制具体参数如下。

表 3 供水模块参数

序号	功能参数	技术指标	备注
1	[a]电解原料水循环流量	0~0.3m^3/h	不同供应商因测试夹具设计差异，允许电解原料水循环流量合理偏离 0.3m^3/h
2	电解用原料水流量控制精度	±1%RD	
3	原料水纯度	电导率≤0.1ms/m@25℃	作为原料水的纯水由用户提供，不对商家作要求
4	调节温度范围	范围 RT~95℃，自动控制，精度<±1℃，分辨率 0.1℃。	
5	二级冷却水	汽水分离、板式换热器热交换	

[a]注：原料水循环流量衡算

（以下计算内容供供应商衡算原料水循环流量时参考）

PEM 电解，原料水除供给电解反应外，还起着冷却水作用，让电堆温度维持恒定，防止膜电极过热损坏。因此，原料水循环流量为原料水电解反应消耗量与冷却测试夹具/电堆所需水量之和。

1）原料水电解反应消耗量

PEM 电解理论消耗水量为每生成 1 Nm^3/h H_2，纯水消耗量为 0.8L/h，考虑到部分水分随 O_2 排放损失，实际耗水量计为 1L/h。

当氢气最大流量 0.5Nm^3/h 时，电解反应最大耗水量

Q_{max}=1L/h×0.5=0.5L/h

氢气最小流量按照一片 5cm×5cm 膜电极，2A/cm^2@2V 计算，制取 1Nm^3H_2 按照 2390A·h/m^3 计算，则氢气最小流量为:（2A/cm^2×25cm^2）/2390A·h/m^3=0.021 Nm^3/h

当氢气最小流量 0.021 Nm^3/h，电解反应最小耗水量：

Q_{min}=1L/h×0.021=0.021L/h

2）冷却测试夹具/电堆所需水量

在 PEM 电堆实际工作时，进入电堆的原料水除供给电堆电解反应外，还起着冷却电堆的作用（外部冷却设备，如风扇、半导体制冷贴片等无法对电堆堆芯有效冷却），当电解时电堆最高温度在 85~90℃之间，0.5Nm^3/h 产氢下冷却水实际流量经验值为 300L/h，即 0.3m^3/h。

综合 1）、2）可以看出，相对于冷却用水流量，电解反应消耗水量可以忽略不计，故冷却用水流量即为原料水循环流量。

注意：不同供应商因测试夹具设计的差别，对于冷却水的需求存在差别，允许电解原料水循环流量偏离 0.3m^3/h。

④检测模块

检测模块对设定检测点处的供电参数及物理参数进行检测，具体参数如下。

表 4 检测模块参数

序号	功能参数	技术指标	备注
1	电压	量程：0~15V；精度：≤0.1%+0.2%FS	
2	电流	量程 0~1500A；精度：≤0.1%+0.2%FS	
3	气体温度	范围 0~100℃；精度±1℃；分辨率 0.1℃。	
4	气体压力	范围 0~1Mpa；精度<0.5%FS；分辨率 1kPa。	
5	氢浓度	范围 0~100%LFL；精度≤3%LFL，分辨率≤1%LFL	LFL：可燃下限，氢气 LFL=4%
6	电导率	精度 1uS/cm	
7	膜电极电压巡检	巡检单通道检测范围±5V；精度±1mV	巡检节数≥25 节

表 5 检测点要求

序号	检测项	检测点要求
1	供电参数	
1.1	电堆电流	电堆供电线上布置检测点
1.2	电堆电压	电堆供电线与堆体连接处布置检测点
1.3	膜电极电压	巡检系统检测，无需额外检测点
1.4	膜电极电流	巡检系统检测，无需额外检测点
2	温度	
2.1	电堆温度	预留温度传感器探头，采用在电堆贴片，或在双极板预留探头插入孔的方式测定电堆温度
2.2	阳极原料水进口温度	阳极侧进水口布置检测点
2.3	阳极原料水出口温度	阳极出水口布置检测点
2.4	氢气温度	气-液分离后布置检测点
3	压力	
3.1	阳极原料水进口压	阳极侧进水口布置检测点

	力	
3.2	阳极原料水出口压力	阳极出水口布置检测点
3.3	氢气输出压力	氢气侧气液分离后布置检测点；气液分离前设置一带阀门支路，方便在必要时引出未除水的氢气；气液分离后设置一带阀门支路，方便在必要时引出干燥氢气。
4	流量	
4.1	阳极原料水进口流量	阳极侧进水口布置检测点
4.2	产氢流量	氢气侧气液分离后布置检测点
5	电导率	
5.1	进水电导率	电堆阳极进水处布置检测点
5.2	回水电导率	电堆阳极出水处布置检测点
6	含水量	氢气侧气液后布置检测点
7	氢气泄漏	设备机箱内外各设一个氢气浓度检测点，用于检测泄漏氢气

⑤安全防护模块

安全防护模块为电解测试提供全方位安全防护，操作台设声光报警器，面板上设急停按钮，具体功能如下：

表 6 安全防护模块参数

序号	功能参数	技术指标	备注
. 1	操作条件异常	具备流量、压力、温度响应偏差保护设定及警示功能，具备压力、温度、压差上限保护设定、警示及自主保护功能	在主要参数流量、压力、温度等超过设定阈值时自动报警、停机。
. 2	氢泄漏	具备氢浓度监测及氢浓度上限保护设定、警示及自主保护功能	
. 3	电导率异常	具备循环水电导率上限设定、警示功能	

. 4	异常/故障警示	具备设备正常、异常、故障指示灯，并可设置蜂鸣报警功能	
. 5	急停	设置手动急停开关	

⑥控制软件

控制软件为测试系统提供数据采集、运行参数设定及控制、远程监控等，可无人值守 24 小时连续运行，数据自动保存，具体参数如下。

表 7 控制软件参数

序号	技术参数	技术指标及说明	备注
1.	人机交互界面	图形化操作界面	
2.	数据采集频率	≥5Hz	频率可调
3.	数据存储频率	≥2Hz	频率可调
4.	数据格式	可以以.csv 格式输出	
5.	电解条件设定	水温，氢气压力，电流，电压等	
6.	数据记录	测试中所涉及的所有数据都会被实时存储和记录，突遇断电或软件故障、电脑死机时，已采集数据不丢失	
7.	自动运行	具备无人值守及远程监控功能，能根据需求设计工况程序自动运行	
8	数据备份	具有测试数据自动备份功能，可设置	

⑦电化学工作站

电化学工作站对膜电极催化剂性能进行测量，具体参数如下。

表 8 电化学工作站参数

序号	技术参数	技术指标及说明	备注
1.	电极	三电极体系	①电极 参比电极：Ag/AgCl（2 个）、SCE（2 个）、Hg/HgO（2 个），参比电极配鲁金毛细管；对电极：铂丝（2 个）、铂网（2 个）、石墨棒

			（2 个）；工作电极：玻碳电极（6 个） ②五口电解池 材质：玻璃（聚四氟乙烯盖子） 容积：50ml、100ml、250ml 以上规格数量各 1 个
2.	最大施加电位	±6V	
3.	最大测量电位	±6V	
4.	测量电位精度	≤0.3%读值±1mV	
5.	施加电位精度	≤0.3%设定值±1mV	
6.	最大施加电流	±4A	
7.	最小电流分辨力	≤150pA	
8.	施加电流精度	≤0.05%设定值±30 pA	
9.	测量电流精度	≤0.05%读值±30 pA	
10.	交流阻抗频率范围	10μHz～1MHz	
11.	施加电流振幅	±4A	
12.	施加电压振幅	±3 V	
13	输入阻抗	>1000GΩ	

⑧测试模块

测试辅助系统为膜电极、电堆性能测试提供辅助，具体配置如下。

1）夹具

夹具 3 套，适配 5cm×5cm，10cm×10cm，20cm×20cm 催化面积膜电极。

为方便夹具拆装及运行时电流电压测试，配备扭力范围 1~5N·m、5~25N·m 电子扳手各 1 只；以及常规万用表 1 只、钳形万用表 1 只。

2）测试耗材

测试耗材具体如下。

表 9 测试耗材列表

序号	名称	规格型号	厂家 （等同或相当于）	数量	备注

1.	聚酰亚胺高温胶带	3M7413D，宽 60mm，每卷长 33m	不限	2 卷	
2.	封边膜	MF-MN41-01	日本 Nitto	20m^2	
3.	质子交换膜	N117	美国 Chemours	1 m^2	
		DM6321A	山东东岳未来	1 m^2	
4.	全氟磺酸溶液	D520CS	美国 Chemours	1000ml	
		DHx305	山东东岳未来	1000ml	
5.	二甲胺基甲硼烷（DMAB）	纯度 99.99%	不限	500g	$C_2H_{10}BN$
6.	扩散层	碳布，W1S1011，含微孔层	中国台湾碳能	2 m^2	
		钛纤维毡，0.25mm 厚，孔隙率 68%	浙江玖昱科技有限公司	2 m^2	
7.	Pt-C 催化剂	TEC10E40E	日本田中贵金属	10g	
8.	IrO_2 催化剂	TEC77100	日本田中贵金属	10g	
9.	乙酰丙酮钴	纯度≥99.99%	不限	100g	$Co(C_5H_7O_2)_3$
10.	乙酰丙酮铂	纯度≥99.99%	不限	10g	$Pt(C_5H_7O_2)_2$
11.	氯铱酸	纯度≥99.9%	不限	10g	$H_2IrCl_6 \cdot xH_2O$
12.	二氧化钌	纯度≥99.9%	不限	10g	RuO_2
13	碳载体	Vulcan XC72	美国 Cabot	200g	
		Ketjen black EC 300J	日本狮王	200g	
		Ketjen black EC600JD	日本狮王	200g	

★三、商务要求

1.交货地点：四川省成都市双流区银河路 596 科技园（银河路 596 号）。

2.交货时间：合同签订后 165 日历天完成交付使用。

3.付款方式：项目验收合格后支付合同金额的 97%，余总价款的 3%为质保金，待质保期满后无息支付给成交供应商。付款时，成交供应商须向采购人出具合规的报销凭证，采购人在收到成交供应商出具的有效报销凭证后 30 个工作日内转账付款。

4.质保期要求：针对本项目的所有软硬件设备设施，成交供应商应提供不少于软件 3 年、硬件 1 年的质保期。质保期内出现的任何故障均由供应商负责进行维修，直至维修至设备能够

正常使用，由此产生的维修费、更换配件等一切费用均由供应商负责承担，如需要现场进行维修的，供应商在接到采购人正式通知之日起，48 小时内派遣专业技术人员抵达采购人指定现场，全力以赴将设备维修至正常使用服务。