

Reference 600+

定义高性能电化学工作站

- + 高速采样
- + 宽电流范围
- + 低噪声
- + 高灵敏度
- + 浮地操作
- + 卓越的多功能性
- + 便捷的连接方式



GAMRY
INSTRUMENTS

Reference 600+

Potentiostat/Galvanostat/ZRA

高速采样

电化学交流阻抗谱 (EIS) 采用自动谐波采样技术，频率范围从5MHz到10 μ Hz，循环伏安 (CV) 以10mV电位步进扫描时扫描速率可达3000V/s。

电流量程宽泛

输出电流范围从600mA到60pA，共11档。使用x100增益方法可获得13个电流档，小测试电流可低至600fA。

电流分辨率低至20 aA

20 aA = 20 x 10⁻¹⁸ A! 对于要求检测超微电流的实验，Reference600+ 是您佳的选择。

本体噪声<10 μ V rms

Reference 600+ 的本体噪声是当前研究级恒电位仪中低的。

便捷的电极接地设计

Reference600+与主机箱接地线之间完全电子屏蔽，可以实现对接地电解池的直接测试。

输入阻抗>10¹⁴ Ω ，电容<0.2pF，输入电流<5pA

为微电流测试以及快速检测设计的静电计。

完整的软件库

Reference600+的软件包可实现所有常规电化学测试技术。

电流截断和正反馈电位IR补偿

Reference600+拥有电流截断和正反馈两种IR补偿模式。在正反馈IR补偿之前采用电化学交流阻抗谱 (EIS) 测试未补偿电阻。

外形美观，尺寸小巧

实验室空间资源宝贵。Reference600+设计小巧不占空间，重量只有3kg，携带方便。

便携性

Reference600+可通过USB接口轻松连接笔记本电脑。

多电位仪体系

一台电脑可控制多达32台Reference600+。

便于安装

加载Gamry的软件，连接USB线，马上就可以开始您的实验。

Reference600+™概述

Reference600+ 是一款高性能的电化学工作站，能够满足电化学学科应用需要。在物理电化学、腐蚀测量、电池研究、涂层评价、纳米材料及传感器等研究领域，Reference600+ 都有优异的表现。

我们是如何定义电化学工作站的高性能呢？那就是，具有高速采样，宽电流量程，低噪声，高灵敏度，多用途及连接简便等优异性。

Reference600+测试电化学阻抗谱从10欧姆到100,000欧姆在1MHz频率下误差率低于1%。其信号上升时间<250ns。您可以以每个数据点3.3 μs的采样间隔同时检测电压、电流以及辅助通道的信号！这些参数可以使在步长高度为4mV时循环伏安扫描速度达到1200V/s。尽管如此快速的扫描，但Reference600+的本体噪声水平<10 μV rms。在测试过程中可以通过过采样，使噪声甚至可以再降低。

Reference600+全量程从600mA到60pA共有11档。应用内置X10和X100两个增益可以提供等效的13档电流量程，将灵敏度扩展至600fA。

Reference 600+还具有±12V的应用电压以及±22V的槽压。22V的槽压使得其在测试如高纯水、混凝土等低电导体体系时具有出色的性能。槽压一直受性能、安全性以及仪器造价等多方因素影响。

恒电位仪/恒电流仪/零电阻电流计

Reference 600+拥有多种测量模式，能够完成几乎所有实验室研究所需要的电化学实验。除恒电位和恒电流模式以外，Reference 600+还可作为一台零电阻电流计用于电偶腐蚀及电化学噪声的测量。

2、3或4电极测试

工作电极的电流和电压可分别通过连接工作电极导线以及独立的工作参比导线进行测量。该体系同样可以在膜上简单的四探针实验。

接地样品的电子屏蔽

Reference 600+ 采用完全与地线电子屏蔽，因此很容易用其来测试接地电解池。如果您需要在如高压反应釜、疲劳测试机或者管道等现场作业，Reference 600+ 不需要任何改装或额外附件就能出色完成测试。

屏蔽设计通过变压器耦合的专有USB处理器以及PowerPC处理器实现的。USB处理器是接地的，同时PowerPC以及Reference600+所有模拟电路都是浮地的。

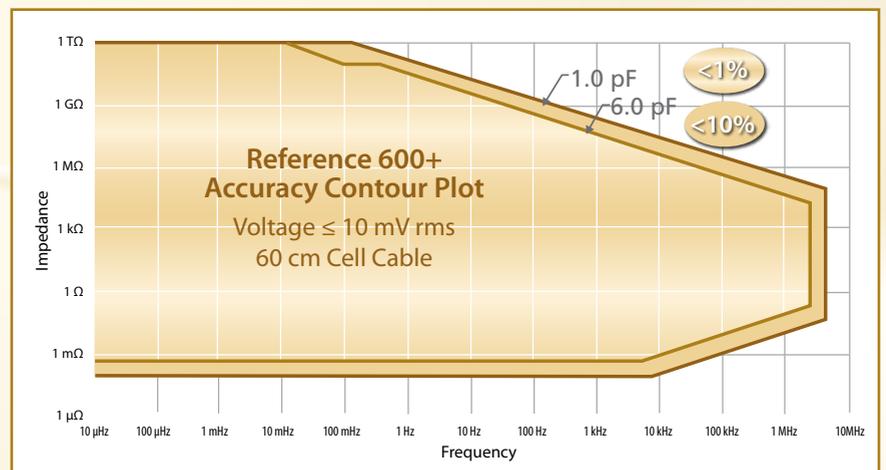
另外，Reference 600+ 的电源也经过精心设计，将输出端与地线彻底屏蔽。

同时屏蔽 Reference 600+ 中DC转换以及内部提供电压。

易于连接以及移动

USB接口使得Reference600+可以很容易与笔记本或者台式电脑进行连接。又由于Reference 600+和书本类似大小。即使是实验室中进行测试，也能够非常快捷和方便得移动整个实验体系。

Reference 600+采用标准0.6米电极接线的阻抗谱精度图。采用恒压模式。10mV rms 交流扰动信号。测试在法拉第笼中进行。



Reference 600+

Potentiostat/Galvanostat/ZRA

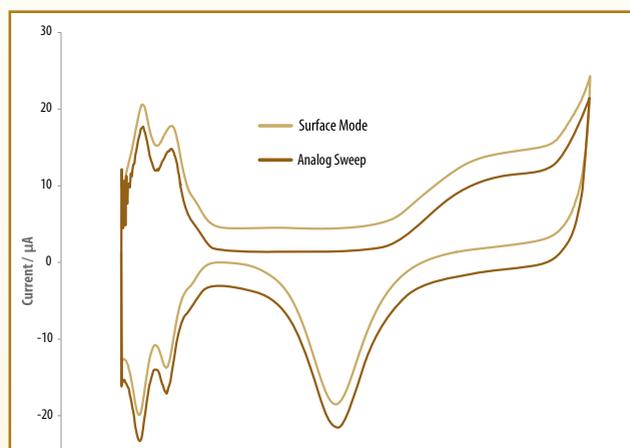
仪器内置电化学交流阻抗谱 (EIS) 测试及分析仪

Reference 600+可进行交流阻抗谱测试。仪器内置直接数字信号合成 (DDS) 电路激发的完美正弦波是理想的交流阻抗信号。配合EIS 300软件包的谐波采样技术, 可使仪器的交流阻抗频率范围达到 5MHz-10 μ Hz。由于Reference 600+提供宽泛的电流测试量程, 使得该仪器可以精确测量阻值从 $10^{12} \Omega$ 至 $10 \mu \Omega$ 。该仪器能够应对腐蚀、涂层以及传感器等各方面的挑战, Reference 600+的阻抗谱精度图如图所示。

超低噪声!

得益于为平衡测试速度与噪声而采用的设计优异的电路布局、精选的电子元器件, 以及智能滤波和电路保护技术, Reference 600+的本体噪声 $<10 \mu V_{rms}$ 。此外, Reference 600+在测试电流、电压以及辅助输入信号时引入了巧妙的电路组合从而降低了噪声水平。Reference 600+通过高速采样和平均化技术来平滑测试得到噪声较高的曲线。高速采样时, 主机以60kHz (16.6 $\mu s/point$)速度采样, 再将采样点数开方以降低测量噪声。

表面获取模式和模拟信号模式测量的循环伏安曲线比较。Pt电极在1M 硫酸溶液中。表面获取模式的电流平移3 μA 便于比较。



Pt电极上1M硫酸溶液中的循环伏安

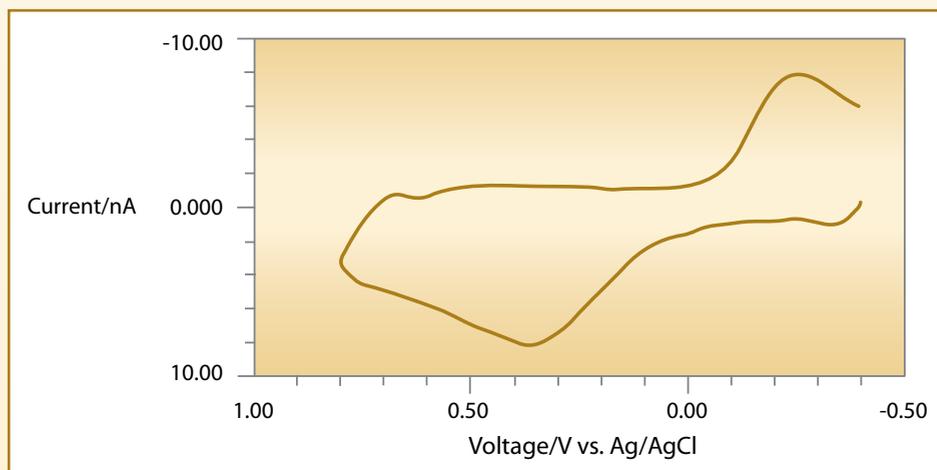
快速获取模式: 在每个电压信号平台后采集电流信号。

降噪获取模式: 对每个电压信号平台后20%的电流信号进行平均化后采样。

表面获取模式: 对整个电压信号平台过程中进行平均化后采样。该模式加强了对表面范围反应物信号的相应。需要注意几种采样模式测试得到氢的吸脱附峰的不同。

超高分辨率

Reference 600+的所有数据转换器 (包括数/模、模/数) 都为16位, 并且波形发生、采样以及数据处理速度可达到300kHz。实际过程中的电



200 μM 邻苯二酚在磷酸盐缓冲液中的循环伏安曲线

扫描速度为1200 V/s, 每次电位阶跃4 mV, 5 μm 的碳电极。去除背景影响。数据光滑处理。测试在法拉第笼中进行。

化学信号通常非常小，为实现对小信号的测量，Reference600+中的补偿和增益可以对信号进行放大。可编程的内部补偿和增益电路在电流或电压测量中可提供相当于22位的分辨率。这对于检测，如EIS测试中信号的微小变化来说是非常重要的。

智能电池连接线

Reference600+中的电池连接线都是为高性能精心设计的。电池连接线已经对电线中的低杂散电容进行优化，并且对内部导体与有源屏蔽之间实现了高电阻隔绝。因此可以得到高阻抗样品更好的EIS结果，以及高速采样实验中更真实的信号。

低阻抗的电池连接线采用一对扭在一起的电线用于降低表面杂散电容，这对于各种电池以及燃料电池EIS的测试，或者其他电流很大的实验都是非常有利的。Gamry也提供超长电池连接线。

两种电位补偿模式

对于在高阻抗电解质体系中的操作，Reference600+提供电流截止和正反馈两种电位(IR)补偿模式。为确定正反馈的大小，仪器采用自动交流阻抗方式测量未补偿电阻，是完全意义上的正反馈。

先进的数据处理器

Reference600+基于一枚350MHz的PowerPC微处理器设计，包括控制波形生成，数据采集以及实验控制三大部分。PowerPC同意执行数字信号处理，内涵256MB存储器作为数据缓存，保证了Reference600+与计算机之间高速可靠的数据交换。

多通道恒电位仪系统

您可以配置基于Reference600+的Multichannel电化学系统，也就是，一台电脑连接32台Reference600+，并且同时操作它们完成不同的电化学实验。

体积超小型化设计

尽管Reference600+具有很多优异的参数，但是其吸引人之处还是在于超集成化以及轻便性。每台Reference600+由超过2400个部件组成，长宽高分别为27cm×9cm×27cm，重量约为3kg。Gamry的工程师长期致力于开放不以牺牲仪器功能或可靠性为代价小巧轻便的电化学仪器。终，制造出世界级研究用恒电位仪Reference600+，其占用空间小，并且易于便携，甚至可以放置于手套箱中使用。

差异源于细节

Gamry公司仪器与其他电化学工作站的差异往往能够从细节中体现出来。例如，当正在用Reference600+或其他Gamry仪器进行恒电位实验，仪器显示的电位曲线是电位计的直接测量值，并非像某些仪器那样显示的是输入放大器后的值。因此您看到的是当时电解池中发生的过程，得到的实验结果也是值得信任的。

绿色环保

Reference600+仪器满足绿色环保的要求，不含铅及其他重金属元素，符合欧盟RoHS环保要求，通过CE认证，确保极低的电子辐射，操作安全。

• PHE200™ 物理电化学软件包

该软件包括计时电流/电位/电量，控制电位电量，循环伏安，线扫伏安等，可用于表征电化学反应的反应机理以及研究电极反应界面。

• PV220™ 脉冲伏安软件包

该软件与PHE200为同款软件。超灵敏的脉冲技术可以在很低浓度电解质溶液进行电化学测试。PV220包括方波伏安法以及差分伏安法。

Reference 600+

Potentiostat/Galvanostat/ZRA

• EIS300™ 电化学阻抗谱

包括：恒电位/电流交流阻抗，杂化交流阻抗，单频交流阻抗等。

EIS是在很多应用领域使用到的强大技术。采用Gamry独有的谐波采样技术，使得EIS技术更便于操作，仪器小巧以及经济实用。Gamry可提供宽泛的EIS测试量程，包括恒电位，恒电流以及混合三种测试模式，其中混合模式更实用于各种电池或者燃料电池测试。

• DC105™ 直流腐蚀技术软件包

DC105软件包包含有14种腐蚀研究中常用的电化学技术。腐蚀速率可以采用极化电阻或者Tafel曲线进行测量。动电位极化，循环极化以及点蚀电位测试都可以用于评估材料钝化以及点蚀的程度。

• CPT110™ 临界点蚀温度软件包

ASTM G 150标准中详细说明了临界点蚀温度的测试。CPT110软件可以同时控制恒电位仪，Flexcell以及温度控制器，以实现完全自动化控制整个测试！

• VFP600™ 虚拟前面板

低廉的VFP600虚拟可视前面板可以用于模拟老式采用模拟电路的恒电位仪。您可以很轻松地运行如长时间恒电压或恒电流，以及简单循环伏安或者脉冲电镀等电化学实验。

• ESA400™ 电化学信号分析软件。

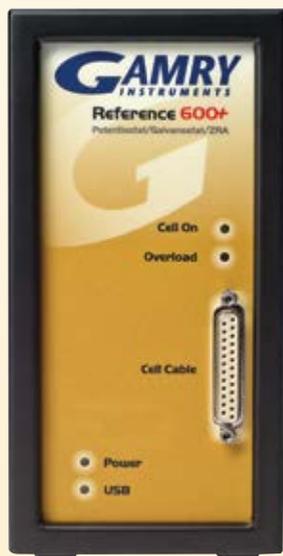
ESA400为电化学噪声测量的数据获取以及分析而设计。可以实现数据的连续获取而不必担心暂态情况的遗失。分析算法包括功率谱密度，联合时频分析法以及相关法。

• 用户定制脚本

Reference 600+ 提供开放资源脚本 (OSS) 编辑。针对非标准的电化学试验， Gamry软件能通过OSS定制相关程序。

• eChemBasic, eChemDC以及eChemAC软件工具包

eChemDC以及eChemAC是采用您所选择的编程语言，如Labview等，控制Gamry恒电位仪的强大软件工具。eChem-Basic是一款对应用软件要求很低的入门级产品。



前面板

Reference 600+前面板有四个指示灯：

Cell: 黄灯亮指示电解池在工作。

Overload: 红灯亮指示工作条件超出量程范围，如参比电极电位、槽压以及电流超限等。

Power: 蓝灯指示电源接好。

USB: 指示USB接口的传输状态。绿灯表示与计算机建立连接，黄灯表示正在进行数据传输。



后面板

Reference 600+后面板允许连接附件或监控电解池参数:

电位监控端口 (E Monitor): 输出电位与电解池电压相同, $\pm 12V$ 。

电流监控端口 (IMonitor): 输出电压正比于电解池电流, 满量程为 $\pm 3V$ 。

外部信号输入端口: 来自外部函数发生器的信号将与电解池信号相叠加。

辅助模/数输入端口: 从该接口输入的电位信号将被存为数字信号, 满量程为 $\pm 3V$ DC。

信号发生器输出端口: 用于显示Reference600+控制放大器输入电位状态的输出监控端口。

多用途I/O接口: 标准15针接口为用户定制电化学实验提供输入/输出端口。包含软件控制的模拟电位输出口(用于控制旋转电极等外置设备), 两个固定触发器, 四个软件兼容的输入口, 及四个软件控制的输出口。

K型热偶输入端口: Reference 600+将热电偶电位信号转换为温度信号。

主机底盘接地端口: 用于 Reference 600+主机底盘的接地(通常为浮地)或连于法拉第箱。

USB: USB数据线连接计算机或集线器。Reference 600+支持USB 2.0。

电源输入: 电源模块通过此端口向仪器供电。

电源开关: 手动控制电源开/关。

系统信息

Reference 600+针对特定的电化学应用需要电化学软件的支持。Reference 600+配备有Gamry Framwork™软件, Gamry Echem Analyst™分析软件, 快速使用指南, 硬件操作手则, 软件操作手则(CD), 通用Dummy电极, 一根0.6m的标准电池连接线。

可选电池连接线

985-71 标准电池连接线, 0.6m

985-91 1.5m电池连接线

990-239 低阻抗连接线套件(1m)

985-78 3m延长电池连接线

985-79 10m延长电池连接线

985-80 ECM8多接口连接线

Reference 600+

Potentiostat/Galvanostat/ZRA

特性参数	
恒电位仪	是
恒电流仪	是
零电阻电流仪	是
电池连接	2、3、4、或5
浮地设计	是
恒电位仪	是
系统	
大电流	±600mA
电流范围	11 (60pA-600mA)
电流范围(包含内部增益)	13 (600fA-600mA)
小电压分辨率	1 μV
小电流分辨率	20aA
应用电压	±11V
信号上升时间	<250ns
噪声与脉动	<10 μV rms
*噪声与脉动(典型)	<2 μV rms
小时基	3.333s
大时基	715s
小电位阶跃	12.5 μV
/数转换器	16位
单个实验多数据点	262, 143
EIS测量	
频率范围	10 μHz-5MHz
阻抗精确度	见阻抗精确度图
大交流扰动信号	3 V rms
小交流扰动信号	4.03 μV rms
控制电流	
槽压	>±22V
输出电流	>±600mA
速度设置	5
单位增益带宽(典型)	980, 260, 40, 4, 0.4kHz
电流表	
输入阻抗	>10 ¹⁴ Ω
输入电流	<5pA
输入电流(典型)	<2pA
带宽(-3dB)(典型)	>15MHz
共模抑制比	>80dB (3Hz) >60dB (1MHz)

施加电位	
准确度	±1mV ±设置的0.2%
准确度(典型)	±375 μV ±设置的0.04%
分辨率	12.5 μV, 50 μV, 200 μV/字节
漂移	<20 μV/°C
电位扫描范围	±0.4V, ±1.6V, ±6.4V,
测量电压	
准确度	±1mV ±全量程的0.2%
准确度(典型)	±250 μV 全量程的0.05%
全量程范围	12V, 3V, 300mV, 30mV
分辨率	400 μV, 100 μV, 10 μV, 1 μV/字节
补偿范围	±10V
施加电流	
准确度	±10pA ±全量程的0.2%
准确度(典型)	±3pA ±全量程的0.08%
分辨率	0.003% ±全量程字节
带宽(-3dB)	>10MHz (600mA-600 μA)
注意: 带宽取决于电流范围	>1.5MHz (60 μA) >0.15MHz (6 μA)
稳定性设置	4
后置补偿增益	1, 10, 100
补偿范围	±1X 全范围
电位补偿	
模式	电流截止法和正反馈补偿法
小截止时间	33 μs
大截止时间	715s
辅助数/模输出	
范围	±3V
分辨率	0.1mV
输入阻抗	100k Ω 或 >10G Ω
辅助模/数输出	
范围	0-4V
分辨率	1mV
尺寸	
重量	3公斤
大小	9(宽)19(高)27(长)cm

*典型款仪器的参数列出的是恒电位仪的实际性能。参数对于电路浮地的电池来说可能会有所变动。