



广州中南民航空管技术装备工程有限公司

CIVIL AVIATION TRAFFIC CONTROL TECHNOLOGY EQUIPMENT ENGINEERING(GZ)CO.,LTD

频谱仪原理与使用介绍

主讲：李家杰

2008年4月

- 频谱测量的意义
- 频谱仪的工作原理
- 频谱仪各主要组件的功能
- 频谱仪的正确使用
- 频谱仪的各项参数设置介绍
- 频谱仪的校准
- 利用频谱仪进行测量的一些技巧

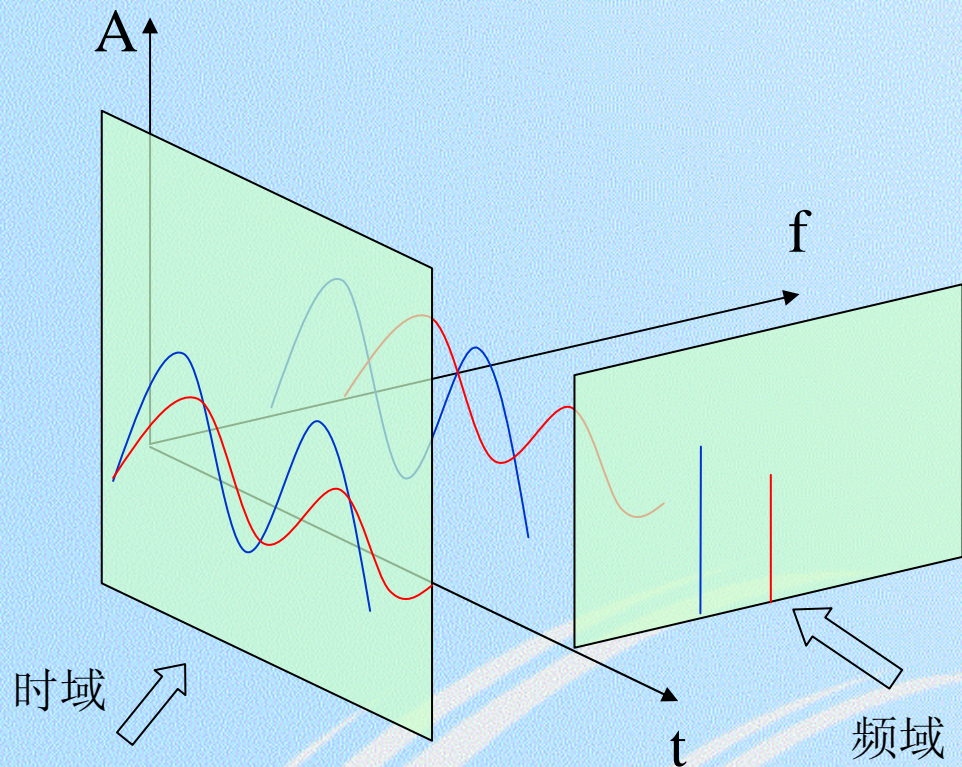
频谱测量的意义

- 频谱分析仪对于信号分析来说是不可少的。它是利用频率域对信号进行分析、研究，同时也应用于诸多领域，如通讯发射机以及干扰信号的测量，频谱的监测，器件的特性分析等等，各行各业、各个部门对频谱分析仪应用的侧重点也不尽相同。

频谱测量的意义

- 科学发展到今天，我们可以用许多方法测量一个信号，不管它是什么信号。通常所用的最基本的仪器是示波器---观察信号的波形、频率、幅度等，但信号的变化非常复杂，许多信息是用示波器检测不出来的，如果我们要恢复一个非正弦波信号 F ，从理论上来说，它是由频率 F_1 、电压 V_1 与频率为 F_2 、电压为 V_2 信号的矢量迭加。

频谱测量的意义



- 从分析手段来说，示波器横轴表示时间，纵轴为电压幅度，曲线是表示随时间变化的电压幅度，这是时域的测量方法。
- 如果要观察其频率的组成，要用频域法，其横坐标为频率，纵轴为功率幅度。这样，我们就可以看到在不同频率点上功率幅度的分布，就可以了解这两个（或是多个）信号的频谱分布。

频谱测量的意义

- 所以说有了这些单个信号的频谱，我们就把复杂信号再现、复制出来。这一点在我们要对复杂信号进行频率测量和分析时，是非常重要的，是时域分析所无法实现的。

频谱仪的工作原理

- 从技术实现来说，目前有两种方法对信号频率进行分析。
- 其一是对信号进行时域的采集，然后对其进行傅里叶变换，将其转换成频域信号。我们把这种方法叫作动态信号的分析方法。特点是比较快，有较高的采样速率，较高的分辨率。即使是两个信号间隔非常近，用傅立叶变换也可将它们分辨出来。

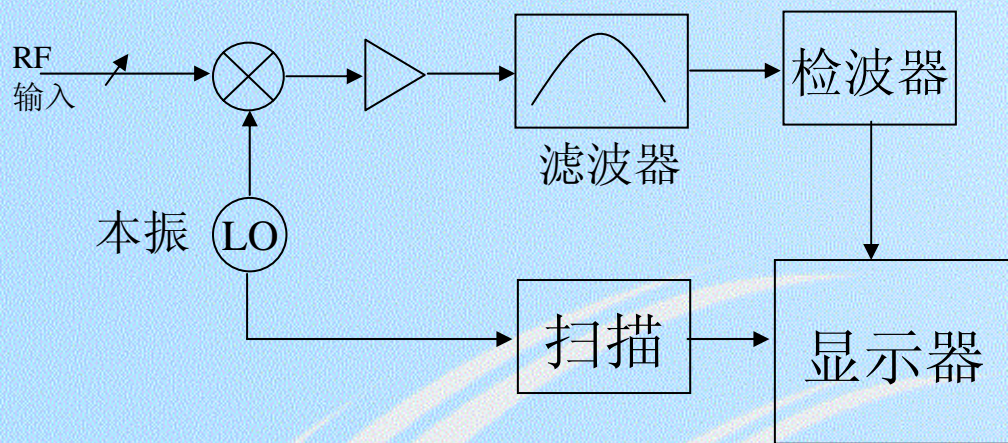
频谱仪的工作原理

- 但由于其分析是用数字采样，所能分析信号的最高频率受其采样速率的影响，限制了对高频的分析。目前来说，最高的分析频率只是在10MHz或是几十MHz，也就是说其测量范围是从直流到几十MHz。是矢量分析。
- 这种分析方法一般用于低频信号的分析，如声音，振动等。

频谱仪的工作原理

- 另一方法原理则不同。它是靠电路的硬件去实现的，而不是通过数学变换。它通过直接接收，称为超外差接收直接扫描调谐分析仪。我们叫它为扫描调谐分析仪。
- 在工作中通常所用的HP-859X系列频谱仪都是此类的分析仪。其特点是扫描调谐分析法受器件的影响，只要我们把器件频率做得很高，其分析能力就会很强。目前的工艺水平，器件可达到100GHz，最高甚至可做到325GHz。其频率范围要比前一种分析方法大很多。只是在达到较高分辨率时，其分析测量的时间会有所增加。

频谱仪的工作原理



- 下面我们着重介绍一下扫描调谐分析仪的基本原理
- 从图中，我们不难看出，它是用超外差接收机的方式来实现频谱分析的

频谱仪的工作原理

- 最基本的核心部分是它的混频器。基本功能是将被测信号下变至中频21.4MHz，然后在中频上进行处理，得到幅度。在下变频的过程中，是由本振来实现下变频的。本振信号是扫描的，本振扫描的范围覆盖了所要分析信号的频率范围。所以调谐是在本振中进行的。全部要分析的信号都下变频到中频进行分析并得到谱频。

频谱仪的工作原理

- 当然，频谱仪在输入信号时并没有直接将其接入混频器，而是首先接入一个衰减器。这不会影响最终的测量结果，完全是为了仪表内部的协调，如匹配、最佳工作点等等。它的衰减值是步进的，为0dB、5dB、10dB，最大为60dB。
- 还有的频谱仪是不能输入直流的，否则也会损坏器件。另外，还应注意不能有静电，因为静电的瞬时电压很高，容易把有源器件击穿。日常工作中把仪表接地就会有很好的效果，当然要有保护接地会更好。

频谱仪的工作原理

- 在中频，所有信号的功率幅度值与输入信号的功率是线性关系。输入信号功率增大，它也增大，反之相同。所以我们检测中频信号是可行的。另外，为了有效检测，要有一个内部中频信号放大。混频器本身有差落衰减，本频和射频混频之后它并不是只有一个单一中频出来，它的中频信号非常丰富，所有这些信号都会从混频器中输出。在众多的谐波分量中，只对一个中频感兴趣。也就是前面所说的21.4MHz。这是在仪器器件中做好的，用一个带通滤波器把中心频率设在21.4MHz，滤除其它信号，提取21.4MHz的中频信号。通过中频滤波器输出的信号，才是我们所要检测的信号。

频谱仪的工作原理

- 滤波器在工作中有几个因素：中心频率是21.4MHz，固定不变，其30dB带宽可以改变。比如对广播信号来说，其带宽一般是几十kHz，若信号带宽是25kHz，中频的带宽一定要大于25kHz。这样，才能使所有的信号全部进来。如果太宽，就会混入其它信号；如果太窄，信号才进来一部分，或是低频成份，或是高频成份。这样信号是解调不出来的。
- 中频带宽设置根据实际工作的需要来决定的。当然它会影响其它很多因素，如底噪声、信号解调的失真度等。
- 经过中频滤波器的中频信号功率就是反应了输入信号的功率。检测的方法就是用一个检波器，将它变为电压输出，体现在纵轴的幅度。当然还要经过D/A转换和一些数据处理，加一些修正和一些对数、线性变换。这足以给我们带来信号分析上的许多方便。

频谱仪的工作原理

- 频谱分析是要分析频域的。一个信号要分析两个参数，一是幅度，二是频率。幅度已经得出，而频率和幅度要对应起来，在某一频率是什么幅度。下面介绍一下频率是如何测量的，如何与幅度对应起来。
- 它是通过本振与扫描电压对应起来的。本振是一个压流振荡器。本振信号是个扫描信号。扫描控制是由扫描控制器来完成的。它同时控制显示器的横坐标。从左到右当扫描电压在0V时，在显示器上是0点，对本振信号来说是F1点，即起始频率点。当扫描电压到10V时，在显示器上是终止频率点，本振电压就是在终止频率点，中间是线性的。通过这样的方法，使得显示器坐标的每一点与本振F1、F2的每一点对应起来：射频信号是本振信号减去中频信号21.4MHz。当我们操作频谱仪进行分析时，实际是在改变本振信号的频率。

频谱仪各主要组件的功能

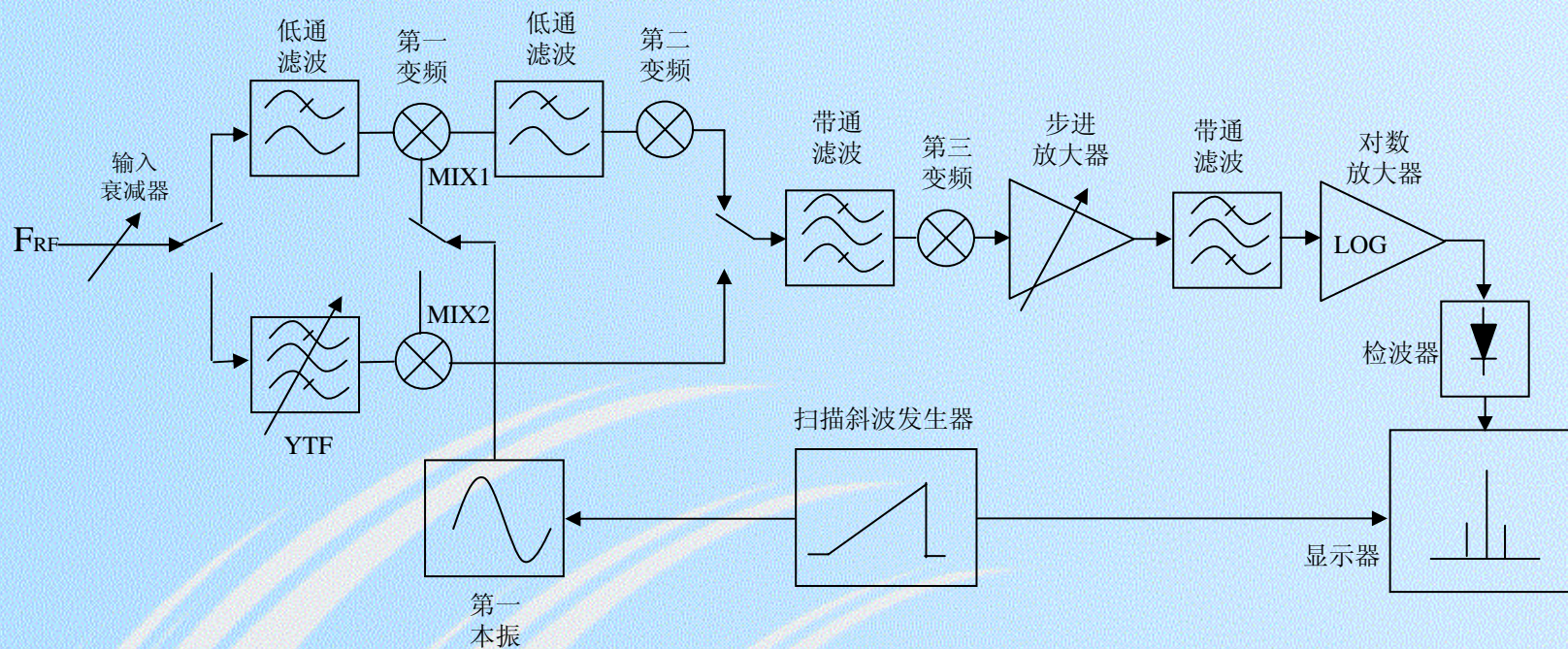
- 在了解了频谱仪的基本工作原理后，我们将更进一步深入了解频谱仪的结构及各主要组件的功能。
- 下面我们将以惠普公司生产的HP8596频谱仪来进行介绍与分析。



2008年4月

频谱仪各主要组件的功能

- HP8596系列频谱仪的简化原理框图



2008年4月

频谱仪各主要组件的功能

- 如图，微波信号经输入衰减器后被分成两路，分别输入到高、低两个波段。
- 在低波段，频率为9kHz~2.95GHz的信号被切换到第一**变频器**中的基波混频器部分（MXR1），得到第一中频F1IF（3.9214MHz），F1IF经过第二变频器得到第二中频F2IF（321.4MHz）。高波段，频率为2.75GHz~22GHz的信号被切换到预选器（YTF），预选后的信号输入到第一变频器中的谐波混频器部分（MXR2），得到第二中频F2IF。F2IF经第三变频器变换得到第三中频F3IF（21.4MHz）。

频谱仪各主要组件的功能

- 在该中频上，对信号进行处理，使信号经不同带宽滤波器的选择，再经过线性及对数放大、检波、数字量化和显示。调谐方程如下：
- 低波段： $F_{1LO}-F_{RF}=F_{1IF}$
 $F_{1IF}-F_{2LO}=F_{2IF}$
- 高波段： $N*F_{1LO}-F_{RF}=F_{2IF}$
- 式中： N 为谐波混频次数， F_{1LO} 为第一本振频率， F_{2LO} 为第二本振频率， F_{RF} 为输入信号频率。

频谱仪各主要组件的功能

- 输入衰减器是0~70dB；以10dB步进的程控衰减器，主要用途是扩大频谱仪的幅度测量范围，使幅度测量上限扩展到+30dBm。它不但用于保护第一变频器过载，并且用于优化混频器电平以实现最大的测量动态范围。该衰减器的默认状态设置是10dB，用于改善频谱仪和被测源之间的匹配。

频谱仪各主要组件的功能

- 第一本振采用YIG调谐振荡器（YTO），它具有主线圈和副线圈两个控制端口，改变流过线圈中的电流的大小就可以改变输出频率。
- 扫频是利用一个斜波信号加在YTO驱动电路上来实现的。它提供的频率范围为3~6.8GHz，用于驱动第一变频器。
- 扫描斜波发生器产生-10V~+10V的扫描电压，转换成斜波电流后，用于驱动YTO的扫频。
- 通常利用跟踪锁频技术或频率合成技术，将本振锁定在参考源上，以提高本振的调谐准确度和稳定度。

频谱仪各主要组件的功能

- 通常利用跟踪锁频技术或频率合成技术，将本振锁定在参考源上，以提高本振的调谐准确度和稳定度。
- 变频器的作用就是将微波信号变换成低频，对于频率范围为9kHz~22GHz的宽带频谱仪，它的第一变频器中包含有两个混频器，一个是用于低波段的基波混频器，另一个是用于高波段的谐波混频器。
- 变频器中还包括6dB衰减器、单刀双掷开关及匹配网络等。它们分别在石英和陶瓷衬底上，是采用微带技术与集总元件相结合来实现的。因此，第一变频器是宽带频谱仪中最关键的微波部件之一。

频谱仪各主要组件的功能

- 第二变频器主要完成第一中频到第二中频的变换。本振频率是3.6GHz，它由600MHz倍频获得。
- 第三变频器将第二中频变换到第三中频，其本振为300MHz。
- 步进增益放大器对第三中频信号进行放大，主要用于参考电平和衰减器变化时整机增益的调整。
- 带宽滤波器可以提供3MHz~30Hz以1、3、5为步进的多种不同的分辨率带宽。

频谱仪各主要组件的功能

- 调谐滤波器（YTF），用于预选信号，该器件是宽带微波器件，具有30kHz的滤波带宽，设计上总是被第一本振所调谐，并有一个固定的频差（ $F_2 - IF$ ）。
- 对数放大器是将信号作对数处理，扩大测量显示动态范围。交流信号由检波器转化为视频信号，再进行数字量化。经过各种运算得到的测量结果输出在显示器上。

频谱仪的正确使用

- 由于频谱仪是一种比较贵重的综合性仪器，一般每台价格都在二十万元以上，一旦损坏，相应的维修费用比较高，且维修周期比较长，因此使用时应格外小心。
- 首先，对于频谱仪来说电源是非常重要的，在给频谱仪加电之前，一定要确保电源接法正确，保证地线可靠接地。频谱仪配置的是三芯电源线，开机之前，必须将电源线插头插入标准的三相插座中，千万不要使用没有保护地的电源线，以防止可能造成的人身伤害。

频谱仪的正确使用

- 其次，在对信号进行精确测量前，开机后应预热三十分钟，当测试环境温度改变3—5度时，频谱仪应重新进行校准。
- 第三，任何频谱仪在输入端口都有一个允许输入的最大安全功率，称为最大输入电平
- 如频谱分析仪HP8596就要求连续波输入信号的最大功率不能超过+30dBmW(1W)，且不允许直流输入。若输入信号值超出了频谱仪所允许的最大输入电平值，则会造成仪器损坏；

频谱仪的正确使用

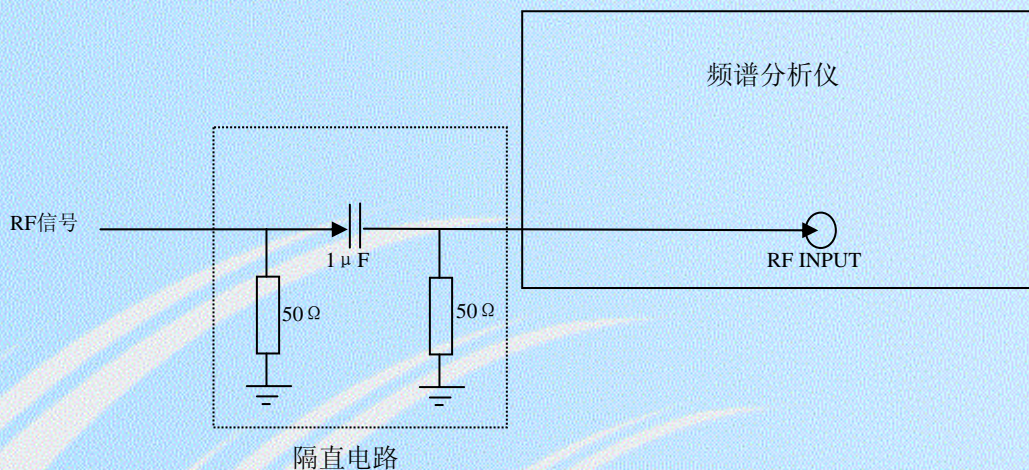
- 若输入信号值超出了频谱仪所允许的最大输入电平值，则会造成仪器损坏；
- 对于不允许直流输入的频谱仪，若输入信号中含有直流成份，则也会对频谱仪造成损伤。



记住这点非常重要，一般频谱仪的最大输入电平值通常在前面板靠近输入接口的地方标出

频谱仪的正确使用

- 如果频谱仪不允许信号中含有直流电压，当测量带有直流分量的信号时，应外接一个恰当数值的电容器用于隔直流。



频谱仪的正确使用

- 当对所测信号的性质不太了解时，我们可采用以下的办法来保证频谱仪的安全使用：
 1. 如果有RF功率计，可以用它来先测一下信号电平；
 2. 如果没有功率计，则在信号电缆与频谱仪的输入端之间应接上一个一定量值的外部衰减器，频谱仪应选择最大的射频衰减和可能的最大基准电平，并且使用最宽的频率扫宽(SPAN)，保证可能偏出屏幕的信号可以清晰看见；
 3. 我们也可以使用示波器、电压表等仪器来检查DC及AC信号电平。

频谱仪的各项参数设置介绍

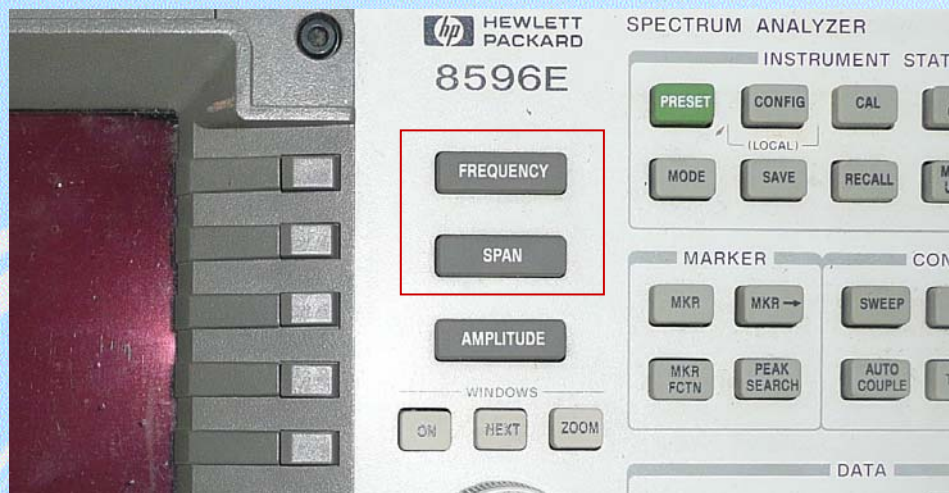
- 影响频谱分析仪幅度谱迹线显示的因素有频率（横轴）、幅度（纵轴）两方面。
 1. 频率：
 - a) 与频率显示有关的频谱仪指标：
 - 频率范围：频谱仪能够进行正常工作的最大频率区间。
 - 扫描宽度：表示频谱仪在一次测量（即一次频率扫描）过程中所显示的频率范围，可以小于或等于输入频率范围。通常根据测试需要自动调节，或手动设置。

频谱仪的各项参数设置介绍

- 频率分辨率：能够将最靠近的两个相邻频谱分量（两条相邻谱线）分辨出来的能力。频率分辨率主要由中频滤波器的带宽和选择性决定，但最小分辨率还受到本振频率稳定度的影响。
- 扫描时间：进行一次全频率范围的扫描、并完成测量所需的时间。通常希望扫描时间越短越好，但为了保证测量精度，扫描时间必须适当。与扫描时间相关的因素主要有扫描宽度、分辨率带宽、视频滤波。
- 相位噪声：反映了频率在极短期内的变化程度，表现为载波的边带。相噪由本振频率或相位不稳定引起，本振越稳定，相噪就越低；同时它还与分辨率带宽RBW有关，RBW缩小10倍，相噪电平值减小10dB。通过有效设置频谱仪，相噪可以达到最小，但无法消除。

频谱仪的各项参数设置介绍

- b) 与频率显示有关的频谱仪功能设置键：
- **Span**：设置当前测量的频率范围。
 - **中心频率**：设置当前测量的中心频率。
 - **RBW**：设置分辨率带宽。通常RBW的设置与Span联动。



2008年4月

频谱仪的各项参数设置介绍

2. 幅度

a) 与幅度显示有关的频谱仪指标

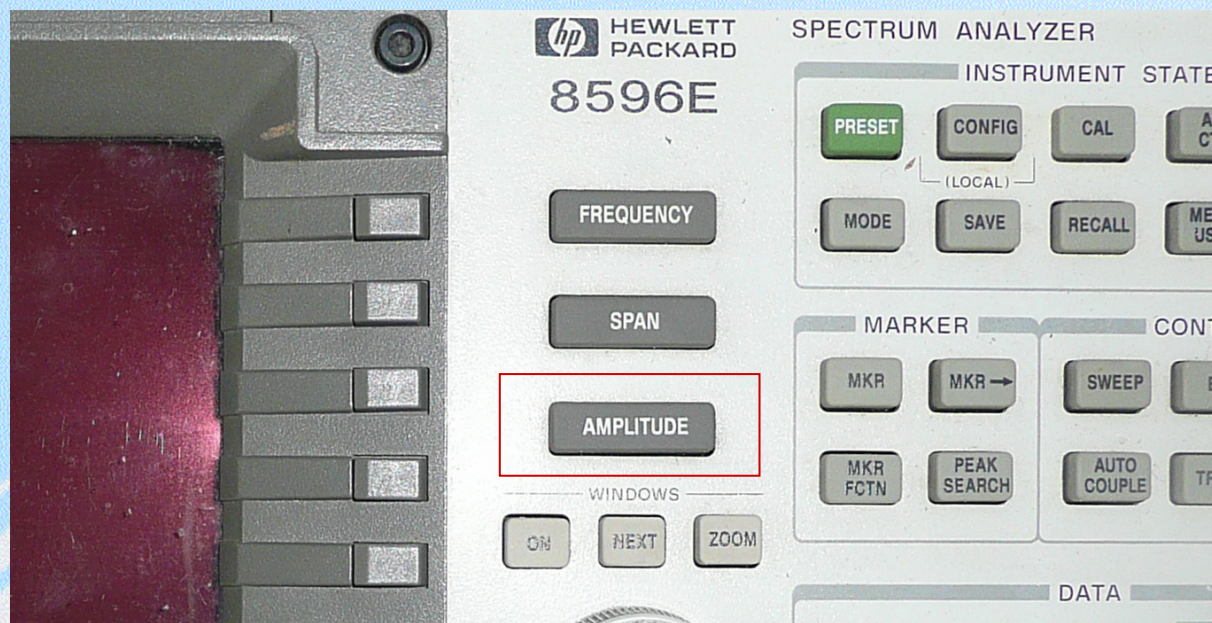
- 动态范围：同时可测的最大与最小信号的幅度之比。通常是指从不加衰减时的最佳输入信号电平起，一直到最小可用的信号电平为止的信号幅度变化范围
- 灵敏度：灵敏度规定了频谱仪在特定的分辨率带宽下、或归一化到1Hz带宽时的本底噪声，常以dBm为单位。灵敏度指标表达的是频谱仪在没有输入信号的情况下因噪声而产生的读数，只有高于该读数的输入信号才可能被检测出来。

频谱仪的各项参数设置介绍

- 参考电平：频谱仪当前可显示的最大幅度值，即屏幕上顶格横线所代表的幅度值。
- b) 与幅度显示有关的频谱仪功能设置键：
 - 纵坐标类型：选择纵坐标类型是线性（V、mV、 μ V等）还是对数（dB、dBc、dBm、dBV、dB μ v等）。
 - 刻度/div：选定坐标类型之后，选择每格所代表的刻度值。

频谱仪的各项参数设置介绍

- 参考电平：确定当前可显示的最大幅度值，该值的单位与已选择的坐标类型相同。



频谱仪的各项参数设置介绍

3. 其他功能键

- **Marker:** 开启Marker功能，可以对当前显示迹线所对应的测量值进行多种标识。常用功能如：寻找峰值，即把Marker指向迹线的幅度最大值处，并显示该最大幅度值以及最大幅值点的频率值；相对测量，使用2个Marker，测量它们各自所在位置的幅度、频率差，等等。

具体的操作功能将在下面使用说明书中加以介绍：

频谱仪的校准

- HP859X系列频谱仪最大的特点就是利用其强大的软件功能来弥补其硬件设计上的不足，不但减少了硬件设计，而且还减少了硬件的调试环节。
- 仪器内部计算机设有三个常用校准程序：
 - 频率校准
 - 幅度校准
 - 预选器（YTF）校准。

频谱仪的校准

- 频率校准：

当频谱仪经过振动、运输、长时间放置或大的环境温度变化时，频谱仪频率调谐会发生变化，带来频率测量误差，严重时会出现测量信号左右晃动的现象，通过频率校准可以排除该现象。校准的过程主要是以300MHz信号为参考信号，对频谱仪的扫描时间、中心频率、跨度（扫宽）、YIG主线圈延迟、副线圈灵敏度、扫频灵敏度进行误差校准，使频谱仪频率调谐范围正常。

频谱仪的校准

- 校准方法是：
用频率 / 幅度校准电缆，将校准信号（CAL OUTPUT）接入频谱仪的信号输入端。按【CAL】〔CALFREQ〕，频谱仪进入频率校准程序。校准结束后，屏幕上出现"CALDONE"信息，按〔CALSTORE〕键将校准数据存储在仪器的E2PROM中。

频谱仪的校准

- 幅度校准

与频率校准一样，当频谱仪测量幅度准确度发生变化时，通过幅度校准程序可以使仪器满足出厂指标，过程主要是以300MHz信号为参考信号，对频谱仪的整个通道幅度、分辨带宽滤波器、对数放大器、以及输入衰减器等幅度进行误差测量并校正。

频谱仪的校准

- 校准方法是：
用频率 / 幅度校准电缆，将校准信号（CAL OUTPUT）接入频谱仪的信号输入端。按【CAL】〔CALAMP〕，频谱仪进入幅度校准程序。校准结束后，屏幕上出现"CALDONE"信息，按〔CALSTORE〕键将校准数据存储在仪器的E2PROM中。

频谱仪的校准

- 预选器（YTF）校准

预选器的扫频和跟踪是频谱仪谐波波段的关键。该机设计上采用了和第一本振相互独立的驱动电路，对各波段分别校准和驱动。在频谱仪快扫、慢扫、跨波段扫时，对第一振荡器和预选器的磁滞、延迟进行补偿，大大地改善了YTF的跟踪特性。如果频谱仪在谐波波段上有5dB或更大的幅度误差，往往是仪器放置时间较长，环境温度变化较大所造成的。预选跟踪器不良会造成幅度测量误差，甚至测不到信号，此时应该进行YTF校准。

频谱仪的校准

- 校准方法是：
用YTF校准电缆，将100MHz梳状波（COMB）信号接到频谱仪的RF输入端。
按【CAL】〔CALYTF〕，频谱仪进入YTF校准程序。校准结束后，屏幕上出现"CALDONE"信息，按〔CALSTORE〕键将校准数据存储在仪器的E2PROM中。

频谱仪的校准

- 如果在校准期间退出或校准不能完成出现错误信号，按〔CALFETCH〕取回校准数据。这时仪器将需要重新调整和修理。
- HP859X系列频谱仪不仅能对仪器各种指标进行校准，而且还能将各种校准数据存贮在内存里，便于操作和维修员进行参考。只要进入维修菜单，就能将校准数据显示出来。具体步骤是：按下菜单〔CAL〕，（MORE），（MORE），（SERVICEDIAG），（DISPLAYCALDATA），这时频谱仪的幅度校准表将显示在屏幕上，如表1所示。它是HP8593E频谱仪出厂的典型幅度校准数据表。

频谱仪的校准

表 1 HP859X 系列 频谱仪幅度校准数据表

BANDWIDTH				AMPLITUDE				
6dB	BWAMP	LC	XTL	RFATN	SGAIN	LOG	LIN	NBW
200H	-0.02	0	134	0.23	0dB	-0.2		
9K	0.78	161	103	0	10dB	0	0.46	0
				0.02	20dB	0.38	0.44	0
				0.08	30dB	0.42	0.46	0
3dB	BWAMP	LC	XTL	-0.1	40dB	0.61	0.52	0
10H	1.52	128	128	-0.1	50dB	0.62		
30H	1.28	128	128	-0.1	60dB			

频谱仪的校准

- 表中所含参数有：
 - 输入衰减器（RFATN）衰减量为0~70dB以10dB为步进的各档幅度误差修正值，
 - 对数放大器（LOG）放大量为0~50dB以10dB为步进的各档幅度误差修正值，
 - 线性放大器（LIN）放大量为10~40dBm以10dB为步进的各档幅度误差修正值，
 - 分辨率带宽放大器（BWAMP）以1、3、10为带宽为步进的各档幅度误差修正值；
 - 频谱仪整个通道增益（GAIN）修正值，增益修正值是以DAC的形式来表示的，修正值最小为0，最大为255等。

2008年4月

频谱仪的校准

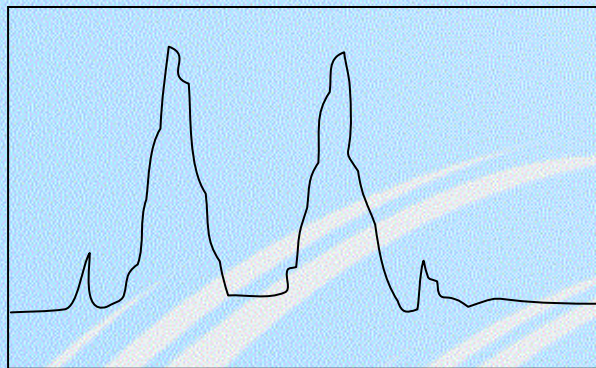
- 这张幅度校准表，我们不但能分析频谱仪中各硬件电路的性能指标，而且还能给维修仪器带来一定的方便。频谱仪内部计算机对幅度修正的能力最大为 $\pm 2.2\text{dBm}$ ，DAC的修正值最大为255，如果频谱仪在作幅度校准过程中，各类误差修正值超过 $\pm 2.2\text{dBm}$ ，DAC的修正值最大为255，则校准不能完成，频谱仪屏幕上将出现错误信息。

利用频谱仪进行测量的一些技巧

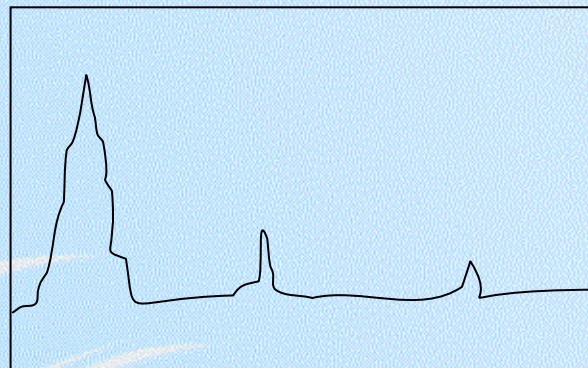
- 对于一种测量，可以使它成为可测，也可以使它成为不可测。这完全取决于频谱仪的设置。包括对衰减器、频率范围、分辨率带宽的设置。
- 频谱仪的设置主要有频率范围、分辨率和动态范围，而动态范围又会涉及到最大的输入功率即烧毁功率，增益压缩使小于1W的输入信号如果超过线性工作区也会有误差。还有灵敏度。要从以上几个主要方面来考虑频谱仪对输入的信号是否可测。

利用频谱仪进行测量的一些技巧

- 现在来看第一项参数频率范围。这个参数要从两个方面看，一是频率范围的设置是否足够的窄，具有足够的频率分辨能力，也就是窄的扫频宽度。二是频率范围是否有足够的宽度，是否可以测到二次、三次谐波。



窄频

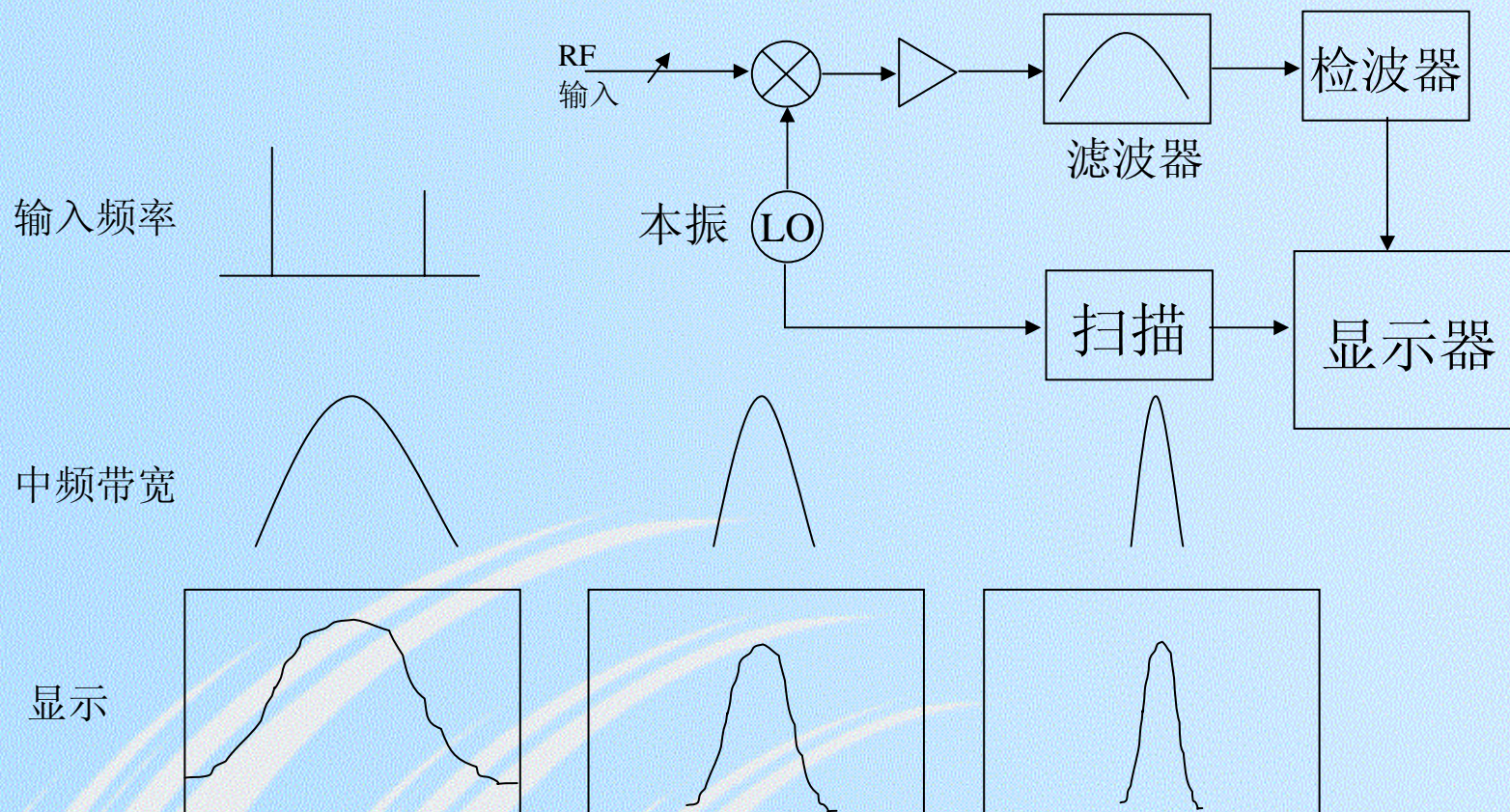


宽频

利用频谱仪进行测量的一些技巧

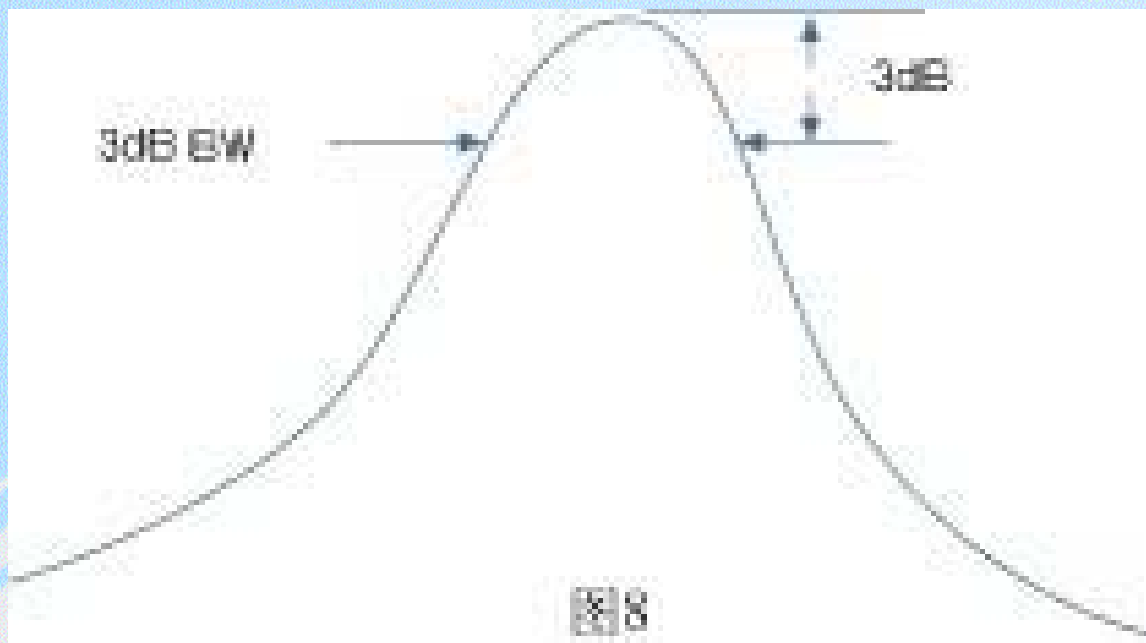
- 第二类指标是分辨率。这是频谱分析仪中非常重要的参数设置。分辨率表示当要测量的是F1、而在F1的附近有另一个F2。但它们的功率不一样，这时看能不能将它们区分开。将这个中频带宽设置成三种不同的宽度，下面所对应的就是在这一带宽设置时所看到的曲线（显示线）。很显然中频带宽越窄分辨率越高，中频带宽越宽分辨率越低。分辨率带宽直接影响到小信号的识别能力和测量的结果。

利用频谱仪进行测量的一些技巧



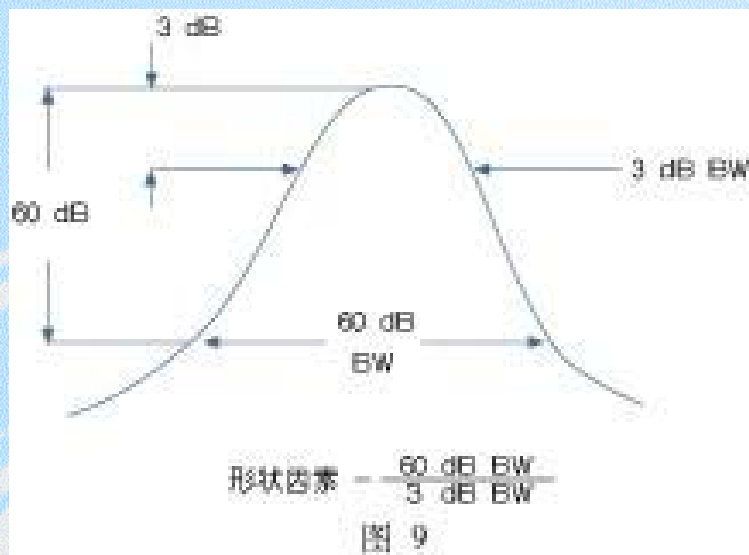
利用频谱仪进行测量的一些技巧

- 分辨率实际上就是分辨两个信号的能力，中频滤波器的3dB带宽就是分辨率带宽



利用频谱仪进行测量的一些技巧

- 对信号的分辨除了分辨率带宽会影响之外，还有一个参数，滤波器的形状因数，即滤波器60dB对3dB带宽之比值。形状因数越小越接近3dB带宽。越陡峭就越接近于矩形，这时分辨能力就越强。所以说形状因数越小，分辨能力越强。



利用频谱仪进行测量的一些技巧

- 对于HP-859X的频谱仪，当分辨率带宽变得很窄，在300Hz以下时，其滤波器就自动切换到数字滤波器上。对于859X的频谱仪其内部的滤波器全是模拟的，没有数字滤波器。数字滤波器的测量速度要高于模拟。
- 分辨率带宽降低能提高分辨率，但对测量来说分辨率降低会增加扫描时间。这时我们可以对扫描时间进行人为设置，加快其扫描速度，提高测量速度。但是，由于扫描时间的改变会造成测量上的误差，具体就是频率升高，而幅度降低。
- 所以作为一种快速测量而不要求太高测量精度时，可以采用这种方法，但若需要较高精度的测量，必须要使BW与测量时间置于自动联动，方可满足准确测量的要求。

利用频谱仪进行测量的一些技巧

- 频谱分析仪第三个重要指标-动态范围。动态范围表示当两个信号同时出现时，测量其幅度差的能力。影响它的因素有最大输入功率、非线性工作区域、1dB压缩点（有时为0.5dB）。
- 频谱仪内部的混频器有一定的线性工作区域，如果超过线性区域，输入功率的变化与输出功率的变化即呈非线性。输出功率的变化量比输入功率的变化量小，造成功率压缩。如果功率压缩存在，我们所测得的功率值就是不准确的。

利用频谱仪进行测量的一些技巧

- 那么我们如何判断是否存在压缩呢？
可以利用频谱仪内部的衰减器或外接衰减器来进行判断。将衰减器的衰减量设置在10dB时，测量混频器的输出功率。再将衰减器的衰减量增加10dB，再去测量混频器输出功率也应线性地减小10dB。若变化量不是10dB，只有7或8dB，说明混频器已工作在非线性区域，存在功率压缩区。

利用频谱仪进行测量的一些技巧

- 即使当频谱仪工作在线性区域的时候，混频器仍然产生内部失真，因为它是有源的非线性器件。在最差的情况下，内部失真完全可以覆盖被测件的失真产物或是外来的谐波失真。即使当内部失真低于要测信号的失真，也会引起测量误差
- 在测量时，频谱分析仪本身产生的二次谐波信号越高，它测量的范围越差。我们用输入信号 F_0 的功率值和产生信号谐波功率值之差来进一步定义动态范围。凡是被测信号落在这一范围之内，都可以测出。

利用频谱仪进行测量的一些技巧

- 对于小信号的测量还有一个影响因素是它的噪声底。一个被测信号在仪器本身的失真范围之内是不可测的，若隐含在仪器本身的噪声底之下也是无法检测的。那么噪声底由谁来决定？
- 噪声底的第一个因素是衰减量。当衰减器的衰减量为10dB时，我们可以看到这些噪声曲线，同时看到一个小信号。当衰减量变成20dB，噪声底会抬高10dB，小信号就会被覆盖在平均噪声功率之下，变成不可测量。所以衰减量会影响仪器的噪声底，并降低了信噪比。所以要用尽可能小的输入衰减以获得最好的信噪比。

利用频谱仪进行测量的一些技巧

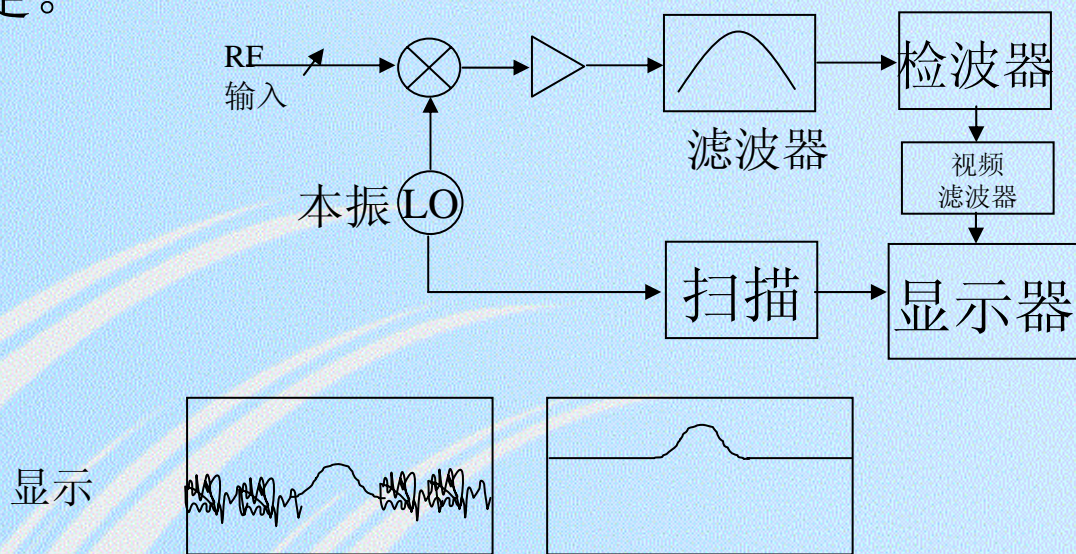
- 在实际的测量中，显示的信号电平不会随衰减的增加而下降。这是因为当衰减降低了加到检波器的信号电平时，中频放大器会增加10dB来补偿这个损失，这使荧光屏上的信号幅度保持不变。但噪声电平被放大、增加了10dB。
- 另一个因素是中频滤波器的带宽，带宽越宽，进来的噪声越多，功率当然也就越高。带宽降低10倍，噪声功率也会降低10倍；带宽降低100倍，噪声功率也会降低100倍。BW从100kHz变成10KHz，其噪声平均显示电平会降低10dB。

利用频谱仪进行测量的一些技巧

- 所以说频谱仪的噪声是在一定的分辨带宽下定义的。广义上说，频谱分析仪的最低噪声电平是在最小分辨率带宽下得到的。
- 当频谱仪设置的分辨带宽以及衰减量固定时，那么它的噪声底也就固定了。这时信号的检测能力也决定了。当小信号低于噪声底时就不可测量，高于噪声底就变得可测。这个测量范围就是被测信号与噪声底的比值。信号若比噪声底高10dB，可测范围就是10dB。这一信噪比我们置于纵坐标上，输入功率在横坐标上。（见图18）当噪声底固定的话，假设把BW设置在1kHz时，衰减量不变，那么它的噪声是不变的，这时设输入功率为-40dB，信噪比是75dB。当输入功率为-30dB时，信噪比为85dB。从此看出，信号的降低，信噪比是降低的。

利用频谱仪进行测量的一些技巧

- 在测量时为了使噪声曲线平滑，在检波之后，放置了一个低通滤波器，即视频滤波器。这就是BW键中VBW软键的设置。它的作用是将检测信号中的高频部分滤掉，使我们从显示屏上看到一个光滑的曲线。这对小信号的测量是非常有效的，它可使读数更为稳定。



利用频谱仪进行测量的一些技巧

- 最后谈一下灵敏度。简单地说，灵敏度就是最小可检测信号，定义为在一定分辨带宽下显示的平均噪声电平。“平均”就是足够窄的视频带宽VBW，去平均信号加噪声或噪声。若一信号的电平等于显示的平均电平，它将以近似3dB突起显示在平均噪声电平之上。这一信号被认为是最小的可测量信号电平。

利用频谱仪进行测量的一些技巧

- 如果要使频谱分析仪得到最好的灵敏度，有以下三个方法：
 - 最窄的分辨率带宽；
 - 最小的输入衰减；
 - 视频带宽VBW应是分辨率带宽的百分之一；
- 但是最好的灵敏度可能与其它测量设置有矛盾，如测量时间大增，0dB的衰减会增加输入的驻波比，降低测量精度。总之，频谱仪的最佳工作状态是由诸多因素、参数决定的，不能片面追求某一指标的完美，需统筹考虑，



广州中南民航空管技术装备工程有限公司

CIVIL AVIATION TRAFFIC CONTROL TECHNOLOGY EQUIPMENT ENGINEERING(GZ)CO.,LTD

谢谢!!!

2008年4月