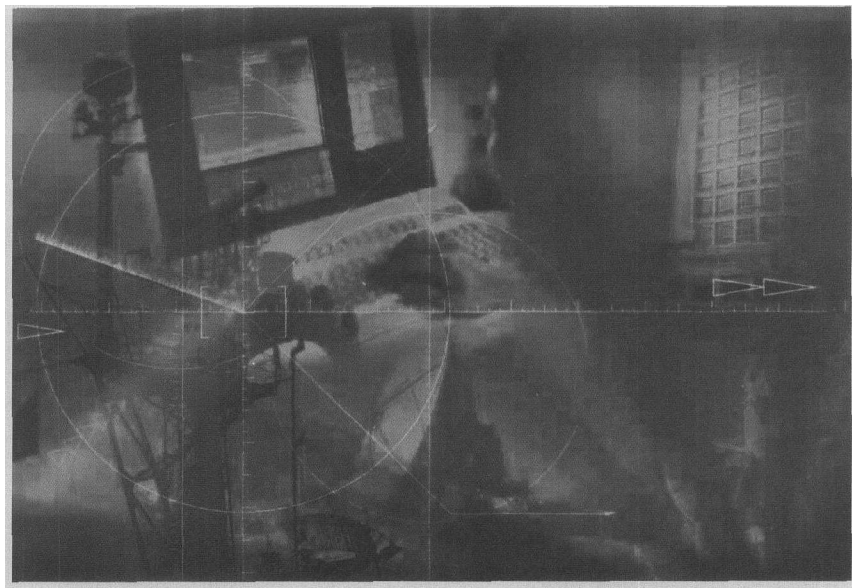


连 载



# 无线通信

## 测试仪器中需要计量的参数

詹志强/上海市计量测试技术研究院

### 一、前言

#### 一、前言

无线通信测量是电子测量领域中主要的,也是最具有活力的一个分支,正是由于无线通信技术的产生、发展,推动了整个电子测量技术的产生和发展,无线通信测量所使用的技术也就是电子测量的主要技术。因为通信是与无线电测量紧密联系在一起,所以,我们首先介绍数字通信中测量仪器中的参数测量方法。无线通信从早期的第一代无线通信已经发展至当今第四代无线通信,调制方式也从早期的简单模拟调制(模拟调幅、模拟调频)发展至现代数字调制技术(QAM和OFDM),调制带宽也从早期的几十kHz发展至几十MHz,几百MHz甚至GHz,对现代无线通信仪器的计量提出了新的要求和挑战。随着通信技术的飞速发展,无线通信测试仪器的功能也在不断的强大和完善,特别是随着仪器内置计算机运算速度的提高和软件无线电的结合,现在的单台通信测试仪器已经包含了以前数台测试仪器的功能,其中最具代表性的当数无线电综合测试仪。无线电综合测试仪主要用于数字移动通信中的基站和手机的测试。在一台无线电综合测试仪中,包含了模拟射频信号发生器,数字射频信号发生器,数字信号分析仪,音频信号发生器,音频信号分析仪和频谱分析仪,功率计和频率计,甚至示波器的功能。无线电综合测试仪的校准包含了无线电的大部分仪器和参数的计量:即射频信号发生器、矢量信号发生器、音频发生器;矢量信号分析仪、音频信号分析仪、频谱分析仪,示波器;频率、射频功率、射频衰减、阻抗/反射、电压、波形、失真、信号带宽。

### 二、无线通信中参数的计量

#### 二、无线通信中参数的计量

由于无线电综合测试仪包含了很多仪器的功能,因此,在校准无线电综合测试仪时,主要是按照参数类型和调制类型来进行的。包括信号电平幅度、阻抗/反射、频率/时间、功率、电压、调制度、失真度、频谱、波形、信号带宽等无线通信中基本参数的测量。

#### 1、射频电平平坦度和稳定度

#### 1、射频电平平坦度和稳定度

输出电平稳定度是指输出电平随时间的变化程度,早期的信号发生器的输出部分没有自动电平稳定电路,所以输出电平随时间的变化比较严重,输出电平稳定度指标是比较重要的一个指标,当今的信号发生器的电平输出部分增加了自动电平稳定电路(ALC电路),输出电平比较稳定,因此,对于输出电平的稳定度基本上已经不作为指标进行要求。

输出电平平坦度也就是输出频响,主要反映的是输出电平随着频率改变的量,主要是采用射频功率计,测量接收机或者是频谱分析仪进行测量。

#### 2、输出电平准确度

#### 2、输出电平准确度

输出电平准确度是信号发生器一个比较重要的指标,与输出电平平坦度一样,也主要是采用数字电压表(低频范围)、测量接收机或者是频谱分析仪进行测量。

### 3、剩余调频和剩余调幅测量

由于大部分微波振荡器都是电调谐振荡器,就是说,改变振荡器某一电极的电压就能改变振荡频率。通常,加到这些电极上的电压都是或多或少带有一定波纹的直流电压,由于这些波纹的存在,使振荡器的输出频率不是单一的振荡频率,而是带有少量频率调制的振荡波。对于这样的振荡波,就叫做振荡器的寄生调制也称作剩余调制,剩余调制包括剩余调频和剩余调幅。

剩余调频和剩余调幅主要采用测量接收机或者是采用频谱分析仪来测量。

### 4、输出信号的频谱纯度

由于非放大器和变频器中的非线性,输出信号除了基波分量外,还有其它频率分量。频谱纯度是指除基波外的其它成分。频谱不纯主要来自包括以下方面:1、高次谐波(主要是2次谐波、3次谐波),次谐波、非谐波。在音频发生器中,频谱不纯用非线性失真来表示。

### 5、调制特性:

前面已经提到,随着无线通信技术的发展,调制方式也有了非常大的进步,从早期的简单模拟调幅、调频(模拟调相也归于调频)发展到多进制数字调制,

模拟调制中,基本指标为调制频率,调制准确度(上边带以及下边带)等。

数字调制中,基本指标除了调制频率外,数字调制准确度来表示。数字调制准确度通常用以下的参数来表示:

A、矢量误差:等于所设定的矢量与实测矢量的矢量差。

B、误差矢量幅度(EVM),等于误差矢量的幅度值,通常表示为参考矢量峰值的百分比来表示。

C、相位误差:等于设定的矢量相角与标准的矢量相角之差,其中包括均方根矢量误差和峰值矢量误差。

D、对于CDMA方式,主要指标是RHO(波形质量),RHO是对CDMA发射机调制质量的测量,类似于TDMA系统中的EVM,在CDMA系统中,波形质量=信号功率/(信号功率+误差功率)。

### 6、音频信号

无线通信中,现阶段主要是将语音信号通过无线通道进行传送,音频就是频率为20Hz~2MHz的信号。音频信号发生器的主要指标包括频率准确度,音频电压准确度和音频失真。

A、音频频率准确度可以采用频率计进行测量

B、音频电压采用数字多用表或者是音频电压表或者是频谱分析仪来测量。

C、音频失真可以采用失真表或者是频谱分析仪测量。

### 7、射频功率

功率定义为单位时间内所做的功。其基本单位为瓦(W)。无线通信的功率测量中,常用的单位除了瓦外,还有毫瓦(1mW=10<sup>-3</sup>W)。另外,在无线通信测量时,常用的单位为分贝毫瓦(dBmW)来表示。它以基准电平1mW,实际电平值P(mW)与P<sub>0</sub>比较后的对数来表示。

$$A(\text{dBmW})=10\lg \frac{P(\text{mW})}{P_0(\text{mW})}$$

无线通信中射频功率测量常用的仪器有微波小功率计、测量(校准)接收机、和电平测量准确度比较高的频谱分析仪。

由于微波小功率计、测量接收机以及频谱仪所能测量的最大功率一般在10dBm左右,为了测量大的功率,一般采用前面加大(中)功率衰减器或者是采用定向耦合器来扩大功率测量的量程。

### 8、频率特性

频率是无线通信中最基本、最重要的参数,因此,对于信号频率的测量,也就成为通信测量中最重要,最基本的测量。目前时间和频率的测量精度是可测的电物理量中最高的,可达10<sup>-13</sup>~10<sup>-14</sup>数量级。

表征信号源频率特性主要有以下几个指标:(1)频率范围,(2)频率准确度,(3)频率稳定度,(4)相位噪声;下面分别进行讨论:

(1)、输出频率范围

输出频率范围主要采用数字频率计来测量。

(2)、频率准确度

### 3、剩余调频和剩余调幅测量

### 4、输出信号的频谱纯度

### 5、调制特性

### 6、音频信号

### 7、射频功率

### 8、频率特性

频率准确度指输出频率的偏离设定值的程度，频率准确度包括短期频率准确度和长期频率准确度，主要是采用具有高稳晶振的频率计来测量。

### (3)、内置晶振的频率稳定性和频率波动

内置晶振的频率稳定性采用具有高稳晶振的频率计来测量。

### (4)、相位噪声，相位噪声是在频域表征信号发生器输出信号的短期频率波动。

相位噪声的测量方法有专用的相位噪声测量系统或者是采用具有高稳时基的频谱仪来测量

## 9、电压测量

### 9、电压测量

电压是电子测量领域最主要的参数之一。许多电参数可视为电压的衍生物，或者是以电压的形式反映出来。因此，电压测量是许多电参量测量的基础。

借助电子技术进行电压测量的仪器称为电子电压表。在当代的无线通信测量中，已经全部采用数字电压表来测量直流电压和交流电压。

## 10、阻抗测量

### 10、阻抗测量

阻抗是通信中测量的一个重要方面，阻抗反映信号的匹配程度，在通信测量中，主要是采用阻抗分析仪、网络分析仪或者是阻抗电桥来测量阻抗。

## 11、失真度测量

### 11、失真度测量

失真度主要是描述音频信号源的一个主要参数。一定频率的信号通过一个四端网络以后，往往会产生新的频率分量，称为该网络的非线性失真，一个信号与理想波形有差别，则称为信号的非线性失真。非线性失真也称为谐波失真，简称为失真，它可在时域或者是频域进行观察或者测量。脉冲或者方波的失真通常用示波器在时域观察，而正弦波的微小失真无法从波形上进行准确的观察，需要进行频域的失真度测量。频域失真测量可以采用失真度仪或者是频谱分析仪进行测量。

利用频谱分析仪进行失真度测量时，先用频谱分析仪测量出该音频信号的基波 $V_{基}$ ，二次谐波 $V_{谐2}$ ，以及三次谐波 $V_{谐3}$ ，然后利用下面公式来计算失真度：

$$D = \frac{\sqrt{V_{谐2}^2 + V_{谐3}^2}}{\sqrt{V_{基}^2 + V_{谐2}^2 + V_{谐3}^2}} \times 100\%$$

## 12、互调分量测量

### 12、互调分量测量

互调分量的测量主要是采用频谱分析仪，互调分量主要测量2阶互调和3阶互调。其原理是：当两个幅度相同，频率不同的正弦信号一起送到被测设备，设备的输出将产生新的分量，测量落于信号带宽内的信号分量。

## 13、频谱分析

### 13、频谱分析

对于调制信号进行分析，最常用的方法就是时域分析和频域分析，对于一个电信号，当展示其波形随时间而变化的情形时，即为频域分析。对信号进行频域分析时，所展示的是信号频谱分布图，观察信号频谱分布的典型仪器为频谱分析仪，它的水平轴表示的是频率。当今的频谱分析仪已经具有非常多的功能，除了可以观察和测量信号的频谱外，还可以进行信号电平测量，交调测量，互调失真，相位噪声，以及数字通信中的峰值功率测量，邻道功率比测量。内置有专用软件的当今频谱分析仪可以分析数字通信中的数字调制波形以及调制准确度指标。

在综合测试仪的校准中，主要是测量谐波（主要是二、三次谐波）、分谐波和频谱纯度。

## 14、波形测量

### 14、波形测量

示波器是信号波形测量中测量的主要仪器，利用它可以直观地观察信号的波形和有关参数，是电子仪器中应用最广泛的仪器之一。由于数字技术与示波器相结合，现代的示波器除了可以测量信号的波形外，可以测量信号的周期，信号的幅度，信号的上升时间，信号的过冲，信号的眼图，有些还具有TDR的功能，专门用于数字通信中的数字示波器主要是数字通信分析仪，数字通信分析仪除了可以进行电信号的波形分析外，还有光信号通道进行光信号的分析。因此，具有示波器的功能外，还具有信号的模板测试以及抖动测试等功能。

## 15、衰减测量

### 15、衰减测量

衰减是通信测量中一个重要的参数之一，在通信仪器的校准中，衰减的校准主要是校准衰减器的准确度。最常用的测量方法是功率比法，和替代法。功率比法是即利用各式小功率计或者网络分析仪，频谱分析仪和测量接收机测出衰减量改变前后指示的相对读数。