

超声波换能器测试仪介绍

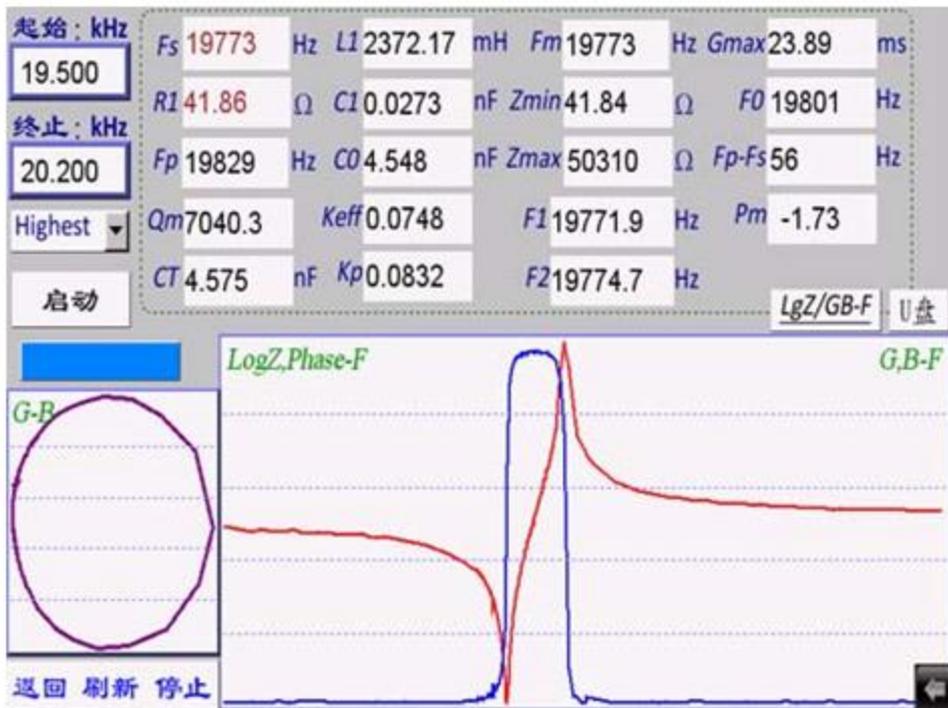
一. 产品外观图



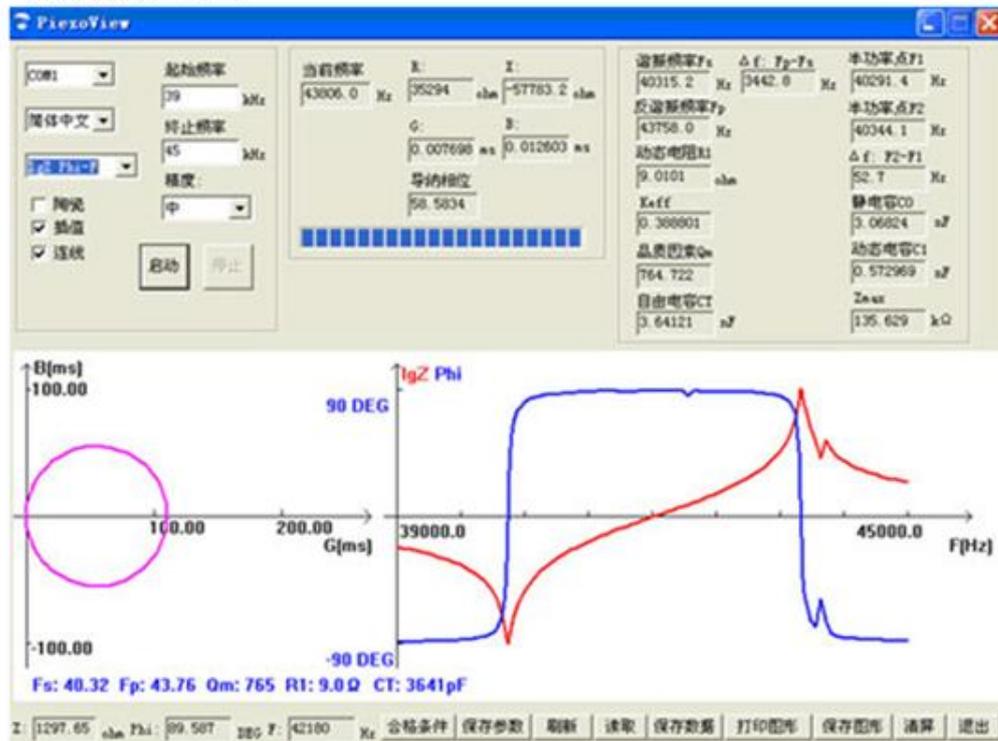
← 触摸屏显示界面

二、操作界面

1. 触摸屏画面



2、连接计算机显示图



主要适用对象为各类超声器件参数特性的测量，包括：压电陶瓷、换能器、超声清洗机、超声塑焊机、水声、磁致伸缩材料、超声粉碎机、超声雾化、超声洁牙、倒车雷达、超声测距、超声乳化、超声除垢、超声马达等等所有使用超声的设备。

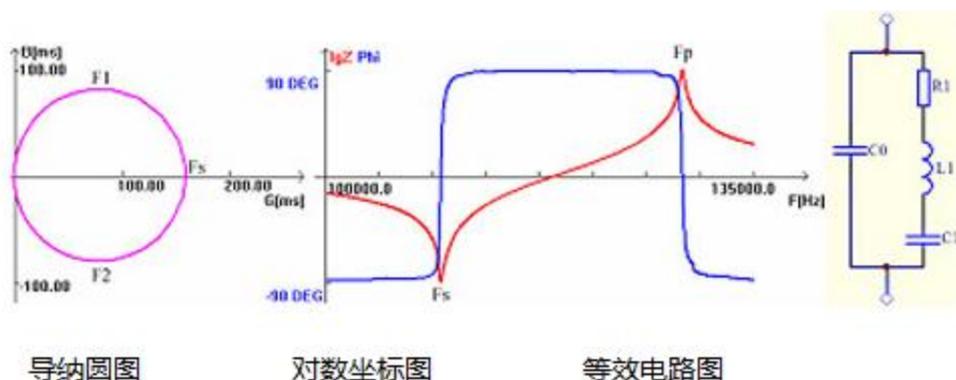
对压电器件的进行阻抗测量是正确使用器件的前提条件。对于压电器件，通过阻抗分析仪可以得到其主要参数，包括：谐振频率 F_s 、反谐振频率 F_p 、半功率点 $F1$ 与 $F2$ 、最大导纳 G_{max} 、静电容 $C0$ 、动态电抗 $R1$ 、动态电容 $C1$ 、动态电感 $L1$ 、自由电容 CT 、自由介电常数、机械品质因素 Q_m 、机电耦合系数 K_{eff} 、 K_p 、 K_{31} 、 K_{33} 等，并可以绘制压电器件的五种特性曲线(导纳特性图、阻抗特性图、导纳极坐标图、阻抗极坐标图、对数坐标图)。

三、测量图形与参数简介

本测试分析仪可以测量以下参数：

1) 谐振频率 F_s ：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“ F_s ”处的频率值。

2) 最大电导 G_{max} ：压电振子谐振时的导纳值的实部，即“ F_s ”处的导纳实部。



3) 半功率点 F_1 与 F_2 ：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 F_s 的为 F_2 ，小于 F_s 的为 F_1 ，如图上标为“ F_1 ”和“ F_2 ”处的频率值。

4) 反谐振频率 F_p ：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“ F_p ”处的频率值。

5) 机械品质因数 Q_m ：计算公式为 $Q_m = \frac{F_s}{F_2 - F_1}$ ，其中 F_s 为谐振频率， F_1 、 F_2 为半功率点。或者 $Q_m = \frac{1}{R_1} \sqrt{\frac{L_1}{C_1}}$ ，其中 R_1 为动态电阻， L_1 为动态电感， C_1 为动态电容。这两个公式计算结果完全相同。

6) 自由电容 C_T ：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 G_{max} 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 :

$$L1 = \frac{R1}{2\pi(F2 - F1)}$$

，其中 $R1$ 为动态电阻， $F1$ 、 $F2$ 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 :

$$C1 = \frac{1}{4\pi^2 F_s^2 L1}$$

，其中 F_s 为谐振频率， $L1$ 为动态电感。

10) 静态电容 $C0$: 计算公式为 $C0 = C_T - C1$, 其中 C_T 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 $C0 = C_T - C1$, 因此这里也采用 $C0 = C_T - C1$ 作为静电容的计算公式。

11) 有效机电耦合系数 K_{eff} :

K_{eff} 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

$$K_{eff} = \sqrt{\frac{F_a^2 - F_s^2}{F_a^2}}$$

根。其计算公式为 :

12) 平面机电耦合系数 K_p :

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：

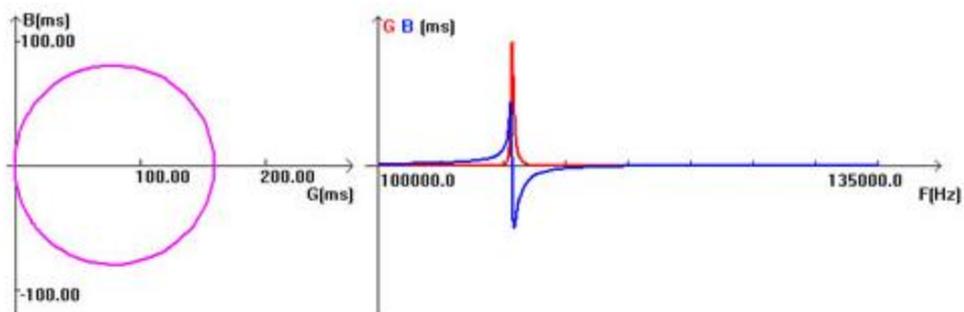
这个参数仅适用于压电陶瓷片，计算公式为：
$$\epsilon_{33}^r = \frac{16 \cdot CT \cdot t}{D^2}$$
，其中 CT 为自由电容，单位是 pF；t 为薄圆片厚度，单位是 cm；D 为薄圆片直径，单位是 cm。

超声波换能器性能参数分析仪可以提供以下坐标特性图：

1) 导纳坐标系 GBF 坐标曲线：

左边曲线：横坐标——导纳实部 G、纵坐标——导纳虚部 B

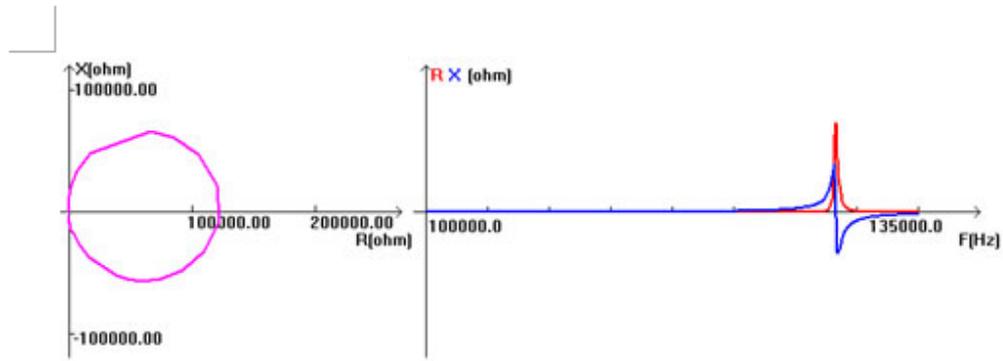
右边曲线：红色——导纳实部 G、蓝色——导纳虚部 B、纵坐标——频率



2) 阻抗坐标系 RXF 坐标曲线：

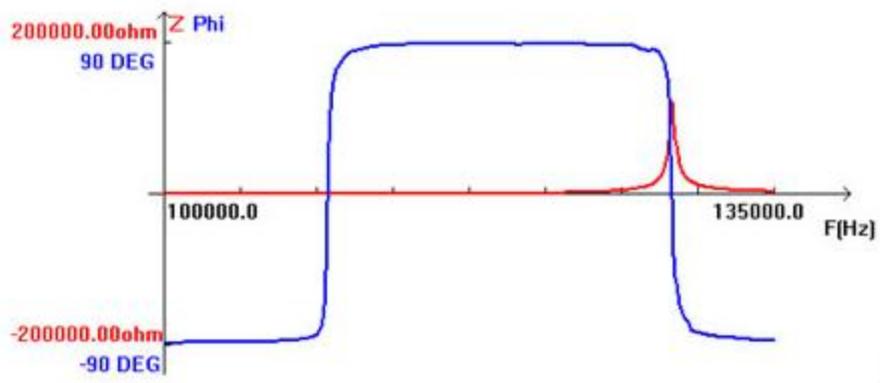
左边曲线：横坐标——阻抗实部 R、纵坐标——阻抗虚部 X

右边曲线：红色——阻抗实部 R、蓝色——阻抗虚部 X、纵坐标——频率



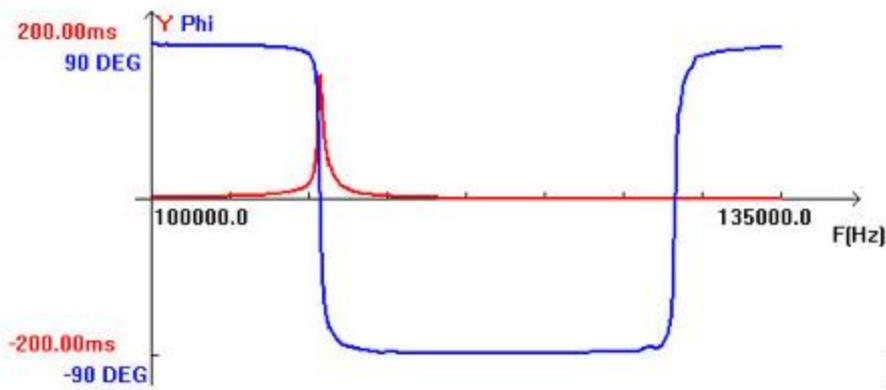
3) 阻抗极坐标系 $Z\theta F$ 坐标曲线：

红色——阻抗模 $|Z|$ 、蓝色——阻抗相位、纵坐标——频率



4) 导纳极坐标系 $Y\theta F$ 坐标曲线：

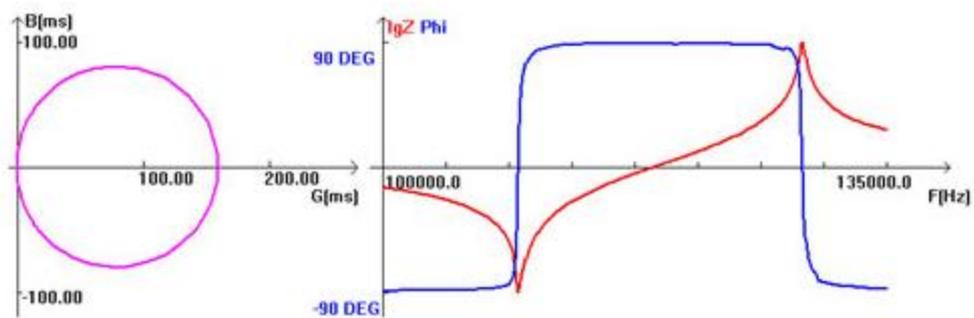
红色——导纳模 $|Y|$ 、蓝色——导纳相位、纵坐标——频率



5) 对数坐标系：

左边曲线：横坐标——导纳实部 G、纵坐标——导纳虚部 B

右边曲线：红色——阻抗模的对数 $Lg|Z|$ 、蓝色——阻抗相位、纵坐标——频率



四、仪器参数解读

评定一个振子或振动系统的性能优劣，需要从参数和导纳曲线图两方面进行分析：

1) 参数：

可以评定压电陶瓷片、压电换能器、整个振动系统（换能器加上变幅杆、模具）等各种器件设备的性能优劣。分析仪分析超声器件设备，最重要的几个参数如下：

F_s ：机械谐振频率，即振动系统的工作频率、设计中应尽可能接近期望值，并且必须与电源工作点匹配。

对于清洗机，振子的谐振频率一致性越高越好。

对于塑焊机或超声加工，变幅杆或模具设计不合理的情况下，振子的谐振频率会偏离工作点。

R_1 ：动态电阻，压电振子串联支路的电阻，在相同的支撑条件下越小越好。对于清洗或焊接振子来说，一般在 $5\Omega \sim 20\Omega$ 之间。如果太大的话，振子或振动系统工作会有问题，如电路不匹配或转换效率低、振子寿命短。

Q_m ：机械品质因素，以电导曲线法确定， $Q_m = F_s / (F_2 - F_1)$ ， Q_m 越高越好，因为 Q_m 越高，振子的效率越高；但 Q_m 必须与电源匹配， Q_m 值太高时，电源无法匹配。

对于清洗振子来说， Q_m 值越高越好，一般来说，清洗振子的 Q_m 要达到 $500 \sim 1000$ 之间，太低的话，振子效率低，太高的话，电源无法匹配。

对于超声焊接或加工来说，振子本身的 Q_m 值一般在 $500 \sim 1000$ 左右，整机系统在 $1500 \sim 3000$ ，太低的话，振动效率低，但是也不能太高，因为 Q_m 越高，工作带宽越窄，电源难以匹配，即：电源难以工作在谐振频率点，设备无法工作。

C_T ：自由电容，压电器件在 1kHz 频率下的电容值，此值和数字电容表测得的值是一致的。这个值减掉动态电容 C_1 就可以得到真正的静电容 C_0 ， $C_0 = C_T - C_1$ 。使用时要以电感对 C_0 进行平衡。

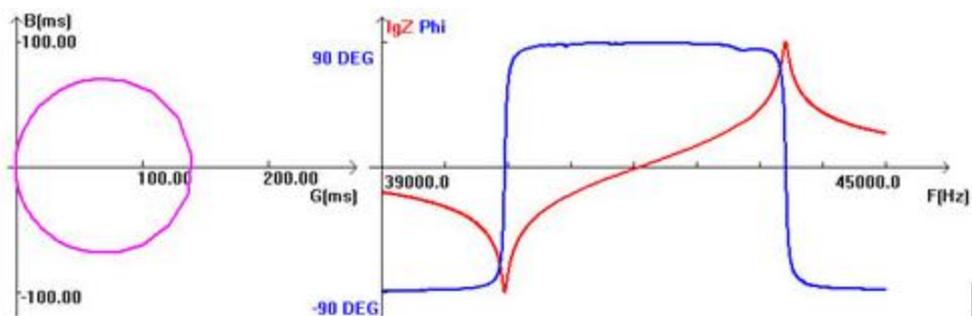
在清洗机或超声加工机器的电路设计中，正确地平衡 C_0 可以提高电源的功率因素，使用电感平衡有两种方法，并联调谐和串联调谐。

F_p : 反谐振频率, 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 Z_{max} 最大, 如果反谐振阻抗 Z_{max} 很低, 则振子有问题。

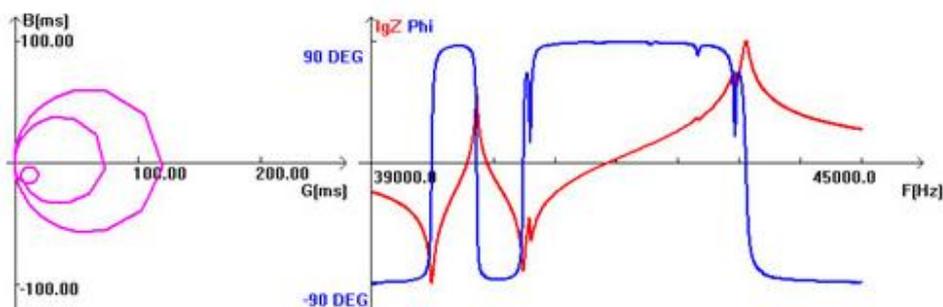
2) 图形

本分析仪提供五种坐标特性图, 其中对数特性图对于压电器件的检测有重要的意义。压电振子或振动系统的振动性能可以直接通过对数坐标图进行判断, 比较直观, 很实用。

正常的情况下, 导纳圆与电导曲线如下图, 导纳圆为单圆, 对数坐标图只有一对极小值和极大值:



异常情况下, 导纳圆与电导曲线如下图, 导纳圆图上出现多个寄生小圆, 对数坐标图有多对极小值和极大值:



在以下的情况中, 压电陶瓷或换能器的导纳圆与电导曲线会出现异常:

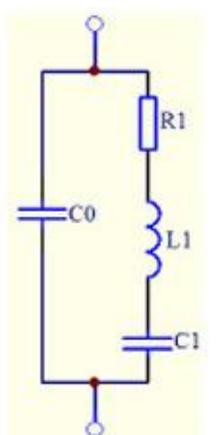
- 1) 换能器在装配时出现晶片裂。
- 2) 压电陶瓷本身有问题，如内部分层。
- 3) 超声变幅杆、模具的设计或装配出现问题。
- 4) 换能器同心度差造成的应力杆周围零件相碰。

一般来说，导纳曲线图和参数互相有关联，如果振子的导纳曲线图正常，则 $R1$ 较低， Qm 较高，反之如果振子的导纳曲线图异常，一般 $R1$ 较大， Qm 较小。

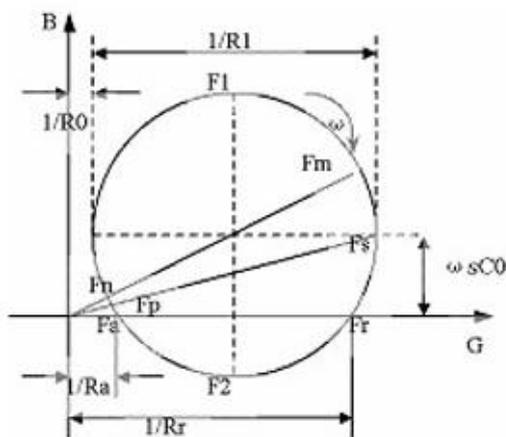
对于换能器来说，往往有很多谐振点，第一振动、第二振动、第三振动等等，一般来说，第一振动（一般为厚向振动模式，用户所用模式）与第二振动相隔越远越好，因为第二振动为其他模式的振动（如弯曲、扭转等等），在第一振动模式工作的时候，第二振动也会产生振动，从而影响换能器寿命，它们隔得越远，影响越小。

五、导纳圆的原理

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：



压电器件等效电路



导纳圆示意图

上图左边为为压电器件的等效电路。其中 C_0 是静态电容， R_1 、 C_1 、 L_1 分别为动态阻抗中的电阻、电容、电感。

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， Y_1 的相矢终端轨迹为一圆，其圆心为 $(1/2R_1, 0)$ ，半径为 $1/2R_1$ 。

当 Y_1 的相矢终端旋转一周时， Y_0 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 Y_1 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	
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频率

	Fa	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。

六、价格：

¥ 18000 元，大写壹万捌仟整。

恒波超声波设备 李工 13510929282

2019/11/07