

超声元件分析仪

使用说明书

--PV520A



(用户使用前，请务必认真阅读本说明书)

一. 产品简介:

超声元件分析仪 **PV520A** 系列产品是由清华大学自动化系和中国科学院声学所共同研制开发的,用于压电超声器件和设备的检测综合性解决方案。

PV520A 是在 **PV70A** 基础上开发的全新一代便携式触摸屏分析仪。其特点如下:

1. 尺寸仅有 **24cm*14cm*(前 5cm 后 10cm)**, 重量仅有 **1.95 千克**。

目前世界上最便携的超声阻抗分析仪。

2. 超大触摸屏, 无需物理按键, 一次显示全部参数和图形, 更直观。

3. 超快测试速度, 一次测试 **1000 点** 仅需 **5 秒**。

4. 也可以连接电脑使用, 且软件与 **PV70A/80A** 完全兼容。

5. 最大测试频率可达 **5MHz**。

二. 关于供电

系统可以工作在 **AC220V-250V** 的任意电压下, 功率 **30W**, 本仪器自带专用电源, 电源插口在仪器后部 **5 芯** 的航空插头。

三. 操作流程:

仪器操作流程如下:

1. 左后方五芯航插接上仪器专用电源, 然后打开仪器左侧的开关。

2. 系统启动完成后, 进入“中文”或者“英文”即可进入相应的操作界面。

3. 请将两端的测试夹具接到中间两个 **BNC** 测试端, (如果是陶瓷专用治具, 则可以方便地直接接到所有四个 **BNC** 测试端)

4. 设定“起始 (START)” 频率和“终止 (END)” 频率，频率单位都是“KHz”。因为是触摸屏，所以按下输入位置即会弹出输入键盘。

5. 设定检测精度，根据所需要的测试点数不同一共有六个档位：

Fast, Normal, Medium, High, Higher, Highest

如果器件的 Q_m 较低，选择靠前的档位；如果器件的 Q_m 较高，选择靠后的档位。

越低的档位，测量点数越少，时间越短，越高的档位，测量点数越多，时间越长。

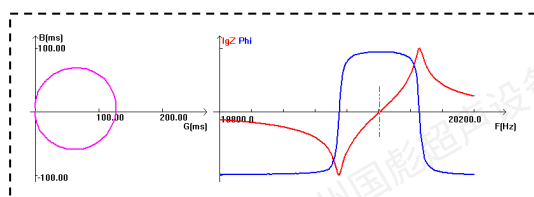
选择档位只要能保证导纳圆大体上成圆形就可以，这样可以节约测量时间。

最低的档位 **Fast** 测量点数大概在 200 点，最高的档位 **Highest** 测量点数大约在 2000 点。

比如：一般倒车雷达选择第一档 **Fast** 就可以，但是超声焊接却需要选择最高一档 **Highest**。

按“启动”即可以开始一次测量，测量时进度条显示测量进度。

如果测到的“导纳圆曲线”不能完整成圆，则“精度设定”提高一档再测。在屏幕左边显示一个完整的导纳圆图，右边显示一个波谷一个波峰，才是一次正确的测试！



- #### 四. 测量图形及数据

系统默认显示“导纳圆图”+“对数图”

对数图：红线是阻抗幅度的对数值曲线，蓝线是阻抗相位曲线。

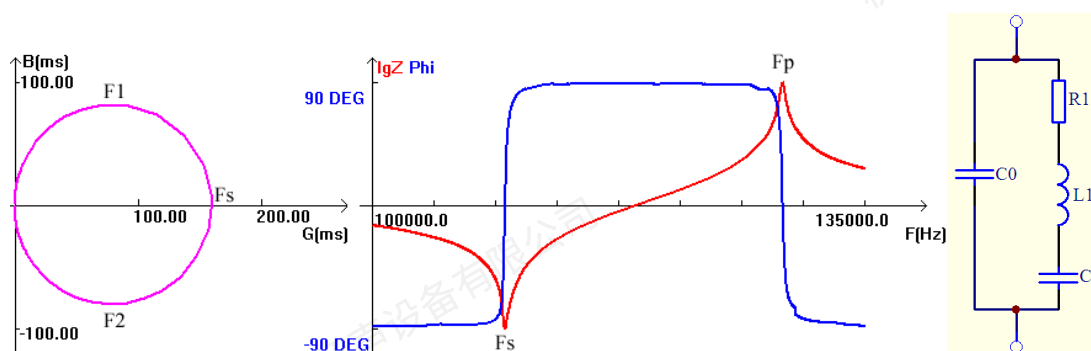
可以点击“LgZ/GB-F”可以显示导纳曲线，红线是导纳实部，蓝线是导纳虚部。（导纳曲线用的不多，在此不做详细介绍）



2. 参数介绍:

1) 谐振频率 **Fs**: 压电振子等效电路中串联支路的谐振频率, 在这个频率下, 压电振子的阻抗最小。如下图标为“Fs”处的频率值。

2) 最大电导 **Gmax**: 压电振子谐振时的导纳值的实部, 即“Fs”处的导纳实部。



导纳圆图

对数坐标图

等效电路图

3) 半功率点 **F1** 与 **F2**: 从导纳圆上看, 导纳实部等于 $G_{\max} / 2$ 处的频率, 这样的频率有两个, 大于 **Fs** 的为 **F2**, 小于 **Fs** 的为 **F1**, 如图上标为“F1”和“F2”处的频率值。

4) 反谐振频率 **Fp**: 压电振子并联支路的谐振频率, 在这个频率下, 压电振子的阻抗最大。如图上标为“Fp”处的频率值。

5) 机械品质因数 **Qm**: 计算公式为 $Qm = \frac{Fs}{F2 - F1}$, 其中 **Fs** 为谐振频率,

F1、**F2** 为半功率点。或者 $Qm = \frac{1}{R1} \sqrt{\frac{L1}{C1}}$, 其中 **R1** 为动态电阻, **L1** 为动态电感, **C1** 为动态电容。这两个公式计算结果完全相同。

6) 自由电容 **CT**: 压电器件在 1kHz 频率下的电容值。此值和数字电桥测得的值是一致的。

7) 动态电阻 **R1**: 即为图中压电振子串联支路的电阻。计算公式为: $R1 = 1 / G_{max}$, 其中 **Gmax** 为最大导纳。

8) 动态电感 **L1**: 即为图中压电振子串联支路的电感。计算公式为:

$$L1 = \frac{R1}{2\pi(F2 - F1)}, \text{ 其中 } R1 \text{ 为动态电阻, } F1、F2 \text{ 为半功率点。}$$

9) 动态电容 **C1**: 即为图中压电振子串联支路的电容。计算公式为:

$$C1 = \frac{1}{4\pi^2 F_s^2 L1}, \text{ 其中 } F_s \text{ 为谐振频率, } L1 \text{ 为动态电感。}$$

10) 静态电容 **C0**: 计算公式为 $C0 = CT - C1$, 其中 **CT** 为自由电容, **C1** 为动态电容。

注: 静态电容也可以根据导纳圆圆心和电导轴 (**G** 轴) 的偏移距离来计算。但是在实际应用中, 一般都采用公式 $C0 = CT - C1$, 因此这里也采用 $C0 = CT - C1$ 作为静电容的计算公式。

11) 有效机电耦合系数 **Keff**:

Keff 定义为无负载的压电振子在机械谐振时, 贮存的机械能与贮存的全部能量比值的平方根。其计算公式为: $K_{eff} = \sqrt{\frac{F_a^2 - F_s^2}{F_a^2}}$

12) 平面机电耦合系数 **Kp**:

这个参数仅用于压电陶瓷片, 它反映的是薄圆片沿厚度方向极化和电激励, 作径向伸缩振动时, 有关其机电耦合效应的参数。计算公式可以在软件中选择。

13) 自由介电常数：

这个参数仅适用于压电陶瓷片，计算公式为： $\epsilon_{33}^T = \frac{16 \cdot CT \cdot t}{D^2}$ ，其中 **CT** 为自由电容，单位是 **pF**；**t** 为薄圆片厚度，单位是 **cm**；**D** 为薄圆片直径，单位是 **cm**。

点击“合格条件”，可以设置每个参数的上下限范围，系统会根据设定的上下限范围自动判别合格，显示为在 **Qc** 后的红灯（不合格）或者绿灯（合格）

五. 端口介绍

仪器右侧有三个端口，从上到下依次为

1. **USB 口**：用于接入 U 盘，可以保存测量数据，也可以保存 **EXCEL** 参数表格（自动生产线上自动保存）

2. **232 端口 1**：**PLC** 与仪器通信的 **232** 口接口。

3. **232 端口 2**：电脑与仪器通信的接口。（附：本仪器仍然可以与之前的 **PV70A/80A/90A** 一样在电脑上进行操作，而且软件都是与之前的完全兼容）

六. 关于自动测试生产线

在自动测试生产线上，本仪器具有两种与 **PLC** 进行通信的方式

1. **232 通信**。

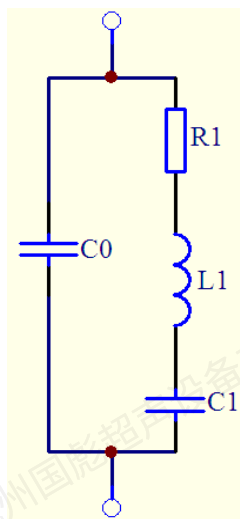
2. **IO 通信方式**，仪器预留一个继电器输入端和一个继电器输出端。

建议使用 **232 通信方式**，这种方式最灵活，可通讯的数据量最大，协议可以根据用户设定的方式进行兼容设计。

七. 产品型号与规格

规格 性能	PV520A-S	PV520A-T	PV520A-V
产品特点	便携式, 全屏触摸屏, 7.8 寸屏		
尺寸	长 24cm, 宽 19cm, 前高 5cm、后高 10cm		
频率范围	1KHz~1MHz	1KHz~3MHz	1KHz~5MHz
测量指标	所有参数、图形		
基本精度	< 0.1%		
测量速度	5 秒/件 (1000 点扫描)		
频率精度	$\pm 10\text{ppm}$		
相位分辨率	0.15 度		
环境温度	10 ~ 40 摄氏度		
阻抗范围	$1\Omega \sim 1\text{M}\Omega$		
频率步进	0.1Hz ~ 任意		
供电	AC100V ~ AC250V, 50 ~ 60Hz, 30W		

对于压电器件来说，如果在离某一谐振频率很远的频率上，没有其他谐振，则在这个谐振频率附近可把压电器件近似看成一个集总系统，其符号和等效电路如左下图所示：



导纳圆示意图

在这个等效电路中，假定压电器件的总导纳为 Y ，并联支路和串联支路（或称之为静态导纳和动态导纳）分别为 Y_0 和 Y_1 ，则 $Y=Y_0+Y_1$ 。通过运算可以得出动态导纳 Y_1 和总导纳 Y 随频率变化的情况。

取横坐标表示电导（导纳的实部），取纵坐标表示电纳（导纳的虚部）。当频率在谐振频率附近的范围内发生变化时，Y1 的相矢终端轨迹为一圆，其圆心为 $(1/2R1, 0)$ ，半径为 $1/2R1$ 。

当 Y1 的相矢终端旋转一周时，Y0 的相矢终端随频率变化一般较小，近似认为为一常数，于是，把 Y1 的轨迹圆在复平面上沿纵轴向上平移。即可

得到总导纳的相矢终端随频率变化的轨迹圆，即所谓的导纳圆。

利用导纳圆图，可以求出压电器件的等效电路和其他一些重要的参数，从图中可以看到三对谐振频率：

1	F_s	机械(串联)谐振频率	换能器的工作频率点，
	F_p	并联谐振频率	电谐振频率（逆压电效应）
2	F_m	最大导纳频率	换能器阻抗最小
	F_n	最小导纳频率	换能器阻抗最大
3	F_r	谐振频率($B=0$)	阻抗相位为零的较低的频率
	F_a	反谐振频率($B=0$)	阻抗相位为零的较高的频率

阻抗分析仪可以提供以上所有的频率，但是应用中只需要 F_s 和 F_p 。

F_m 、 F_n 为传统的传输线法测到的频率，我们由此可以看到，传输线法测到的谐振频率 F_m 与换能器的工作频率 F_s 还有一些差别，如果导纳圆的圆心距离 G 轴距离较小，可以近似认为： $F_s \approx F_m \approx F_r$ ， $F_p \approx F_n \approx F_a$ ；但是，如果导纳圆的圆心距离纵坐标有一定的距离，则 F_s 与 F_m 有很大区别。显然，阻抗分析仪测量的更准确。

F_r 和 F_a 一般的应用中不用。