

无线电信号带宽测量方法

国家无线电监测中心
国家无线电频谱管理中心

目 录

1 范围	3
2 规范性引用文件	3
3 术语和定义	3
3.1 占用带宽	3
3.2 “x-dB” 带宽	3
4 测试仪器及要求	4
4.1 测试仪器	4
4.2 测试仪器主要要求	4
5 基本测量方法	5
5.1 测量准备工作	5
5.2 测量方法选择	5
5.3 β % 占用带宽法测量信号带宽	5
5.4 “x-dB” 方法测量带宽的方法	7
6. 特殊情况下信号带宽测量	8
6.1 提高信噪比的方法	8
6.2 有干扰影响的测量	8
6.3 “6-dB” 带宽法测量	10
附录 A	11
附录 B	13
附录 C	14

国家无线电监测中心
国家无线电频谱管理中心

无线电信号带宽测量方法

1 范围

本规范规定了无线电信号带宽的测量方法，包括无线电信号带宽的定义、对测试设备的要求、基本的测量方法以及特殊情况下的测试方法等。

本规范适用于无线电信号带宽的测量，同时可为无线电发射设备的生产、使用单位以及有关无线电管理部门对无线电信号带宽测量提供技术依据。

2 规范性引用文件

GB/T 15541-1995 发射频率的测量方法

GB/T 13622-2012 无线电管理术语

3 术语和定义

3.1 占用带宽

在它的频率下限之下或频率上限之上所发射的平均功率各等于某一给定发射的总平均功率的规定百分数 $\beta/2$ ，频率上、下限的差值叫占用带宽。如图 1 所示。 $\beta/2$ 的值应取 0.5%。占用带宽的测量方法，即是本标准规范的无线电信号带宽的测量方法。

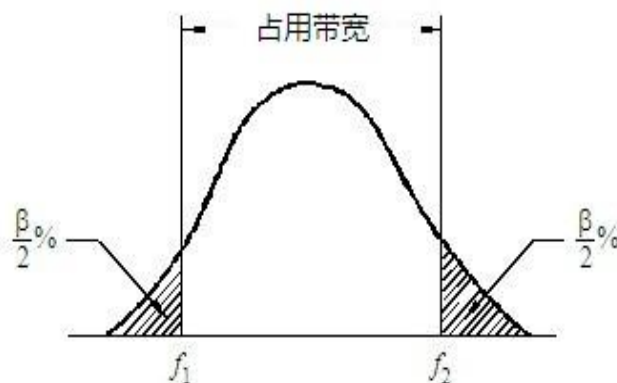


图 1 占用带宽的定义

3.2 “x-dB” 带宽

指频带的宽度使得在其上限和下限之外任何离散频谱分量或连续频谱功率密度至少比

预先设定的参考零电平低 x dB。如图 2。

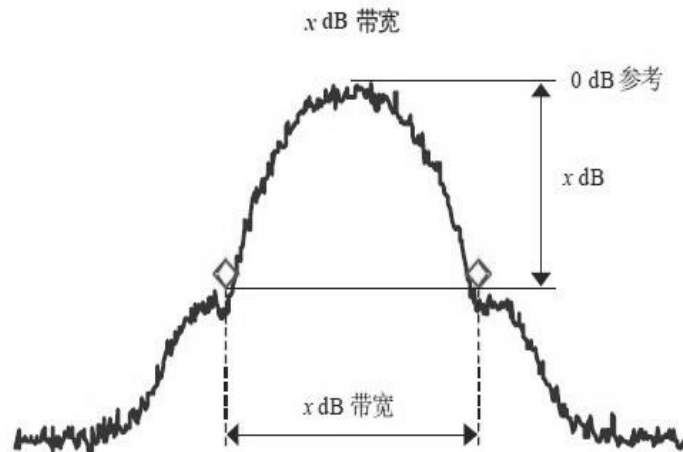


图 2 “ x -dB” 带宽的定义

4 测试仪器及要求

4.1 测试仪器

频谱分析仪或者监测接收机。在某些对带宽精度要求不高的情况下，可以使用带中频频谱显示功能的接收机。

4.2 测试仪器主要要求

a) 频率：

调谐分辨率： ≤ 1 Hz；

频率误差： $\leq \pm 0.5$ ppm (每年)；

b) 扫频宽度 (SPAN)：最大值应大于被测信号带宽的 2 倍；

c) 分辨率带宽 (RBW)：

RBW 设置分辨率： ≤ 10 Hz；

d) 频谱纯度：

显示平均噪声电平 DNAL (前置放大器开)： ≤ -150 dBm, 10 Hz RBW；

相噪 (整个工作频率范围)： ≤ -120 dBc/Hz @ 10 kHz 偏置；

e) 频谱显示幅度与精度：

频谱显示动态范围： ≥ 60 dB；

绝对功率误差： ≤ 2 dB；

f) 显示模式

正常 (Normal), 最大保持 (Max Hold), 清除 (Clear Write)

g) 天线输入阻抗

输入阻抗为50Ω标称值;

典型的电压驻波比(VSWR):100MHz以下(VSWR)小于3:1, 100MHz以上(VSWR)小于2.5:1;

5 基本测量方法

5.1 测量准备工作

a) 查看测量仪器说明书, 了解其性能指标, 明确仪器设备能测量信号的信号类型、频率范围等;

b) 检查测量仪器是否工作正常, 对需要校准的仪器进行校准: 有自动校准功能的仪器可以利用仪器自动校准; 没有自动校准功能的, 要手动校准;

c) 在对信号进行精确测量前, 开机后应预热 30 分钟;

d) 某些仪器需要设置需要测量的信号类型和信号标准, 测量前一般要添加并启用;

e) 在测量信号带宽的时候应采用高方向性和高前后比的定向天线, 以最大限度地降低多路径衰落效应的影响;

f) 对于配套天线可以转动的移动或便携式测量仪器, 在测量信号前要旋转天线, 确保天线对准接收信号电平最大时的方向; 在测量过程中要固定好天线。

5.2 测量方法选择

对于一般信号测量, 用β%占用带宽法测量信号带宽。在下列情况下, 不可以采用β%的方法直接测量占用带宽:

a) 带内干扰电平高于有用信号的电平;

b) 没有能够采用β%方法的合适设备。

在这种情况下, 可以采用“x-dB”方法来估算占用带宽。

如果出现冲击性干扰(例如, 点火源产生的干扰)、附近有干扰或者噪声影响的情况等, 请参考“6 特殊情况下信号带宽测量”。

5.3 β%占用带宽法测量信号带宽

由于信号本身的特性, 用仪器(频谱分析仪或者监测接收机)测量模拟信号和数字信号带宽的方法是不同的。

5.3.1 测量模拟信号带宽方法

- a) 估测信号的中心频率；将仪器调谐到待测量信号的中心频率；
- b) 调整好信号的动态显示范围；调整电平/衰减，使信噪比大于 26dB；
- c) 根据带宽估值设置仪器的相关参数：

- 1) SPAN 的设置：

SPAN 应设置为带宽估值的 1.5-2 倍。

- 2) 分辨率带宽的设置：

分辨率带宽设置要小于估算带宽的 10%。

- 3) 视频带宽设置：

视频带宽设置为分辨率带宽的 3 倍左右。

- 4) 检测器的设置：

峰值或采样值。

- 5) 扫描时间的设置：

扫描时间与分辨率带宽、视频带宽、SPAN 的设置相互关联，把扫描时间设为设备自动选择。

测量时扫频宽度内不能看到干扰信号。因为干扰信号可能被视为有用信号的一部分，从而导致较高的测量误差。测试过程中，扫频带宽内若出现大的瞬间干扰信号需要重新测量，否则得到的结果将不准确。

- d) 开启仪器的最大保持功能；

- e) 在“占用带宽”测量选项中选择仪器的 99%能量测量进行带宽测量。测量时间大约 5-6 分钟（或者测量次数选择 400 次左右），待数据值稳定后再读取数值；

- f) 读取并记录带宽值，见附录 A。

5.3.2 使用仪器测量数字信号带宽方法

- a) 估测信号的中心频率；将仪器调谐到待测量信号的中心频率；
- b) 调整好信号的动态显示范围；调整电平/衰减，使信噪比大于 26dB；
- c) 根据带宽估值设置仪器的相关参数：

- 1) SPAN 的设置：

SPAN 应设置为带宽估值的 1.5-2 倍。

- 2) 分辨率带宽的设置：

分辨率带宽设置要小于估算带宽的 10%。

- 3) 视频带宽设置：

视频带宽设置为分辨率带宽的 3 倍左右。

- 4) 检测器的设置：

峰值或采样值。

- 5) 扫描时间的设置：

扫描时间与分辨率带宽、视频带宽、SPAN 的设置相互关联，把扫描时间设为设备自动选择。

d) 按下仪器面板上的触发 (Trigger) 键，选择“连续测量 (Continuous)”；

e) 在“占用带宽”测量选项中选择仪器的 99% 能量测量进行带宽测量。测量时间大约 5~6 分钟（或者测量次数选择 400 次左右），待数据值稳定后再读取数值；

f) 读取并记录带宽值，见附录 A。

5.5.3 无上述参数设置的仪器

如果某些接收机没有或者部分没有上述参数设置和选项，并且自带 $\beta\%$ 法测量功能，能设置的参数按照 5.3.1 或 5.3.2 设置，不能设置的仪器参数可以设置成设备默认的，或者设备自动选择。

5.4 “x-dB” 方法测量带宽的方法

利用“x-dB”方法测量信号带宽分为利用仪器（频谱分析仪或监测接收器）自带测量功能测量和手动测量。在测量中要先估测信号中心频率和选取参考零电平。零电平的选取请参见附录 B，x-dB 的“x”值的选取请参考附录 C。

5.4.1 仪器自带测量功能的测量方法

a) 估测信号的中心频率，将仪器调谐到待测量信号的中心频率；

b) 调整好信号的动态显示范围；

c) 确定信号的零参考电平，按“峰值搜索 (Peak Search)”键，找到最大电平值 Marker 点（即零参考电平）；

d) 根据带宽估值设置仪器的相关参数：

1) SPAN 的设置：

SPAN 应设置为带宽估值的 1.5-2 倍。

2) 分辨率带宽的设置：

分辨率带宽设置要小于估算带宽的 10%。

3) 视频带宽设置：

视频带宽设置为分辨率带宽的 3 倍左右。

4) 扫描时间的设置：

把扫描时间设为设备自动选择。

5) 检测器的设置：

采用峰值检波器。

e) 开启设备的最大保持功能；

f) 在“发射带宽”测量选项中设置合适的“x-dB”值；

- g) 测量时间大约 5~6 分钟，等待信号的最大保持频谱图趋于稳定；
- h) 读取并记录带宽值，见附录 A。

5.4.2 手动测量的方法

- a) 估测信号的中心频率，将仪器调谐到待测量信号的中心频率；
- b) 调整好信号的动态显示范围；
- c) 根据带宽估值设置仪器的相关参数：

- 1) SPAN 的设置：

SPAN 应设置为带宽估值的 1.5-2 倍。

- 2) 分辨率带宽的设置：

分辨率带宽设置一般要小于估算带宽的 10%。

- 3) 视频带宽设置：

视频带宽一般设置为分辨率带宽的 3 倍左右。

- 4) 扫描时间的设置：

把扫描时间设为设备自动选择。

- 5) 检测器的设置：

采用峰值检波器。

- d) 开启设备的最大保持功能；
- e) 测量时间应 5~6 分钟，等待信号的最大保持频谱图趋于稳定；
- f) 确定信号的零参考电平；
- g) 再将 mark 相对零参考电平下调 x dB，找出边带两边下调 x dB 处的频率 f_1 、 f_2 ，信号的带宽值即为 f_1 与 f_2 之间的频率差值，结果记录见附录 A。

5.4.3 利用具有中频频谱显示功能的接收机测量信号带宽的方法

如果没有可以采用 β % 方法测量的设备，或者可以粗略估算信号带宽的情况下，可以采用具有中频频谱显示功能的接收机，通过“ x -dB”的方法进行测量，方法同 5.4.2。

6. 特殊情况下信号带宽测量

6.1 提高信噪比的方法

测量信号带宽一般默认开场情况下，发射和接收天线距离在可接受的范围内，此时信号的零参考电平和底噪之间的差值一般大于 26dB。如果差值小于 26dB 或者信噪比不高的情况下，必须改善接收信号质量，提高信噪比。

可以通过增加外置放大器或者尽可能靠近发射机的方式提高信噪比。

6.2 有干扰影响的测量

如果干扰信号与有用信号的带宽相比很窄，同时如果干扰频率不在“x-dB”的一点上，可以允许扫频宽度内的干扰信号，它不会对测量结果造成影响。

有些情况下，可以在出现干扰且其电平超过“x-dB”测量电平值时来估算“x-dB”带宽值。如图 3 所示，当所考虑的发射频谱每一边的“x-dB”带宽边界未被干扰（频谱 1 和 2）掩蔽，则测量该具体频谱的带宽，不考虑干扰频谱。如图 3 所示的情况下，“x-dB”带宽 B_{ox} 等于 B_m ，而非 B_{Σ} 。

即使如图 4 所示，一个“x-dB”带宽边界被干扰频谱掩蔽（频谱 3），且有用信号的频谱为对称频谱，依然可以按照频谱宽度的一半来估算带宽值，即 $B_{ox}=2B_k$ 。实际测量中 B_k 就是中心频点 f_0 和上（下）x-dB 边频点 f_1 (f_h) 的差的绝对值。

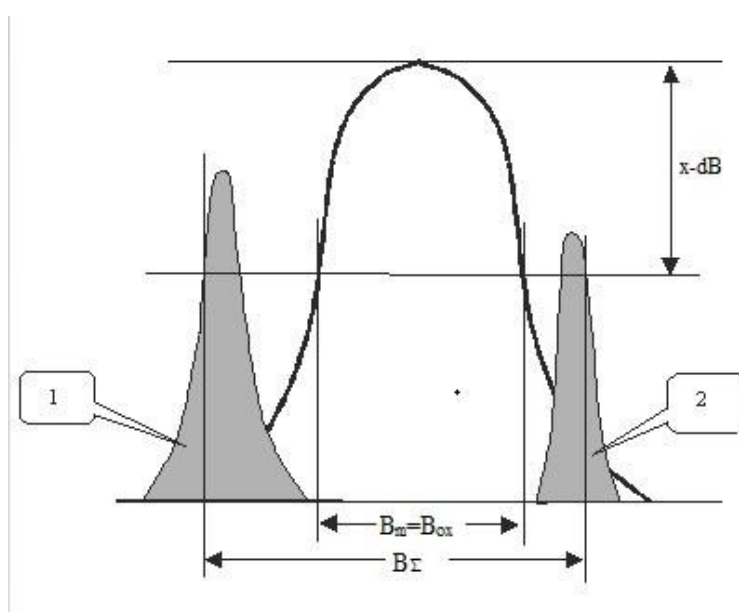


图 3 干扰情况下的带宽测量

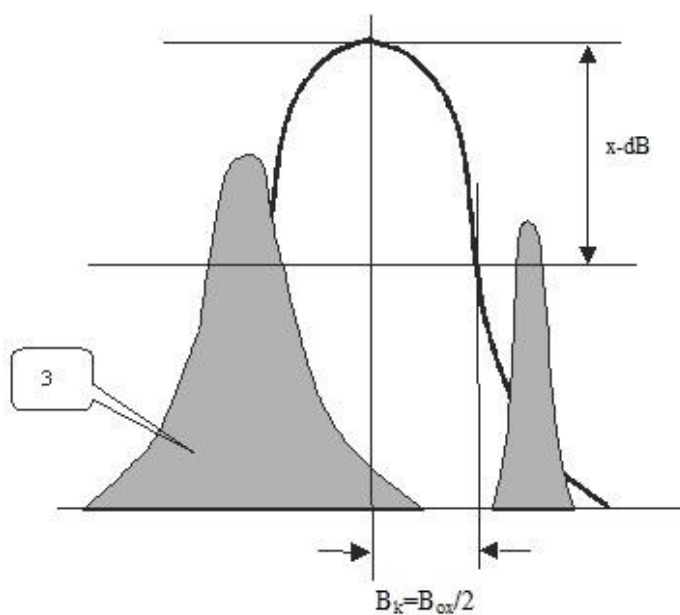


图 4 用半频谱测量带宽

6.3 “6-dB” 带宽法测量

经过 6.1 和 6.2 的方法，如果被测信号的信噪比值仍不满足附录 C 中 x 的取值要求，规定测量 6-dB 带宽（即 x 值取 6）。

被测信号信噪比小于 6dB，由于信号太弱，不对其带宽作测量。

附录 A

无线电信号带宽测试数据记录表

测试日期					测试时间					
测试地点										
温度(°C)					相对湿度(%RH)					
经度					纬度					
测量人员										
校对人员										
备注										
序号	中心 频率(MHz)	信号 类型	信噪比 (dB)	SPAN (kHz)	RBW (kHz)	VBW (kHz)	测试设备	设备型号	占用 带宽(kHz)	x-dB 带宽 (x=)

填表说明：SPAN、RBW 和 VBW 记录仪器设置的参数。如果是 β%法测量，占用带宽栏填写数值，x-dB 带宽栏填写“-”；如果“x-dB”法测量，占用带宽与 x-dB 带宽栏都要填写。测量结果单位为 kHz，小数点后保留 2 位数字。

每个信号测试结果以图片附件的形式保存一张读数时的频谱图。

国家无线电监测中心
国家无线电频谱管理中心

附录 B

参考零电平的选择

使用“x-dB”法时，参考零电平的选择方法：

a) 频率调制（广播）信号的参考零电平

参考电平（0dB）代表发射的峰值，因为载波幅度随调制信号而变化，进行带宽测量时需要的参考电平对于频率调制的发射有时难以确定。在有些无线电系统中，调制是连续的，很少允许发射机的全部功率回到载波频率，这样参考电平就可以建立了。然而，FM 调制的总发射功率是一个常数，因此参考零电平可以通过选择接收机带宽使其包含整个信号，同时测量接收机调谐到被测信号的中心频率进行测量。要注意选择接收带宽时不要包括邻近的发射。

对于下面的 b) 和 c) “x-dB” 点的测量，为了达到足够的分辨率，接收机带宽不得不减小，但它至少要达到最高调制频率。

b) 幅度调制信号的参考零电平

上述 a) 确定参考电平（0dB）的方法也可以用于幅度调制和脉冲调制信号的“x-dB”带宽的测量。

幅度调制信号（如广播发射）通常是以最高调制音频为带宽的。在这种情况下，当使用大的测量带宽时，由于分辨率减小，上述的对实际“x-dB”点的测量来说所需要的最小接收机带宽可能会不够准确。为了克服这一问题，AM 信号可以使用较小的分辨率带宽进行测量。然而，对于这种测量来说，频谱分析仪有必要按照下面所述的方法建立 0dB 参考电平：用所需要的窄的分辨率带宽，使用最大保持功能将频谱记录下来，将边带中频谱的最大值作为参考电平，不考虑在中心显示的单个峰值的载波电平。

c) 数字调制信号的参考零电平

数字调制信号的带宽通常高于获得适当分辨率的已记录频谱所需的测量带宽。然而，因为数字信号是类似噪声的，由窄的测量滤波器所造成的电平降低在整个发射频谱的频点上都相同。因此，将参考零电平设置为记录或扫描频谱时显示的最大电平，然后必须以相同的测量带宽进行“x-dB”点的测量。

如果测量的目标是证明它是否符合频谱模板的限制条件，在执行测量时必须使用分辨率带宽来定义频谱模板。然而如果这些频谱模板与整个发射功率有关，该电平首先应使用足够捕获整个信号的接收带宽进行测量。当减少带宽以记录频谱形状时，应考虑被测电平最大的下降情况。

附录 C

不同信号的“x-dB”参考值

发射等级 (见《无线电规则》附录1)	为估算占用带宽而测量“x-dB” 带宽时应使用的 “x-dB”值	说明
A1A	-35	$\alpha^{(1)} < 3\%$ (所有的脉冲形状)
A1B	-30	$\alpha^{(1)} \geq 3\%$ (所有的脉冲形状)
A2A A2B	-32	调制深度在80%到90%之间
A3E	-35	
B8E	-26	
F1B	-25	调制指数 $2 \leq m \leq 24$
F3C	-25	调制指数 $0.4 \leq m \leq 24$
F3E G3E	-26	
F7B	-28	
H2B	-26	
H3E	-26	
J2B	-26	
J3E	-26	
R3E	-26	
C7W (8-VSB)	-12 ⁽²⁾	平均超过300次扫描
G7W (T-DAB)	-8 ⁽²⁾⁽³⁾	平均超过100次扫描

(1) α 代表电报信号的相对建立时间。电报信号的建立时间指电报电流从稳定状态的十分之一达到十分之九（或相反）所经历的时间；对于非对称信号，信号在开始和结尾的建立时间是不同的。电报信号的相对建立时间指电报信号的建立时间与半幅度脉冲信号持续时间之比。

(2) 这些值规定的单位为dBsd，原因是在所需带宽内所选择的参考电平达到了功率频谱密度（psd）的最大值。

(3) 测量所得的最终值为占用带宽的估算值。

国家无线电监测中心
国家无线电频谱管理中心