

国 际 电 信 联 盟

ITU-R

国际电联无线电通信部门

ITU-R SM.443-4 建议书
(02/2007)

监测站的带宽测量

SM 系列
频谱管理



前言

无线电通信部门的职责是确保卫星业务等所有无线电通信业务合理、平等、有效、经济地使用无线电频谱，不受频率范围限制地开展研究并在此基础上通过建议书。

无线电通信部门的规则和政策职能由世界或区域无线电通信大会以及无线电通信全会在研究组的支持下履行。

知识产权政策 (IPR)

ITU-R的IPR政策述于ITU-R第1号决议的附件1中所参引的《ITU-T/ITU-R/ISO/IEC的通用专利政策》。专利持有人用于提交专利声明和许可声明的表格可从<http://www.itu.int/ITU-R/go/patents/en>获得，在此处也可获取《ITU-T/ITU-R/ISO/IEC的通用专利政策实施指南》和ITU-R专利信息数据库。

ITU-R 系列建议书

(也可在线查询 <http://www.itu.int/publ/R-REC/en>)

系列	标题
BO	卫星传送
BR	用于制作、存档和播出的录制；电视电影
BS	广播业务（声音）
BT	广播业务（电视）
F	固定业务
M	移动、无线电定位、业余和相关卫星业务
P	无线电波传播
RA	射电天文
RS	遥感系统
S	卫星固定业务
SA	空间应用和气象
SF	卫星固定业务和固定业务系统间的频率共用和协调
SM	频谱管理
SNG	卫星新闻采集
TF	时间信号和频率标准发射
V	词汇和相关问题

说明： 该ITU-R建议书的英文版本根据ITU-R第1号决议详述的程序予以批准。

电子出版
2011年，日内瓦

© ITU 2011

版权所有。未经国际电联书面许可，不得以任何手段复制本出版物的任何部分。

ITU-R SM.443-4建议书*

监测站的带宽测量

(1966年-1978年-1995年-2005年-2007年)

范围

本建议书为在监测站确定不同发射类别的占用带宽建议了方法。

关键词

带宽测量、 x dB方法、监测站

国际电联无线电通信全会，

考虑到

- a) 有必要在监测站测量发射带宽，以促进有效使用无线电频谱；
- b) 有必要在监测站采用统一、易于使用和可靠的带宽测量结果，以便于对不同监测站获得的结果进行比较；
- c) 《无线电规则》（RR）和ITU-R SM.328建议书对不同带宽进行了定义，特别是对占用带宽和“ x dB”带宽进行了定义；
- d) 可用于直接测量占用带宽的设备日益增多，包括使用数字信号处理和快速傅里叶变换（FFT）技术的设备；
- e) ITU-R《频谱监测手册》（2011年版）有关带宽测量的第4.5章，

建议

- 1 在监测站测量占用带宽时应采用附件1规定的直接“ $\beta\%$ 方法”；
- 2 在监测站测量“ x dB”带宽时应采用附件2规定的“ x dB”方法；及
- 3 在无法满足精确测量占用带宽的条件时，或在缺乏可进行 $\beta\%$ 测量设备的情况下，可采用附件3所述的程序由“ x dB”带宽估算占用带宽。

* 无线电通信第1研究组于2018和2019年根据ITU-R第1号决议对此建议书进行了编辑性修正。

附件1

占用带宽的测量方法（ $\beta\%$ 方法）

1 引言

《无线电规则》（RR）第1.153款及ITU-R SM.328建议书对占用带宽这一术语的定义如下：

“占用带宽：指这样一种带宽，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 $\beta/2$ 。”

除非无线电通信全会对相关发射等级另有规定，否则 $\beta/2$ 的值应取为0.5%”。

根据ITU-R SM.328建议书第2节关于发射机发射的规定，当占用带宽等于ITU-R SM.1138建议书规定的、由《无线电规则》引证归并的相关发射等级的必要带宽时，频谱效率最佳。

按照上述定义，可以采用数字扫频分析仪，或数字监测接收器来测量占用带宽。后者可以将已记录踪迹储存于内存中，以便今后进行图形处理。亦可采用使用FFT技术的分析仪进行上述测量工作。

2 带宽测量的一般条件

带宽测量的一般条件如下：

- 必须获得发射和接收天线之间带有菲涅耳曲线的视距（LoS），以确保高度鉴别发射源。
- 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。
- 可使用任何合适的频谱分析仪或数字监测接收器。
- 不应出现冲击性干扰（例如，点火源产生的干扰）。

3 测量程序

用下列设置调整频谱分析仪或数字监测接收器：

- 频率：发射的估算中心频率
- 跨距：发射估算带宽的1.5至2倍
- 分辨率BW（RBW）：低于跨度的3%
- 视频BW（VBW）：RBW的3倍或更高
- 电平/衰减：加以调整，使信噪比大于30 dB
- 检测器：峰值或样值
- 扫描时间或捕获时间：自动（脉冲发射的该时间应足够长，以便将屏幕上每一个像素的一个脉冲加以记录）
- 跟踪：MaxHold（模拟调制），ClearWrite（数字调制）。

在大多数数字系统中，占用带宽不随时间变化而变化，因为通常而言，一个数据流的发射带有一个恒定的符号率。在这种情况下，每一个已记录踪迹的计算带宽瞬时值相对恒定。为了使随后的不同测量具有平滑的结果，可以设定更长的扫描时间，这将更加便于识读结果。

在模拟系统中，特别是发射音频信号的模拟系统(F3E, A3E, J3E)，瞬时占用带宽随调制迅速变化。在这种情况下，监测站只有兴趣监测某一特定观测时间内（例如，一小时）的最大占用带宽。为获得这一结果，必须使用“MaxHold”功能。

记录踪迹之后，对显示频谱进行数学分析，以便按下列方法计算占用带宽：

在整个经调整的跨距中将储存踪迹每条频率线的频谱功率（或电平）相加，以得出100%的参考功率。在第二个计算中，从所记录的最低频率开始，将每一频率线的频谱功率相加，直到其和达到预先确定的总功率的0.5%为止。这时，一个标志已设定。之后，从所记录的最高频率开始（显示屏幕的右边缘）进行同一计算，直到达到总功率的0.5%，并设定第二个标志。占用带宽为两个标志之间的频率差。

4 测量条件和准确性

相对准确性取决于：

— 信号的频谱形状

当信号朝着使用信道边缘急剧上升和下降时，准确性较高。

— 解析带宽

较小的RBW可以导致更高的准确性，因为带宽计算以所显示踪迹的图像形状为基础，该图像形状总是被测量滤波器拓宽。

— 频率跨距

如果频率跨距太宽，计算过程中会包括越来越多的噪声，导致准确性下降。但是，跨距需要足够宽，以便至少包括一些低于0.5%（或-26 dB）点的频谱成分。

— 噪声和干扰电平

由于在计算过程中已包括了使用信道外的噪声和干扰，有用信号和干扰之间的较大差可以提高准确性。因此建议采用最小相邻信道功率比(ACPR)或峰值电平和最外频率电平之间的30 dB最小差，以确保测量误差低于10%（见图1和图2）。

— 测量试验

由非恒定调制信号导致的数字信号波动可能会使测量结果不够确定，因此，建议至少进行400次测量试验，以获得平均占用带宽。

应采取谨慎方法，使记录跨距内看不到干扰信号，因为这一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。

图 1
峰值电平和最外频率电平之间的差

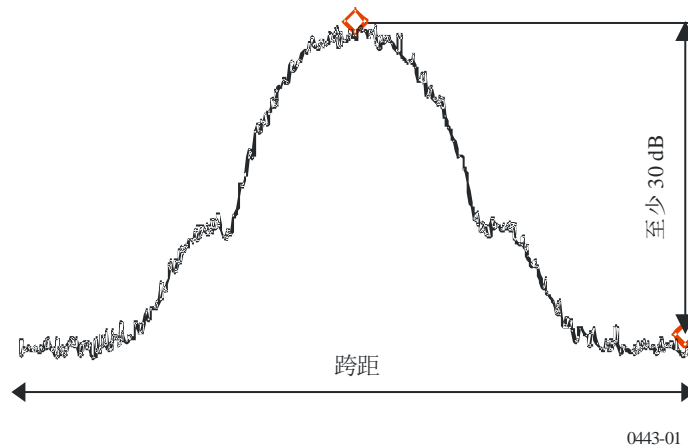
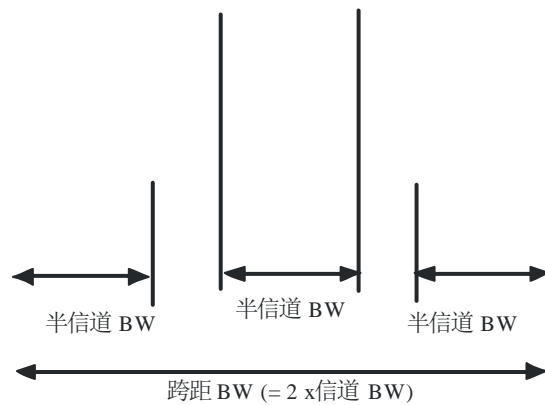


图 2
使用半信道带宽的 ACPR



附件2

“x dB”带宽的测量方法（x dB方法）

1 引言

“x dB”带宽（ITU-R SM.328建议书（第1.8节））被定义为这样一个频段宽度，即，超出其下限和上限的任何离散频谱成分或连续频谱功率密度至少比预先确定的0 dB参考电平低“x dB”。

在有具体需要的情况下，如，确定雷达发射带外域的边界，可以使用任何频谱分析仪或数字监测接收器来测量“x dB”带宽。

此外，根据ITU-R SM.328建议书有关发射机发射的第2项提出的要求，从最佳频谱效率的角度而言，“ x dB”带宽亦可与ITU-R SM.1138建议书给定的、由《无线电规则》引证归并的相关发射等级的必要带宽相关连。

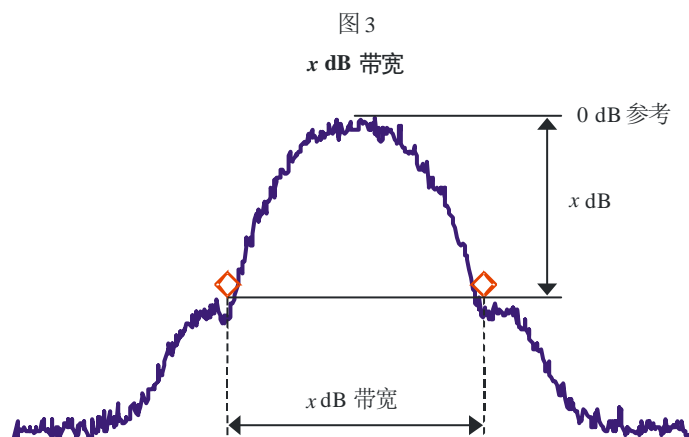
2 测量程序

首先需确定0 dB参考电平。通常而言，如果在分析仪上使用窄的RBW记录频谱，该电平为最高频谱线的电平。假设在记录时间内，发射功率至少返回到载频一次，该电平则等于总发射功率。但是，在数字调制信号中，不可以做这样的假设。尽管0 dB参考电平依然被设为最高频谱线的电平，但是该电平却不是总发射功率，由于这一原因，获得模拟和数字发射可比较结果的 x 值不同。

应对频谱分析仪 / 数字接收器作下列调整：

- 中心频率： f_0 （发射的载频或估算中心频率）
- 跨距：发射估算带宽的1.5倍
- RBW：低于跨距的3%
- 视频BW：RBW的3倍或更高
- 检测器：峰值
- 跟踪：MaxHold

建立踪迹之后，将搜寻峰值电平。在设备屏幕上，“ x dB”带宽值的读数为频段的这样一个宽度，即，超出其下限和上限的任何离散频谱成分至少比预先确定的0 dB参考电平低“ x dB”。如果两个以上频谱线具有这一电平，则采用最外频率。两个标志之间的频率差为“ x dB”带宽。



0443-03

3 测量条件和准确性

“ x dB”方法的准确性取决于：

- 信号的频谱形状
当信号朝着使用信道的边缘急剧上升和下降时，准确性较高。
- 解析带宽
较小的RBW准确性较高，因为所显示的信号形状总是被测量滤波器拓宽。
- 频率跨距
如果频率跨距太宽，可用的表示信号和设定标志的显示线减少。更低的分辨率会增加测量的不肯定性。
- 噪声和干扰电平
根据已分析的发射，必须有足够的信噪比。建议最少采用 $x + 5$ dB，以确保测量误差低于10%。当监测站信号的动态不足时，最佳方法之一是采用可以走近发射机的移动站进行测量。

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，可以容忍显示跨距内的干扰信号，它不会对相互的“ x dB”测量结果造成影响。

4 在有干扰影响的条件下测量“ x dB”带宽

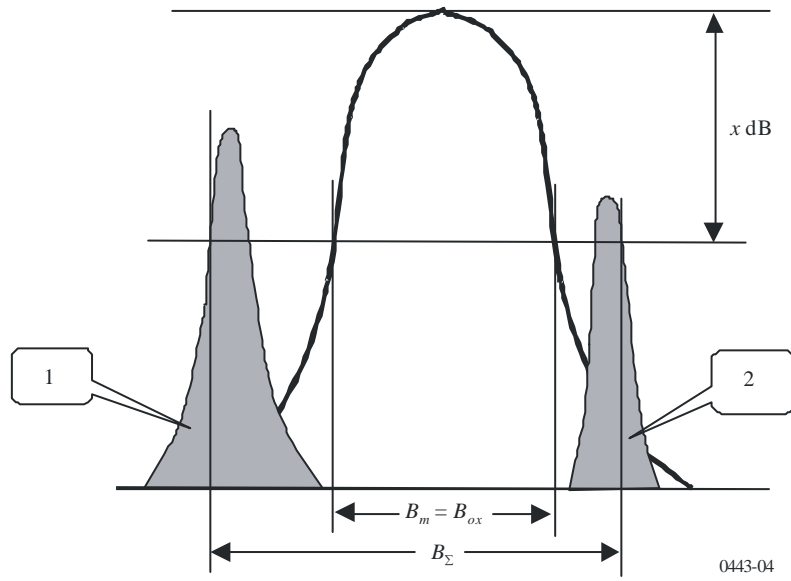
有些情况下，可以在出现干扰且其电平超过“ x dB”测量电平值时测量，或至少估算“ x dB”带宽值。如图4所示，当所考虑的发射频谱每一边的“ x dB”带宽边界未被干扰（频谱1和2）掩蔽，则测量该具体频谱的带宽，不考虑干扰频谱。换言之，在图4所示的情况下，“ x dB”带宽 B_{ox} 等于 B_m ，而非 B_{Σ} 。

如果怀疑频谱1和2是否属于干扰频谱，可以通过下列方法确定产生干扰的发射机：采用两信道相关计，通过与所考虑的发射频谱相对应的信号与潜在干扰信号之间的相互关连因数较小值加以确定（国际电联频谱监测手册第4.9.5.1节（2002年版））。

即使如图5所示，一个“ x dB”带宽边界被干扰频谱掩蔽（频谱3），且如多数情况一样，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， $B_{ox} = 2 B_k$ 。

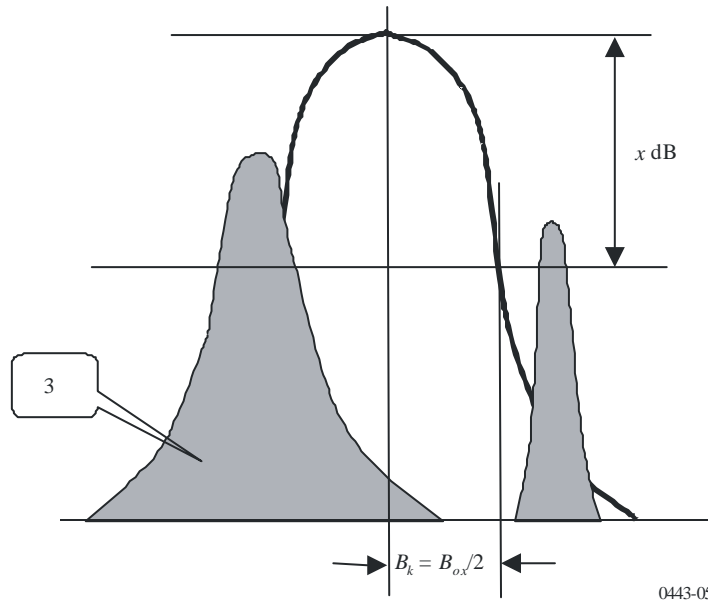
显然，在有干扰影响的条件下进行测量比没有干扰影响进行的测量误差更大。但是，在某些情况下获得的估算值非常适合于实际应用。

图4
在有干扰情况下的带宽测量



0443-04

图5
用半频谱测量带宽



0443-05

附件3

使用“x dB”方法估算占用带宽

1 引言

在下列情况下，不可以采用 $\beta\%$ 方法直接测量占用带宽：

- 带内干扰电平高于有用信号的电平；
- 没有能够采用 $\beta\%$ 方法的合适设备。

在这种情况下，可以使用附件2所述的“x dB”方法来估算占用带宽。

为了通过采用“x dB”方法获得占用带宽，必须适当选择0 dB参考电平和x的值。

通常而言，有两种不同方法可用于比较测得带宽与必要或占用带宽之间的情况：

- 总是测量-26 dB带宽并采用变换因数。
- 在每一发射等级不同的具体“x dB”数值上测量信号。

2 通过-26 dB带宽估算占用带宽

在这一方法中，总是按照附件2所述的程序在-26 dB点上测量带宽。应采用表1所示的26 dB带宽 B_{26} 和必要带宽 B_n 之间的变换因数估算占用或必要带宽。

表1

发射等级	B_{26} 和 B_n 之间的关系
A1A, A1B, A2A, A2B	$B_{26} = 0.9 B_n$
F1B	$B_{26} = B_n$
F3C	$B_{26} = B_n$
F7BDX	$B_{26} = 0.9 B_n$

3 通过“x dB”带宽测量估算占用带宽

该方法中，采用附件2所述的“x dB”方法测量带宽。

0 dB参考电平总是设为最终得到的曲线的峰值电平。应按照信号的调制从表2中提取用于x的值。

表 2

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 A1B	-30	
A2A A2B	-32	
A3E	-35	
B8E	-26	
F1B	-25	
F3C	-25	
F3E G3E	-26	
F7B	-28	
H2B	-26	
H3E	-26	
J2B	-26	
J3E	-26	
R3E	-26	
C7W (8-VSB)	-12 ⁽¹⁾	平均超过300次扫描
G7W (T-DAB)	-8 ⁽¹⁾⁽²⁾	平均超过100次扫描

(1) ITU-R SM.328建议书为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。

(2) 该值取自T-DMB进行的实验，实验中使用了ITU-R BT.2049报告中所述的T-DAB网络。

测量所得的最终值为占用带宽的估算值。