



阻抗测量方法比较

阻抗 Z （其倒数值为导纳 Y ）是与电子材料、元件、电路（统称为器件）相联系的基本参数。当电流流过器件时，器件便对电流的流动产生阻碍作用。若电流为直流（DC）时，其阻碍度称为电阻 R ；而若电流为交流（AC）时，其阻碍度称为阻抗 Z ；它们的单位均为欧姆（ Ω ）。

欧姆定律规定了直流（DC）情况下电阻（ R ）、电流（ I ）和在被测器件（DUT）两端形成的电压降（ U ）之间的关系。欧姆定律可以从数字上扩展来处理交流（AC）情况。因此，被测器件（DUT）的阻抗可用被测器件的端电压（ U ）与流过它的电流（ I ）之比来表示，见下图 1。直流电阻好理解，交流阻抗是一个复数的概念，具体介绍见“[阻抗参数理论](#)”一文，。

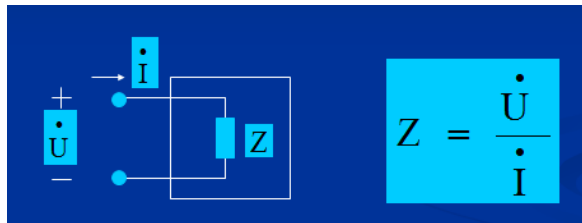


图 1 阻抗定义及表示方法

阻抗是器件固有的最基本特性，可以精确地确定和保持，准确测量器件的这个基本特性尤其重要。测量器件阻抗的方法有很多，北京海洋兴业科技股份有限公司（010-62176785 www.hyxyyq.com）工程师根据多年的工作经验，总结出几种常用代表性的测量阻抗的方法，以飨读者。

1、电压表-电流表法（伏安法）

该方法主要测量直流电阻，根据被测器件电阻值的大小，有测量小电阻的毫欧表（或微欧计，特殊的有接地电阻表）、通用欧姆表（常见的是万用表）、大电阻的高阻计（常见的是绝缘电阻表）。以上这些仪表，充分利用欧姆定律，通过给被测器件施加直流电压源（ V_s ）或直流电流源（ I_s ），在用电流表或电压表测出流过被测器件的电流值或被测器件两端的电压差，从而计算出被测器件的电阻。该方法使用简单，主要用于中等精度和低精度的场合。

2、电桥法

电桥是用比较法测量阻抗的仪器。最初用于桥接平衡臂的零值指示器，现广泛用于零值指示和平衡臂的阻抗测量电路，最简单的是由四个支路组成的电路，各支路称为电桥的“臂”。电桥的种类很多，可分为直流电桥和交流电桥，常用



的有惠斯通电桥和凯尔文电桥。电桥法精度比电压表-电流表法要高，但需要手动平衡。

3、自动平衡电桥法

上面的电桥法需要手动操作平衡，现在的电桥，采用自动平衡电桥的方法测量阻抗，解决传统电桥费时的手动操作，并消除相关的测量误差。这样自动平衡电桥具有高精度（0.05%典型值）、较宽的阻抗测量范围、使用简单等特点；但是它不能适应更高的频率范围。

4、谐振法（或Q表法）

器件中电感和电容特性组合，会在某个频率上产生谐振；若已知组合中的一个值和谐振频率，便可计算出另一个值。谐振法就是利用调谐回路的谐振特性而建立的测量方法。测量精度虽说不如交流电桥法高，但是由于测量线路简单方便，在技术上的困难要比高频电桥小（主要杂散耦合影响）。再加上高频电路元件大多为调谐回路元件使用，故用谐振法进行测量也比较符合其工作的实际情况，可测很高的Q值。典型的谐振法测量仪器是Q表，所以谐振法又称Q表法，其需要调谐到谐振，阻抗测量精度较低。

5、RF 电压-电流法（射频电桥法）

射频电压-电流法与前述直流电压-电流法的原理相同，根据测试阻抗的大小有两种连接电压表和电流表的方法：低阻抗类型、高阻抗类型。射频电压-电流法与前述直流电压-电流法一样：操作简便、能测宽阻抗范围。但是其测试频率范围要比直流电压-电流法要高；射频电压-电流法常见仪器为阻抗分析仪，方便测量接地装置的阻抗，以较高精度测量 GHz 高频器件，但测试阻抗范围不够宽。

6、网络分析法

网络分析法结构见图 2。反射系数是通过测量入射信号与反射信号的比率

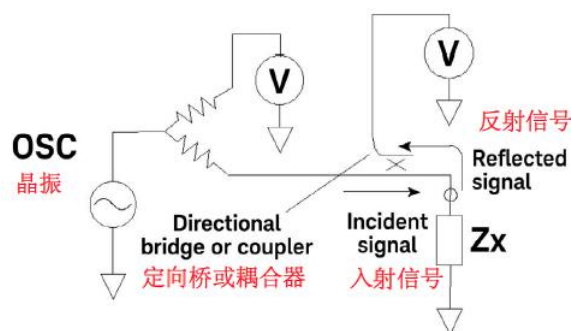


图 2 网络分析阻抗法

来获得的。定向耦合器或电桥用于检测反射信号，网络分析仪提供激励并测量响



应信号。由于网络分析法测量被测器件（DUT）处的反射，因此可在更高的频率范围内使用。网络分析法常见仪器是矢量网络分析仪，它俗称“射频万用表”，其优缺点如下：

I、高频率范围；II、当被测阻抗接近特征阻抗时得到高精度；III、改变测量频率需要重新校准；IV、阻抗测量范围窄。

阻抗测量方法很多，我们常用以下技术指标来评价这些阻抗测量仪器：阻抗范围、测量精度、测试信号频率、测试信号电平、测量时间、工作温度范围等。

下图 3 是不同阻抗测量方法覆盖测试信号频率的对比：

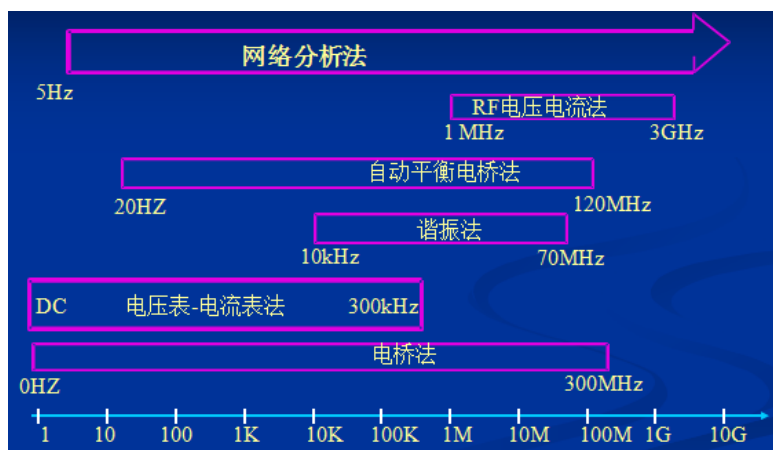


图 3 测量方法对应的测试信号频率

在以上方法中，测量阻抗最常用的是以下四种方法：**电压表-电流表法**（万用表）、**自动平衡电桥法**（LCR 电桥）、**射频电压-电流法**（阻抗分析仪）、**网络分析法**（矢量网络分析仪），它们覆盖的阻抗测量和频率范围比较见下图 4：

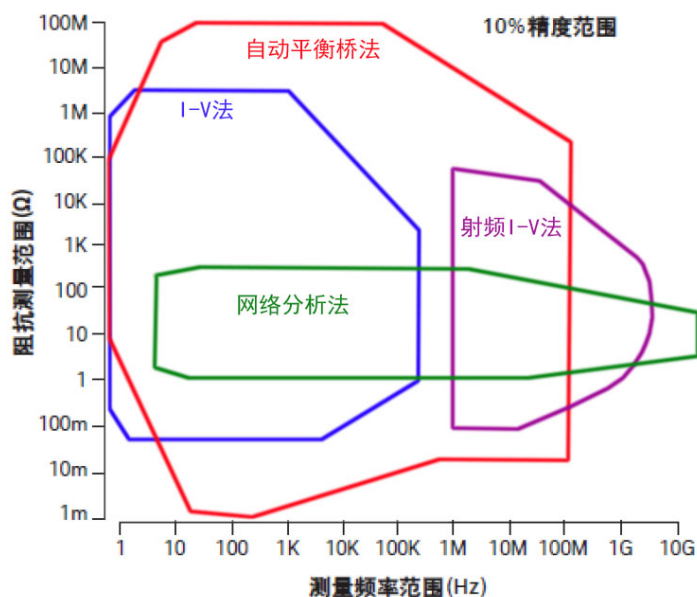


图 4 四种阻抗测量技术比较



关联文章：

- 1、[阻抗参数理论](#)
- 2、[阻抗测量基础](#)
- 3、[矢量网络分析仪培训资料](#)
- 4、[德国品牌罗德与施瓦茨矢量网络分析仪选型指南](#)
- 5、[LCR 测试仪选型指南——如何选择合适的 LCR 电桥](#)
- 6、[两线制电阻和四线制电阻测量的定义](#)
- 7、[LCR 数字电桥的其它功能](#)
- 8、[如何用 LCR 电桥测量空心线圈](#)
- 9、[微小电阻测量原理及应用](#)
- 10、[绝缘电阻测试仪介绍](#)
- 11、[接地电阻测试仪介绍](#)
- 12、[两种行业中应用的电池内阻测量方法](#)
- 13、[当一回物理学家——电阻串、并联公式的验证](#)