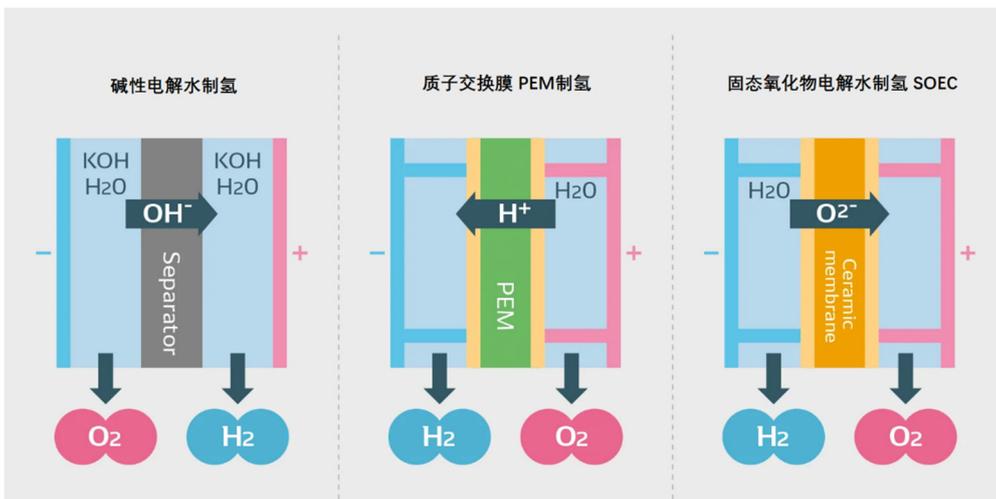


## 大电流电解水制氢过程中的交流阻抗测试

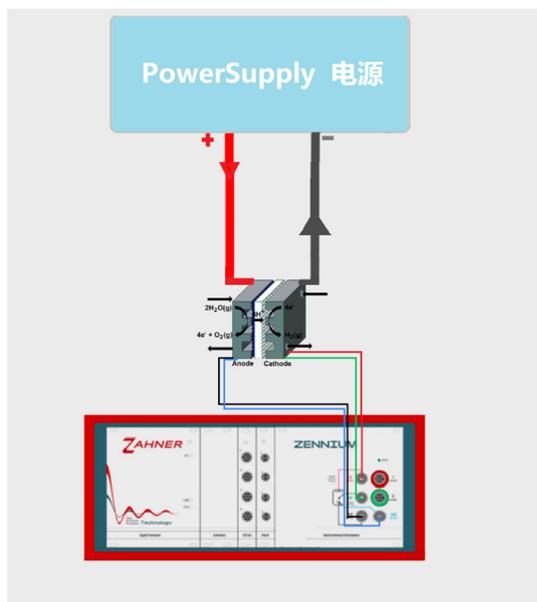
氢作为未来的燃料正在迅速普及，氢能作为绿色能源已经应用于发电和燃料电池电动汽车（FCEV）。而绿色的制氢途径是使用电和水通过电解的方法产生氢，电解是将电流通过电解质溶液或熔融态电解质时在阴极和阳极上发生氧化还原反应的过程。目前主要有以下几种电解水的实验方法：



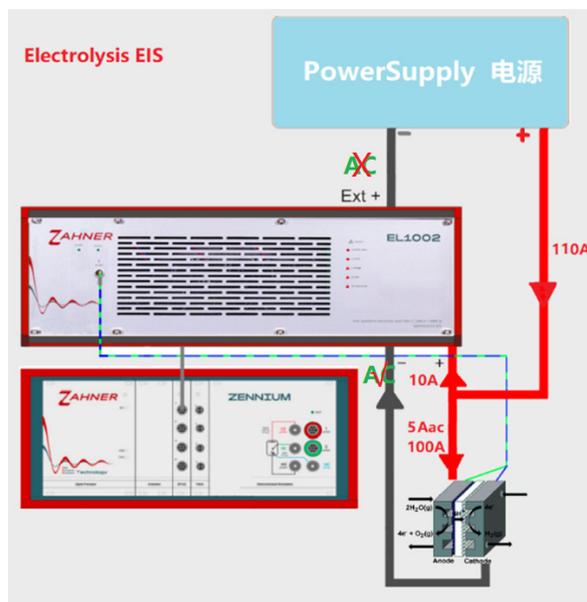
近几年来，随着科研人员对电解水制氢过程研究的深入，特别是在大电流密度的固态氧化物电解(SOEC)技术研究中，对交流阻抗测试的需求也越来越多。

在进行交流阻抗测试时，通常大家可能会想到采用方案一的方法(下图左侧)，即直接把电化学工作站和电解电流源并联在电解槽的两端。此种测试方法的测试结果会受到电源内部阻抗的影响(电阻，容抗)，另外在交流阻抗测试时，部分交流信号会进入到电解电源，而工作在恒流模式的电源需要抵消交流信号的波动来保持恒流状态，这样电源的输出会产生相应波动。因此方案一得到的交流阻抗不是真正电解过程的交流阻抗，同时会有噪声干扰信号。

针对方案一的这种情况，Zahner 公司提供了方案二的测试方法(下图右侧)，方案二采用和交流电子负载联用的方法，由于 Zahner EL1002 交流电子负载特殊的设计使交流信号无法进入到直流电解电源上，这样直流电流和交流电流是两个独立的回路，即使在比较大的电流情况下也互不影响。因此方案二可以准确的测试电解过程中的交流阻抗。



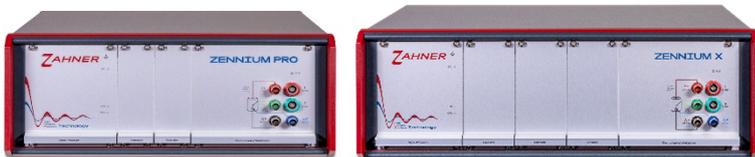
方案一：直接并联 EIS 测试  
(不准确的测试方法)



方案二：使用交流电子负载  
(准确的测试方法)

## 测试方案二所需设备：

### 1. Zennium pro 或 Zennium x 电化学工作站



|      | Zennium Pro      | Zennium X         |
|------|------------------|-------------------|
| 电流   | 3A               | 4A                |
| 电压   | 15V              | 15V               |
| 交流阻抗 | 10 $\mu$ Hz-8MHz | 10 $\mu$ Hz-12MHz |

### 2. EL1002 交流电子负载



|            | EL1002 电子负载 |
|------------|-------------|
| 最大电流       | 200A        |
| 最大电压       | 100V        |
| 最大功率       | 1000W       |
| 第三方电源或电子负载 | 680A        |

### 3. 第三方直流电源



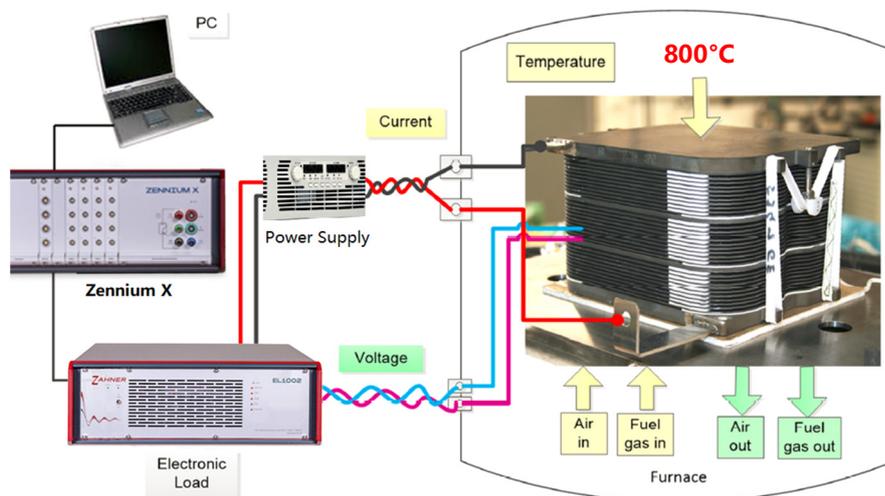
第三方可编程直流电源：  
电流限制：680A，具有恒流模式

### 4. 选配 PAD4 附件

可以对电堆中每个单元进行交流阻抗测试。 Zennium X 工作站最多可以配置 16 个通道。

通过以上设备联用，可以实现以下测试功能：

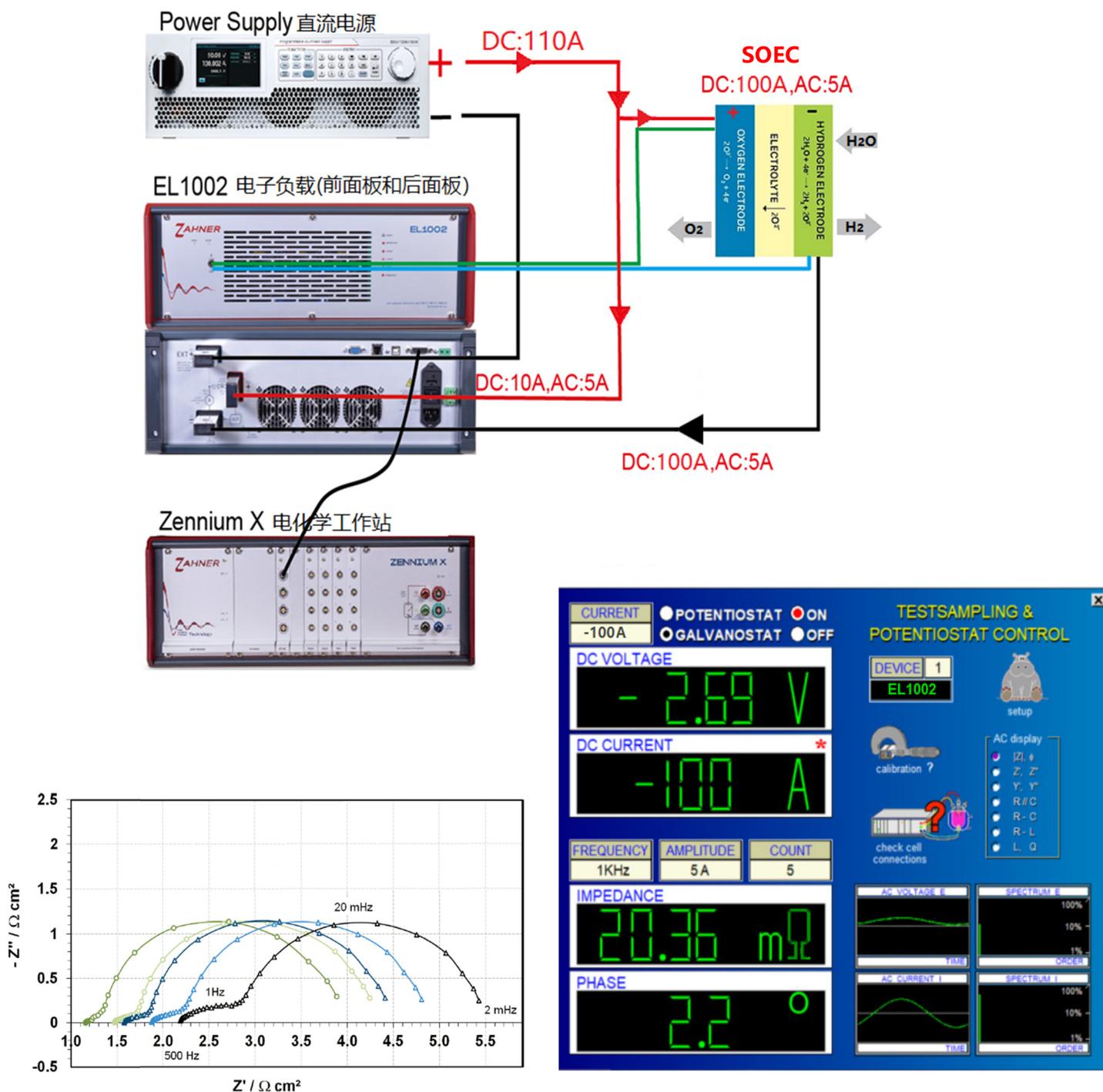
- 最大电压：100V
- 最大电流：680A
- 电解过程的交流阻抗测试
- 开路状态交流阻抗测试



## 大电流电解交流阻抗测试应用方案二举例如下：

该测试方案适合测试高电压和大电流样电解过程中的交流阻抗测试。方案中使用第三方大电流电源，Zennium pro/x 主机通过 EPC42 卡来控制电子负载 EL1002。整个测试过程都有软件控制和数据记录以及阻抗数据分析。

在此例子中，第三方电源提供恒定的 110A 直流电流。其中 100A 施加到电解槽上。10A 流向电子负载用于交流信号调制。软件控制施加 5A 交流激励信号到电解槽，同时通过电子负载的电压测试线测量电解槽的响应电压，从而得到在大电流电解时的交流阻抗谱图 (EIS)。



M. Lang, S. Raab, M.S. Lemcke, C. Bohn, M. Physik ECS Transactions, 91 (1) 2713-2725 (2019) 10.1149/09101.2713ecst ©The Electrochemical Society

连接示意图及电解电流 100A 和 EIS 交流扰动电流 5A 设置界面