

国 际 电 信 联 盟

**ITU-R**

国际电联无线电通信部门

**ITU-R SM.1138-3 建议书**  
(10/2019)

**必要宽带的确定及其计算举例  
与相应的发射标志的举例**

**SM 系列**  
**频谱管理**



国际电信联盟

## 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电信业务合理、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
<b>BO</b>	卫星传送
<b>BR</b>	用于制作、存档和播出的录制；电视电影
<b>BS</b>	广播业务（声音）
<b>BT</b>	广播业务（电视）
<b>F</b>	固定业务
<b>M</b>	移动、无线电定位、业余和相关卫星业务
<b>P</b>	无线电波传播
<b>RA</b>	射电天文
<b>RS</b>	遥感系统
<b>S</b>	卫星固定业务
<b>SA</b>	空间应用和气象
<b>SF</b>	卫星固定业务和固定业务系统间的频率共用和协调
<b>SM</b>	<b>频谱管理</b>
<b>SNG</b>	卫星新闻采集
<b>TF</b>	时间信号和频率标准发射
<b>V</b>	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  
2019年，日内瓦

© 国际电联 2019

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.1138-3 建议书

## 必要带宽的确定及其计算举例与相应的发射标志的举例

(1995-2007-2008-2019年)

## 范围

此建议书确定了各类信号的振幅、频率和脉冲调制的必要发射带宽。同时也提供了发射的抽样计算和标志。

## 关键词

必要带宽、自动频谱管理系统、计算

国际电联无线电通信全会，

考虑到

- a) 频率指配需要确定发射的必要带宽；
- b) 必要带宽是所有自动频谱管理系统的关键数据元素，

建议

附件1中所列的公式应根据《无线电规则》（RR）的要求用于计算必要带宽。

## 附件1

## 必要带宽的确定及其计算举例与相应的发射标志的举例

- 1 在估算某个发射可能引起的干扰时，必要带宽不是惟一需要考虑的发射特性。
- 2 在制定该表时，采用了下列术语：
  - $B_n$ : 以赫兹表示的必要带宽
  - $B$ : 以波特表示的调制速率
  - $N$ : 在传真中，每秒钟传输的最大可能的黑加白像元数
  - $M$ : 以赫兹表示的最高调制频率
  - $C$ : 以赫兹表示的副载波频率

$D$ : 峰值频偏, 即瞬时频率的最高值与最低值差数的一半。以赫兹表示的瞬时频率等于以弧度表示的相位随时间的变化率除以  $2\pi$

$t$ : 以秒表示的脉冲半幅度点的持续时间

$t_r$ : 以秒表示的脉冲自10%幅度至90%幅度之间的上升时间

$K$ : 按照发射类别和可容许的信号失真度而变动的一个总值因数。对正交频分复用多载波信号,  $K$ 为ITU-R SM.328建议书公式(52)中确定的有效子载波的数目

$N_c$ : 多路复用无线电系统的基带信道数

$f_p$ : 连续导频副载波频率 (Hz) (用来检验频分复用系统性能连续信号)

$N_s$ : 两个子载波间的频率间隔 (kHz)。

发射说明	必要带宽		发射标志
	公式	抽样计算	
I. 无调制信号			
连续波发射	-	-	无
II. 调幅			
1. 含有量化或数字信息的信号			
连续波电报, 莫尔斯电码	$B_n = BK$ $K = 5$ 对于衰落电路 $K = 3$ 对于非衰落电路	每分钟25字 $B = 20, K = 5$ 带宽: 100 Hz	100HA1AAN
用开关键控、单音调制载波的电报, 莫尔斯电码	$B_n = BK + 2M$ $K = 5$ 对于衰落电路 $K = 3$ 对于非衰落电路	每分钟25字e $B = 20, M = 1\ 000, K = 5$ 带宽: 2 100 Hz = 2.1 kHz	2K10A2AAN
采用序列单频编码的选呼信号, 单边带全载波	$B_n = M$	最高编码频率: 2 110 Hz $M = 2\ 110$ 带宽: 2 110 Hz = 2.11 kHz	2K11H2BFN
采用移频调制副载波的直接打印电报, 能纠错, 单边带, 抑制载波 (单路)	$B_n = 2M + 2DK$ $M = \frac{B}{2}$	$B = 50$ $D = 35$ Hz (70 Hz 移频) $K = 1.2$ 带宽: 134 Hz	134HJ2BCN
电报, 话频多路, 纠错, 某些信道是时分复用, 单边带, 减幅载波	$B_n = \text{最高中心频率} + M + DK$ $M = \frac{B}{2}$	15 路; 最高中心频率为: 2 805 Hz $B = 100$ $D = 42.5$ Hz (85 Hz 移频) $K = 0.7$ 带宽: 2 885 Hz = 2.885 kHz	2K89R7BCW
2. 电话 (商用质量)			
电话, 双边带 (单路)	$B_n = 2M$	$M = 3\ 000$ 带宽: 6 000 Hz = 6 kHz	6K00A3EJN
电话, 单边带, 全载波 (单路)	$B_n = M$	$M = 3\ 000$ 带宽: 3 000 Hz = 3 kHz	3K00H3EJN
电话, 单边带, 抑制载波 (单路)	$B_n = M - \text{最低调制频率}$	$M = 3\ 000$ 最低调制频率 = 300 Hz 带宽: 2 700 Hz = 2.7 kHz	2K70J3EJN

发射说明	必要带宽		发射标志
	公式	抽样计算	
2. 电话（商用质量）（续）			
采用单独的调频信号控制解调后的语言信号电平的电话，单边带，减幅载波（压缩扩展式短波电话）（单路）	$B_n = M$	最高控制频率 = 2 990 Hz $M = 2\ 990$ 带宽：2 990 Hz = 2.99 kHz	2K99R3ELN
保密电话，单边带，抑制载波（2路或多路）	$B_n = N_c M$ - 最低话路的调制频率	$N_c = 2$ $M = 3\ 000$ 最低调制频率 = 250 Hz 带宽：5 750 Hz = 5.75 kHz	5K75J8EKF
电话，独立边带（2路或多路）	$B_n =$ 每个边带的 $M$ 值之和	2 路 $M = 3\ 000$ 带宽：6 000 Hz = 6 kHz	6K00B8EJN
3. 声音广播			
声音广播，双边带	$B_n = 2M$ 依据所要求的音质， $M$ 值可在 4 000 至 10 000 间变化	语言和音乐 $M = 4\ 000$ 带宽：8 000 Hz = 8 kHz	8K00A3EGN
声音广播，单边带，减幅载波（单路）	$B_n = M$ 依据所要求的音质， $M$ 值可在 4 000 至 10 000 间变化	语言和音乐 $M = 4\ 000$ 带宽：4 000 Hz = 4 kHz	4K00R3EGN
声音广播，单边带，抑制载波	$B_n = M$ - 最低调制频率	语言和音乐 $M = 4\ 500$ 最低调制频率 = 50 Hz 带宽：4 450 Hz = 4.45 kHz	4K45J3EGN
4. 电视			
电视，图像和伴音	参考 ITU-R 关于通用电视系统带宽的各文件	行数：625 标称视频带宽 = 5 MHz 相对于视频载波的伴音载波：5.5 MHz 总的图像带宽：6.25 MHz 包括保护频带在内的调频伴音带宽：750 kHz 射频信道带宽：7 MHz	6M25C3F -- 750KF3EGN
5. 传真			
采用减幅载波单边带发射的副载波调频的模拟传真，单色	$B_n = C + \frac{N}{2} + DK$ $K = 1.1$ (典型值)	$N = 1\ 100$ 对应于合作指数为 352 和圆筒转速为 60 转/分。合作指数等于滚筒的直径乘以单位长度的行数。 $C = 1\ 900$ $D = 400$ Hz 带宽：2 890 Hz = 2.89 kHz	2K89R3CMN
模拟传真：调制主载波的音频副载波调频，单边带，抑制载波	$B_n = 2M + 2DK$ $M = \frac{B}{2}$ $K = 1.1$ (典型值)	$N = 1\ 100$ $D = 400$ Hz 带宽：1 980 Hz = 1.98 kHz	1K98J3C --

发射说明	必要带宽		发射标志
	公式	抽样计算	
6. 混合发射			
双边带, 电视中继	$B_n = 2C + 2M + 2D$	视频限制在5 MHz, 音频为对6.5 MHz, 调频副载波, 副载波偏差= 50 kHz: $C = 6.5 \times 10^6$ $D = 50 \times 10^3$ Hz $M = 15\ 000$ 带宽: $13.13 \times 10^6$ Hz = 13.13 MHz	13M1A8W --
双边带无线电接力系统, 频分复用	$B_n = 2M$	10个话路占用1 kHz至164 kHz的基带; $M = 164\ 000$ 带宽: 328 000 Hz = 328 kHz	328KA8E --
携带音频的 VOR 双边带 发射 (VOR=VHF全向无线 电指向标)	$B_n = 2C_{max} + 2M + 2DK$ $K = 1$ (典型值)	对主载波进行调制的有: - 30 Hz副载波 - 9 960 Hz音产生的载波 - 一个话路 - 连续莫尔斯识别信号的1 020 Hz键控音 $C_{max} = 9\ 960$ $M = 30$ $D = 480$ Hz 带宽: 20 940 Hz = 20.94 kHz	20K9A9WWF
独立边带; 几路能纠错的 报路和几路保密话路在一 起; 频分复用	$B_n =$ 每个边带M值之和	通常, 混合系统是按照标准化通路方案 (例如, ITU-R F.348建议书) 工作的。 3个话路和15个报路需要带宽: 12 000 Hz = 12 kHz	12K0B9WWF
7. 标准频率和时间信号			
7.1 高频 (声音)			
声音通告, 双边带	$B_n = 2M$	语音 $M = 4\ 000$ 带宽: 8 000 Hz = 8 kHz	8K00A3XGN
7.2. 高频 (时间码)			
电报时间码	$B_n = BK + 2M$	$B = 1/s$ $M = 1$ $K = 5$ 带宽: 7 Hz	7H00A2XAN
7.3. 低频 (时间码)			
电报时间码	$B_n = BK + 2M$	$B = 1/s$ $M = 1$ $K = 3$ 带宽: 5 Hz	5H00A2XAN

发射说明	必要带宽		发射标志
	公式	抽样计算	
<b>III-A. 调频</b>			
1. 含有量化或数字信息的信号			
无纠错的电报（单路）	$B_n = 2M + 2DK$ $M = \frac{B}{2}$ $K = 1.2$ （典型值）	$B = 100$ $D = 85 \text{ Hz}$ （170 Hz 移频） 带宽：304 Hz	304HF1BBN
电报，窄带直接打印、能纠错（单路）	$B_n = 2M + 2DK$ $M = \frac{B}{2}$ $K = 1.2$ （典型值）	$B = 100$ $D = 85 \text{ Hz}$ （170 Hz 移频） 带宽：304 Hz	304HF1BCN
选呼信号	$B_n = 2M + 2DK$ $M = \frac{B}{2}$ $K = 1.2$ （典型值）	$B = 100$ $D = 85 \text{ Hz}$ （170 Hz 移频） 带宽：304 Hz	304HF1BCN
四频双工电报	$B_n = 2M + 2DK$ $B$ : 快速信道的调制率（Bd）。 如果频道同步于： $M = \frac{B}{2}$ （否则， $M = 2B$ ） $K = 1.1$ （典型值）	相邻频率间隔= 400 Hz 同步频道 $B = 100$ $M = 50$ $D = 600 \text{ Hz}$ 带宽：1 420 Hz = 1.42 kHz	1K42F7BDX
2. 电话（商用质量）			
商用电话	$B_n = 2M + 2DK$ $K = 1$ （典型值，但在某些情况下，可能需要较高的 $K$ 值）	用于商用电话的一般情况， $D = 5\,000 \text{ Hz}$ $M = 3\,000$ 带宽：16 000 Hz = 16 kHz	16K0F3EJN
3. 声音广播			
声音广播	$B_n = 2M + 2DK$ $K = 1$ （典型值）	单声 $D = 75\,000 \text{ Hz}$ $M = 15\,000$ 带宽：180 000 Hz = 180 kHz	180KF3EGN
4. 传真			
直接对载波调频的传真；黑白	$B_n = 2M + 2DK$ $M = \frac{N}{2}$ $K = 1.1$ （典型值）	$N = 1\,100 \text{ 像素/秒}$ $D = 400 \text{ Hz}$ 带宽：1 980 Hz = 1.98 kHz	1K98F1C --
模拟传真	$B_n = 2M + 2DK$ $M = \frac{N}{2}$ $K = 1.1$ （典型值）	$N = 1\,100 \text{ 像素/秒}$ $D = 400 \text{ Hz}$ 带宽：1 980 Hz = 1.98 kHz	1K98F3C --

发射说明	必要带宽		发射标志
	公式	抽样计算	
5.混合发射（见表III-B）			
无线电接力系统， 频分复用	$B_n = 2f_p + 2DK$ $K = 1$ (典型值)	60个话路占用60 kHz至300 kHz的基带； 每路均方根(rms)频偏：200 kHz 在331 kHz上的连续性导频使主载波产生100 kHz rms频偏。 $D = 200 \times 10^3 \times 3.76 \times 2.02$ $= 1.52 \times 10^6$ Hz $f_p = 0.331 \times 10^6$ Hz 带宽：3.702 $\times 10^6$ Hz $= 3.702$ MHz	3M70F8EJF
无线电接力系统， 频分复用	$B_n = 2M + 2DK$ $K = 1$ (典型值)	960个话路占用60 kHz至4 028 kHz的基带；每路rms频偏：200 kHz在4 715 kHz上的连续性导频使主载波产生140 kHz rms频偏。 $D = 200 \times 10^3 \times 3.76 \times 5.5$ $= 4.13 \times 10^6$ Hz $M = 4.028 \times 10^6$ $f_p = 4.715 \times 10^6$ $(2M + 2DK) > 2f_p$ 带宽：16.32 $\times 10^6$ Hz = 16.32 MHz	16M3F8EJF
无线电接力系统， 频分复用	$B_n = 2f_p$	600个话路占用60 kHz至2 540 kHz基带； 每路rms频偏：200 kHz在8 500 kHz上的连续性导频使主载波产生140 kHz rms频偏。 $D = 200 \times 10^3 \times 3.76 \times 4.36$ $= 3.28 \times 10^6$ Hz $M = 2.54 \times 10^6$ $K = 1$ $f_p = 8.5 \times 10^6$ $(2M + 2DK) < 2f_p$ 带宽：17 $\times 10^6$ Hz = 17 MHz	17M0F8EJF
带有辅助电话复用副载波的立体声广播	$B_n = 2M + 2DK$ $K = 1$ (典型值)	导频音系统； $M = 75\ 000$ $D = 75\ 000$ Hz 带宽：300 000 Hz = 300 kHz	300KF8EHF



III-B.调频频分复用 (FM/FDM) 的多路发射中,  
计算D值即峰值频偏时所用的倍增因数

对于FM/FDM系统, 其必要带宽为:

$$B_n = 2M + 2DK$$

在 $B_n$ 的计算公式中的 $D$ 值, 即峰值频偏, 等于每路rms频偏乘以下面所列的一个适当的“倍增因数”。

如果连续性导频 $f_p$ 高于最高调制频率 $M$ , 则通用公式变为:

$$B_n = 2f_p + 2DK$$

如果由导频产生的主载波的调制指数小于0.25, 且由导频产生的主载波的rms频偏小于或等于每路rms频偏值的70%, 则通用公式变为:

$$B_n = 2f_p \quad \text{或} \quad B_n = 2M + 2DK$$

选用二者之中较大的一个。

倍增因数 <sup>(1)</sup>	
电话通路数 $N_c$	(峰值因数) $\times$ antilog $\left[ \frac{\text{上述调制参考电平的dB值}}{20} \right]$
$3 < N_c < 12$	$4.47 \times$ antilog $\left[ \frac{\text{由主管部门批准, 由设备厂商或电台受权人指定的dB值}}{20} \right]$
$12 \leq N_c < 60$	$3.76 \times$ antilog $\left[ \frac{2.6 + 2 \log N_c}{20} \right]$
倍增因数 <sup>(2)</sup>	
电话通路数 $N_c$	(峰值因数) $\times$ antilog $\left[ \frac{\text{上述调制参考电平的dB值}}{20} \right]$
$60 \leq N_c < 240$	$3.76 \times$ antilog $\left[ \frac{-1 + 4 \log N_c}{20} \right]$
$N_c \geq 240$	$3.76 \times$ antilog $\left[ \frac{-15 + 10 \log N_c}{20} \right]$

<sup>(1)</sup> 在上表中, 在乘数3.76和4.47分别对应于11.5和13.0 dB的峰值因数。

<sup>(2)</sup> 上表中, 乘数3.76对应于11.5 dB的峰值因数。

发射说明	必要带宽		发射标志
	公式	抽样计算	
IV. 脉冲调制			
1. 雷达			
未调制脉冲发射	$B_n = \frac{2K}{t}$ <p><math>K</math>值取决于脉冲宽度与脉冲上升时间的比值。通常，它的值在1至10之间，在许多情况下不需超过6</p>	一次雷达 距离分辨率= 150 m $K = 1.5$ ( $t \approx t_r$ 的三角脉冲，只考虑从最强降至 27 dB 的分量) 因此： $t = \frac{2 \times (\text{距离分辨率})}{\text{光速}}$ $= \frac{2 \times 150}{3 \times 10^8}$ $= 1 \times 10^{-6} \text{ s}$ 带宽： $3 \times 10^6 \text{ Hz} = 3 \text{ MHz}$	3M00P0NAN
2. 混合发射			
无线电接力系统	$B_n = \frac{2K}{t}$ $K = 1.6$	由36个话路的基带进行脉位调制；脉冲为半幅宽度= 0.4 $\mu\text{s}$ 带宽： $8 \times 10^6 \text{ Hz} = 8 \text{ MHz}$ （带宽与话路数无关）	8M00M7EJT
3. 标准频率和时间信号			
3.1 高频（猝发音）			
用于信号测量(epoch measurement)的刻度	$B_n = 2/t_r$	$t_r = 1 \text{ ms}$ 带宽： 2 000 Hz = 2 kHz	2K00K2XAN
3.2 低频（时间码）			
用于信号测量的时间码前缘	$B_n = 2/t_r$	$t_r = 1 \text{ ms}$ 带宽 = 2 000 Hz = 2 kHz	2K00K2XAN
V. 杂项			
正交频分复用(OFDM)或编码OFDM(COFDM)	$B_n = N_s \cdot K$	使用了53个有效子载波两两间隔 312.5 kHz ( $K = 53, N_s = 312.5 \text{ kHz}$ )。数据子载波可为BPSK、QPSK、调制QAM $B_n = 312.5 \text{ kHz} \times 53 = 16.6 \text{ MHz}$	16M6W7D