

## 高温高压电化学电极

Cormet公司的Ag/AgCl参比电极是由研发机构“VTT制造技术”设计的，它被广泛应用于实验室、化学处理工厂、核发电厂的高压釜和循环回路中。电极最高连续操作温度为300℃，电极结构设计为承受最大160bar（16MPa）的压力。依据它的名字，Ag / AgCl参考电极的核心是一个银棒与氯化银涂层。此银棒通过特氟隆管和陶瓷塞连接到高温环境。

外压平衡 Ag/AgCl 参比电极适合于绝大部分的水介质环境：对于高温高压环境，最高温度至 300℃（注，在此温度下无法长期连续使用），最高适用压力为 16MPa。Ag/AgCl 电极内部的电极棒插在 KCl 溶液中，电极棒被渗透陶瓷玻璃料与环境隔离。KCl 浓度是根据使用环境确定：0.01M KCl 用于净水环境；饱和 KCl 用于高浓度溶液，特别是 H<sub>2</sub>S 盐水溶液。Ag/AgCl 参比电极的寿命取决于测量环境和测量参数。电极寿命与高温高压和温度压力变换频率有关。最典型的损坏原因是稀释电极内的 KCl 溶液或者 Ag/AgCl 棒被污染。Cormet 的参比电极设计得易于用户自行维修维护。

Cormet 的Ag/AgCl参比电极安装在高压容器的底部以避免形成气泡。也有其他安装方式如：1/2” NPT, Swagelok, , Nova, Grafoil sealing等。参比电极的电极部分可以根据压力容器的要求来设计。电极的主体由AISI 316不锈钢制造。对于腐蚀性强的环境，可用C-276哈氏合金或者钛金属来制造。Ag/AgCl参比电极是由多方位基座上加工，其他厂家的高压釜顶插口也可以安装Cormet的电极。

Ag / AgCl电极的平均寿命与使用环境和工况非常相关。在稳定的模拟电厂环境中，它可以连续工作1年。连续剧烈的温度波动、电解质中含硫、硫化氢和较高的氢压（>10bar）等会缩短电极的寿命。

### Ag/AgCl电极的校准：

通过测定其值与室温下的正常玻璃参比电极的值的比较情况来很容易检查电极的状况。我们使用约±5毫伏为电极准确性的质量控制值。工程师可以自行

检测和跟换电极备件。一个标准的检测将需要1~2个小时。

#### 技术参数:

- 主体材质: AISI 316 不锈钢
- 适用温度: 不超过 300°C
- 适用压力: 不超过 16MPa
- 测量精度:  $\pm 10$  mV ( $\pm 15$  mV 使用 0.01 M KCl 溶液)
- 接口形式: 1/2" NPT 接口 (其他接口形式需要和易安达工程师联系)



图2 高温高压Ag/AgCl 参比电极 (世伟洛克接头, 母头。其他接头形式可选)

## 1.2 腐蚀电极 (工作电极) 与氧化还原电极 (辅助电极)

Cormet 腐蚀电极 (工作电极) 安装于标准电极架上, 试样采用 2mm 圆柱或者片状试样。试样材质可以根据用户要求提供, 氧化还原电极一般采用铂金。氧化还原电极用于测量溶液的氧化还原电位。通常, 氧化还原电位会随着溶液中氧化物 (如氧, 铁离子, 铜离子) 的增加而增大。核电堆芯的辐照分解作用也会产生氧化物。可以通过加氢与减少氧化物来降低氧化还原电位。

Cormet 氧化还原电极 (辅助电极) 采用铂金电极。氧化还原电位的测量通过

测量电极与参比电极间的电位得到。

Cormet 腐蚀电极采用和氧化还原电极相同的结构。采用用户指定的材质作为电极测量头。通过测量电极的腐蚀电流计算腐蚀速率。电极的维护非常方便。

技术参数：

- 主体材质：AISI 316 不锈钢
- 适用温度：Max.300°C（最高温下，使用寿命会急剧减少，稳定使用温度为280°C）
- 适用压力：Max. 16MPa
- 参比电极测量精度：±15 mV
- 接口形式：3/8” NPT 接口（其他接口形式需要和易安达工程师联系）



图3 高温高压参比电极与氧化还原电极（辅助电极）

### 1.3 高温高压电导率电极及测量仪（可选）

电解质溶液的电导率与溶解的杂质溶度有关。工业应用中，电导率的上升通常是由于水介质中添加化学药剂或者腐蚀产物的产生。

高温高压电导率电极：

Cormet 电导率电极基于四探头测量法。电导率激发起对两个外部探头施加一个区别于两个内部探头的电位。电导率数值显示在测量仪上。四电极法与传统2电极法的优势在于能获得更稳定的信号，即使电极头被轻微污染也不会影响电导率的测量值。

### 电导率电极校准：

电导率电极可以用纯水（常温电导率 $\chi_{RT}=0.06-0.1\ \mu\text{S}/\text{cm}$ ）校准。高温校准时，需要通过将电导率电极水环境温度升高到额定温度。方法如下：室温条件下，使用已知电导率的纯水，升高到指定温度后，将测量仪调整值查表得到的电导率即可。（例，25℃时，电导率 $0.054\ \mu\text{S}/\text{cm}$ ；250℃时，电导率 $3.221\ \mu\text{S}/\text{cm}$ ）

### 电导率测量仪：

Cormet 电导率测量仪可以实时显示电导率的测量值。测量精度 $<5\%$ 电导率读数。测量仪采用铝材制作，带有 4-20mA 信号输出口（BNC 接头，母口），可以通过 4-20mA 信号输出至电脑显示。

### 技术参数：

- 主体材质：AISI 316 不锈钢
- 传感器类型：4 探头电导率电极
- 适用温度：不超过 300℃
- 适用压力：不超过 18MPa
- 电导率测量范围： $0.055\ \mu\text{S}/\text{cm} - 50\ \mu\text{S}/\text{cm}$
- 电导率测量精度： $<5\%$ 测量读数

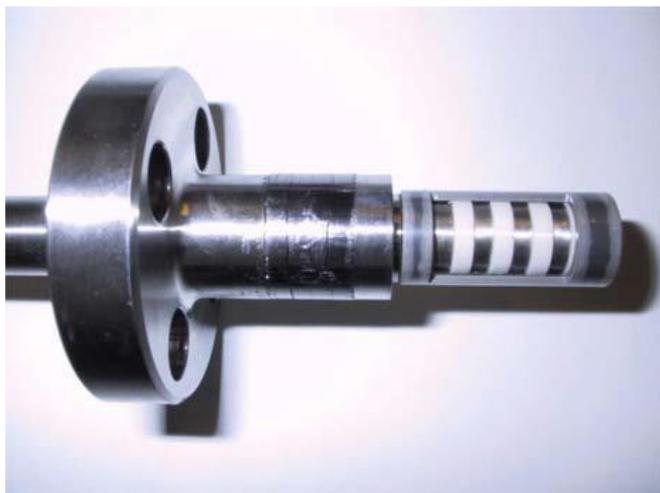


图 4 高温电导率电极

## 1.4 数据采集及系统软件

### 4.4.1 电化学工作站

电化学工作站用于电化学试验中电位的测量和控制。

1) 电化学工作站功能:

腐蚀电位测量

恒电位测量

恒电流测量

循环扫描

脉冲测量



2) 设备规格:

恒电位控制范围:  $\pm 10V$

恒电流控制范围:  $\pm 2.0A$

电位控制精度:  $\pm 1mV$

电流控制精度: 100nA

电位分辨率度:  $10\mu V(>100Hz)$ ,  $3\mu V(<10Hz)$

电流灵敏度:  $<10pA$

RE 输入阻抗:  $>10^{13}$  欧姆

#### 4.4.2 控制分析系统与软件

1) 动态高压釜软件

实时显示温度, 带超温保护功能, 每小时温度变化不超过 $\pm 1^{\circ}C$ ;

实时显示压力, 带超压保护功能, 可设定超压保护启动压力;

搅拌转数实时显示并可调;

PC 控制, 能够采集温度、压力、转数等数据。

2) 电化学测试软件

PC控制能采集腐蚀电位、腐蚀电流、溶液pH值等数据;

能进行恒/动电位、恒/动电流及交流阻抗、腐蚀电位测试等功能;

