

MICROTEST Total Solution

倒车系统-超声波雷达测距测试解决方案



MICROTEST

www.microtestcn.com.cn



Web



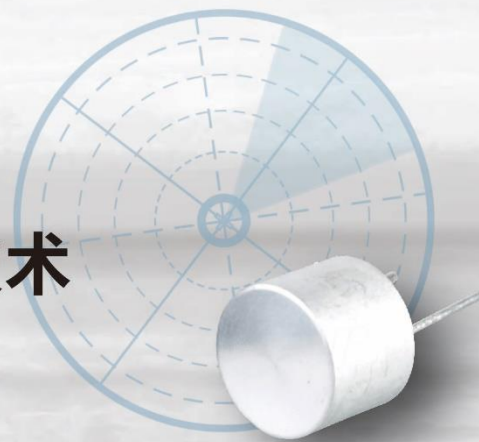
Facebook



WeChat

202103

不可低估的超声波传感器技术



超声波一点也不陌生

倒车雷达最大功臣就是它

倒车雷达采用的工作原理就是利用超声波传感技术，它是倒车时最佳的安全辅助装置，通常以声音或显示器方式告知驾驶周围障碍物的状态，避免视觉上的死角影响驾驶安全。

超声波传感器之工作原理

倒车雷达系统REVERSING / PARKING AID SUBSYSTEM 英文简称RAP，在车载传感器中，最常见即是超声波传感器，对于短距离的测距超声波具备一定的优势，而工作原理是通过超声波发射装置向外发送出超声波，到通过接收器收到发送过来超声波，此时的时间差就是用来测试距离的。



- 利用超声波发射器向外某一方向发射出声波信号 (发射同时开始计时)
- 声波信号透过空气进行传播，当途中遇到障碍物会立即反射传播回传到接收器 (一收到回传停止计时)
- 测距运行中压电陶瓷片朝着物体方向发射出一组短超声波，此波传递到物体处时会被反射回来，由另外一片压电陶瓷片接收反射波，大部份压电陶瓷的发射面会附带一层适配层促使换能器在空气中具备有声阻抗

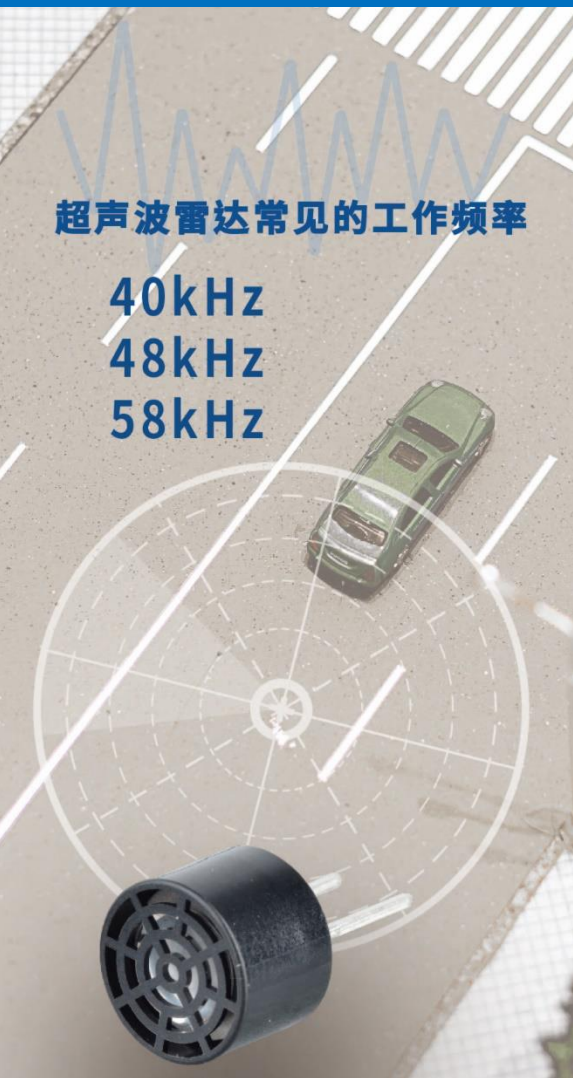
在空气中超声波的传播速度340m/s

计算发射点到障碍物之间的距离长度s

计时器记录时间t

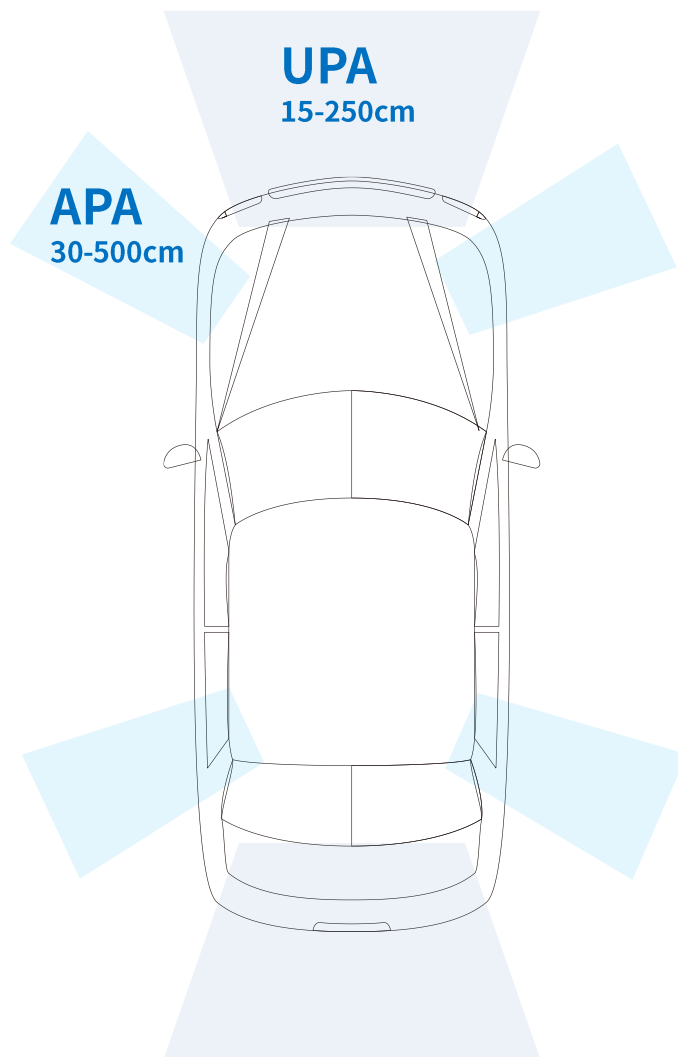
超声波雷达常见的工作频率

40kHz
48kHz
58kHz



超声波传感器安装于汽车哪些地方？

我们最常见的超声波雷达有两种，一种是UPA安装在汽车前后保险杠，发挥侦测汽车前后障碍物的功能，侦测范围在15~250公分，另一种是APA，通常安装在汽车侧边，用来侦测侧边的障碍物，侦测范围在30~500公分，APA可达到侦测障碍物功能以外，更可将超声波雷达返回的数据判断停车库位是否存在，近年因自动泊车APA的需求量将大幅提升。



超声波的三种典型工作频率

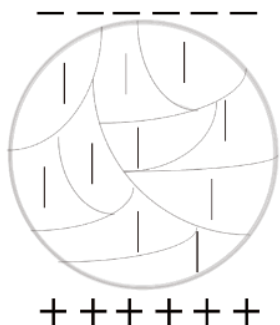
目前探头最普及的工作频率有40kHz、48kHz以及58kHz，频率越高，灵敏度越佳，对的水平与垂直方向的侦测角度就越小，因此大多都采用40kHz的探头，防水又防尘的超声波雷达，侦测范围在0-1.3米之间，应用于停车侦测非常精准。

通常一套汽车倒车雷达需要安装4个超声波传感器UPA。

自动泊车系统由4个超声波传感器UPA与4个自动泊车辅助超声波传感器APA。

极化

使电极偶极矩排列方向为一致性



压电陶瓷在传感器上的应用

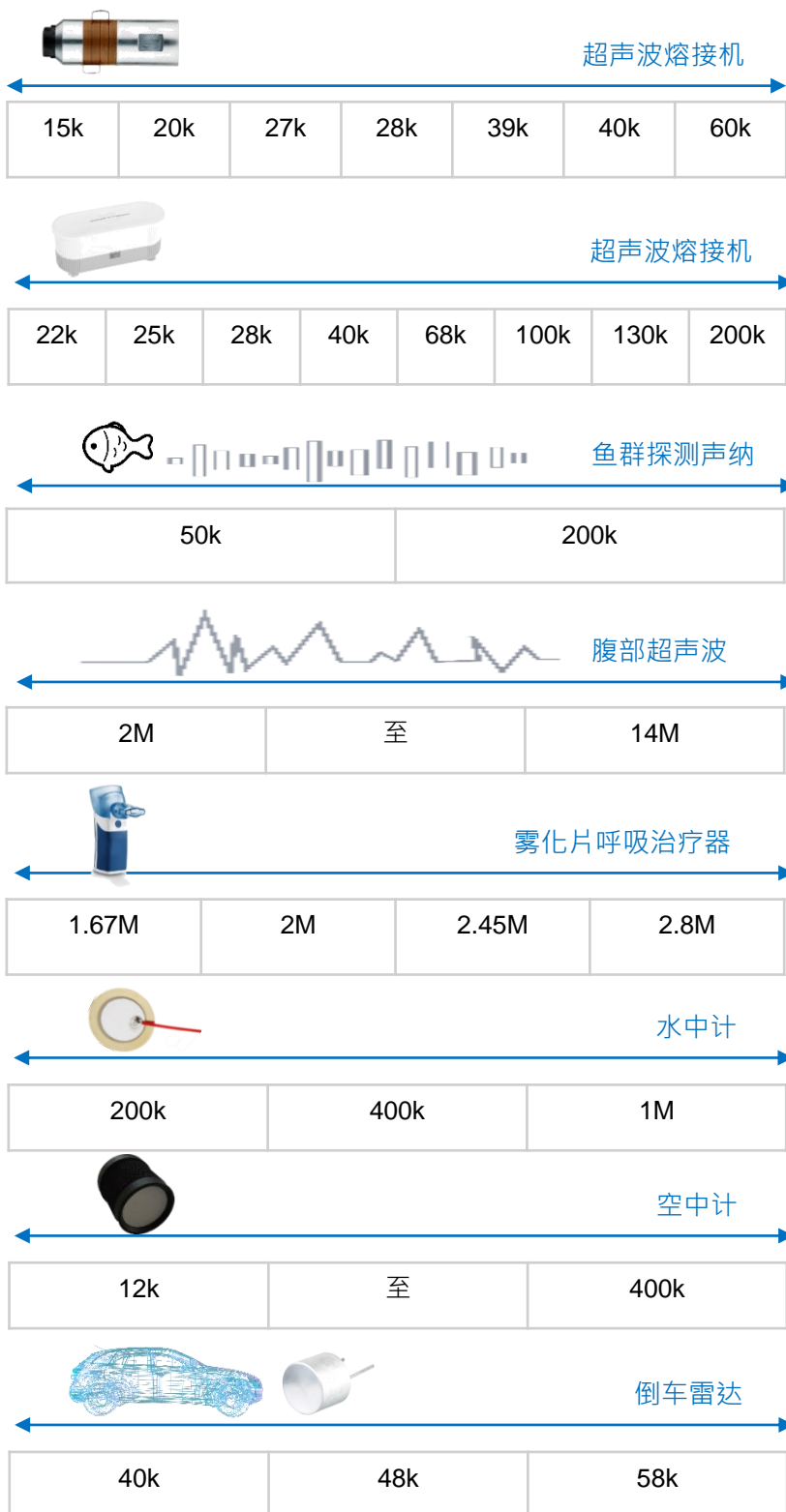
最常见的压电陶瓷材料像是钛酸钡 (BaTiO₃)与钛酸铅(PbTiO₃)以及锆钛酸铅(Pb(ZrTi)O₃, PZT)的化合物。透过『极化』的制程压电材料接触到高温与高电压来产生压电特性，因此外加电场会改变电偶极矩的排列方向。

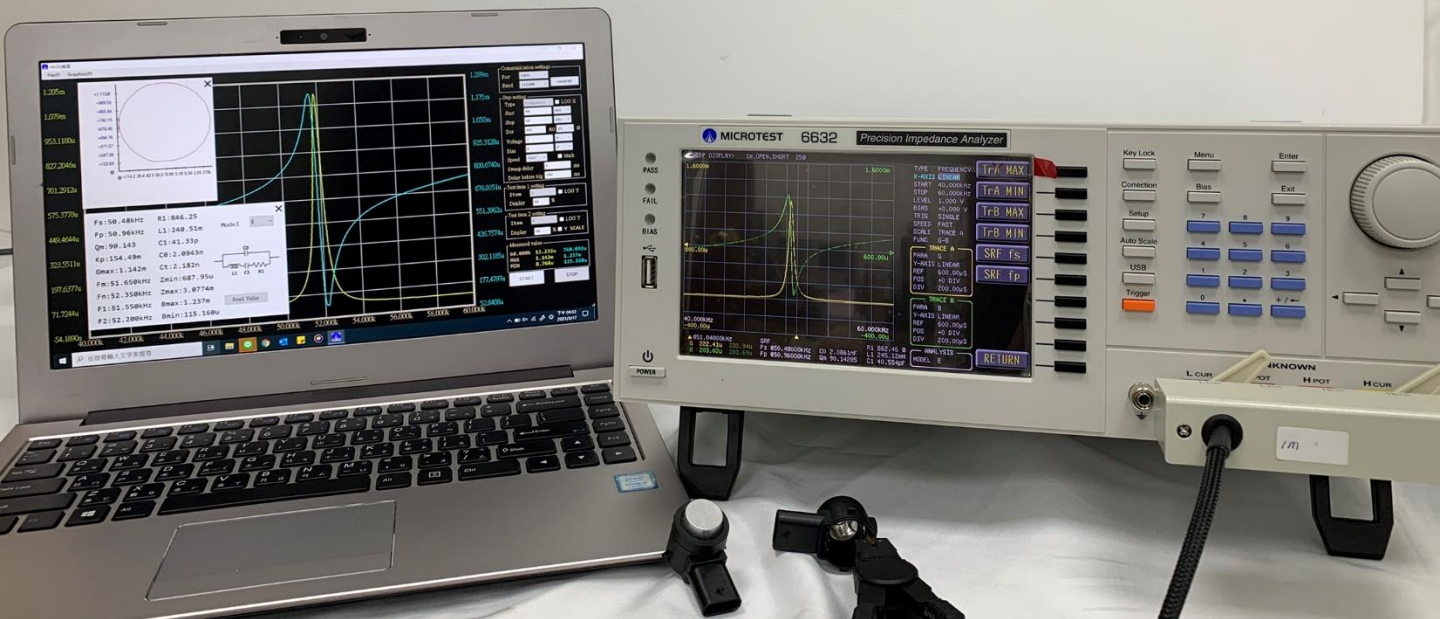
所谓的压电特性即是具有机械能与电能之间的转换和逆转换的功能，它的原理是对压电材料施加压力后会产生电位差，称之为正电压效应，相反之，施加电压则会产生机械应力，称之为逆电压效应。

压电陶瓷的应用

- | 低功率超声波换能器
- | 感测器如倒车雷达
- | 含压电变压器
- | 机电式滤波器
- | 高功率超声波清洗机
- | 高功率超声波焊接机

常见的超声波应用与工作频率 (单位Hz)





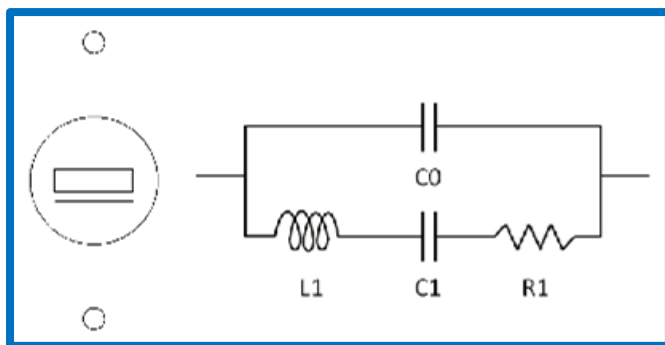
MICROTEST 6632带您精准抓住超声波的谐振频率

谐振

是为了掌握压电效应的最大振幅

前文已介绍正电效应与逆电效应，压电材料因抵抗而变化，随着电场方向而伸长，当施予规律的频率与电压，促使压电材料产生振荡。谐振带给压电很重要的关键，因为压电材料在一定的频率之下，会以『最大振幅』去振动，此时的特定频率即称为谐振频率。

为了使超声波振动元件达到谐振，因此会在超声波发振器的部份与振动元件进行『阻抗匹配』，振动元件最常见的就是电感、电容与电阻，当超声波元件在振动过程中会产生热胀冷缩的效应，元件尺寸随之变化并且改变了波长，波长改变频率也跟着改变，相对超声波发振器就必须与振动元件重新进行阻抗匹配，此刻效率可能会降低，严重时可能造成损坏，因此工程师必须掌握超声波的谐振特性。



利用压电元件的等效电路来模拟它的机电振动特性

当压电元件处于静态时

我们暂时忽略电损耗，则可当做是一静态电容 C_0

当压电元件处于振动并辐射能量时

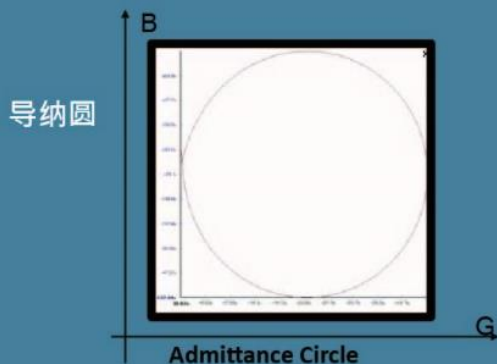
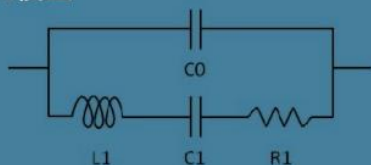
还存在与静态电容 C_0 并联一起的动态阻抗

此动态阻抗是来自元件振动过程中其弹性与惯性与周围介质对振动部份的反作用，我们可以将动态阻抗用串联的电容 C_1 、串联的电感 L_1 、串联的电阻 R_1 来表示

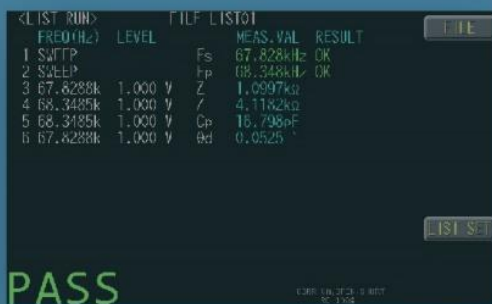
MICROTEST 6632

谐振曲线 + 导纳圆绘图

选择E模型



一次完成Fs/Fp/C/D值测试



分析超声波传感器的谐振频率与关键参数

我们可利用交流电路的复数符号，评定压电元件的谐振阻抗特性

阻抗特性随着频率而变化

电路中的总阻抗 $Z = U / I$

电路中的总导纳 $Y = I / U$

我们可以测量元件的导纳 = 测量阻抗

评估元件与所在电路之间的匹配阻抗

静态电容C0

当压电元件处于静态时

我们忽略电损耗，则可当做是一静态电容C0

R1 动态阻抗-电阻

L1 动态阻抗-电感

C1 动态阻抗-电容

当压电元件处于振动并辐射能量时，还存在与静态电容C0并联一起的动态阻抗，来自元件振动过程中其弹性与惯性与周围介质，对振动部份的反作用

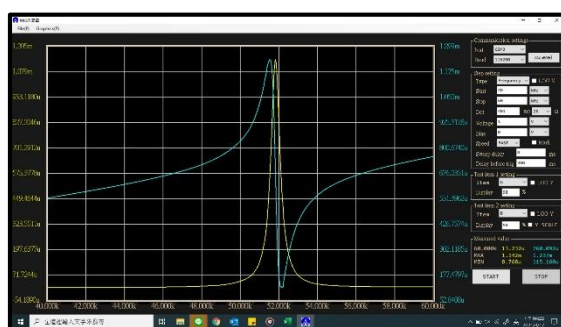
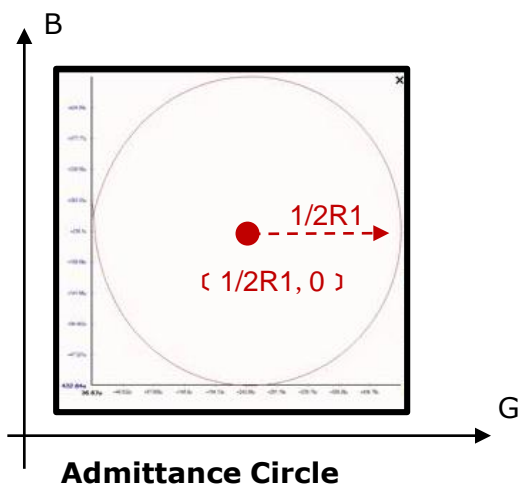
6632 选型 1MHz/3MHz/5MHz/10MHz/20MHz/30MHz/50MHz



由于压电组件之等效电路采用并联方式
利用导纳圆绘图分析压电陶瓷的阻抗更直观

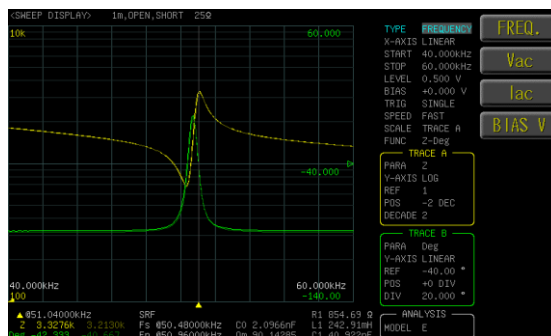
MICROTEST 6632 超声波应用测量解决方案
谐振频率Fs/Fp扫图分析+等效电路分析

6632扫图250点解析度绘出谐振频率曲线



(PC连线软件扫图解析度2001点)

6632等效电路E模型，实测+模拟阻抗变化



在大功率的超声波应用会使用硬质压电材料所带来的优势，达到压电耦合因子变大，机械品质因数提高，介电损失也会较小，像是超声波焊接、超声波牙垢去除等应用

利用6632等效电路E模型可实测待测物找到Fs/Fp以及Qm，检视现况的阻抗特性，透过修改动态阻抗R1/L1/C1可模拟出影响阻抗后的曲线，大幅缩短制程修改或材料更换后所需要的验证工程的时间

Y 整体电路的导纳

Y0 并联支路

由材料绝缘阻抗R0、C0静态电容构成

Y1 串联支路

由动态阻抗的电阻R1、电容C1、电感L1构成

利用导纳矢量平面图

X轴为导纳实部即是电导G

Y轴为导纳虚部即是电纳B

静态导纳Y0

动态导纳Y1

利用下列公式运算

$$Y = Y0 + Y1$$

$$Y0 = 1/R0 + 1/(j2\pi fC0)$$

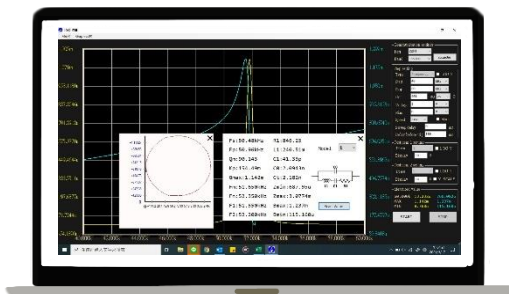
$$Y1 = 1/\{R1 + j2\pi f L1 + 1/(j2\pi f C1)\}$$

得到导纳Y与动态导纳Y1随频率F而改变

(导纳频率特性)

关键参数决定超声波的谐振振幅

6632一机满足谐振+导纳圆绘图+等效电路模型分析



Fs: 50.48kHz	R1: 846.25	Model <input type="text" value="E"/>
Fp: 50.96kHz	L1: 240.51m	
Qm: 90.143	C1: 41.33p	
Kp: 154.49m	Ct: 2.0943n	
Gmax: 1.142m	Zmin: 687.95u	<input type="button" value="Read Value"/>
Fm: 51.650kHz	Zmax: 3.0774m	
F1: 51.550kHz	Bmax: 1.237m	
F2: 52.200kHz	Bmin: 115.160u	

6632提供压电元件测量以下重要参数

Fs	机械谐振频率	整个振动系统的工作频
Fp	反谐振频率	压电振子并联支路之谐振频率(C0、L1产生的谐振) 在Fp之下阻抗最大·导纳最小
Gmax	串联谐振下的电导	指的是整组振动系统工作下的电导值(R1的倒数)
Qm	机械品质因数	公式为 $Qm = Fs / (F2 - F1)$ Qm越高代表压电振子的效率越高·同时也要与电源匹配
C0	静态容量	公式为 $C0 = Ct - C1$ ·Ct为1kHz下的自由电容 可利用并联协调或串联协调进行平衡C0·要以电感对C0进行平衡· 平衡可提高电源的功率因子
C1	动态电容	动态阻抗中的电容
R1	动态电阻	公式为 $R1 = 1/D$ ·R1为压电振子串联支路的电阻·D为导纳圆的直径
L1	动态电感	公式 $R1 / 2\pi(F2 - F1)$ ·L1为压电振子串联支路的电感
F1	振子半功率点频率	针对整个振动系统而言·通常F2-F1小于10Hz
F2		可能造成频带过窄·电源难以在谐振频率点·导致无法工作
Zmax	反谐振阻抗	此值过低会影响压电振子之寿命性
Kp	有效的机电耦合系数	此值可参考为转换效率的好坏

