

ITU-R SM.1138-2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。

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

1 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 2π
 - 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: 13.13×10^6 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	
III-A. 调频			
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。 $D = 200 \times 10^3 \times 3.76 \times 2.02$ $= 1.52 \times 10^6 \text{ Hz}$ $f_p = 0.331 \times 10^6 \text{ Hz}$ 带宽: $3.702 \times 10^6 \text{ Hz}$ $= 3.702 \text{ MHz}$	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。 $D = 200 \times 10^3 \times 3.76 \times 5.5$ $= 4.13 \times 10^6 \text{ Hz}$ $M = 4.028 \times 10^6$ $f_p = 4.715 \times 10^6$ $(2M + 2DK) > 2f_p$ 带宽: $16.32 \times 10^6 \text{ Hz} = 16.32 \text{ MHz}$	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。 $D = 200 \times 10^3 \times 3.76 \times 4.36$ $= 3.28 \times 10^6 \text{ Hz}$ $M = 2.54 \times 10^6$ $K = 1$ $f_p = 8.5 \times 10^6$ $(2M + 2DK) < 2f_p$ 带宽: $17 \times 10^6 \text{ Hz} = 17 \text{ MHz}$	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; $M = 75\ 000$ $D = 75\ 000 \text{ Hz}$ 带宽: $300\ 000 \text{ Hz} = 300 \text{ kHz}$	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 ⁽¹⁾	
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 $\left[\frac{\text{由主管部门批准, 由设备厂商或电台授权人指定的dB值}}{20} \right]$
$12 \leq N_c < 60$	$3.76 \times$ antilog $\left[\frac{2.6 + 2 \log N_c}{20} \right]$
倍增因数 ⁽²⁾	
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 $\left[\frac{-15 + 10 \log N_c}{20} \right]$

⁽¹⁾ 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。

⁽²⁾ 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>K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 $K = 1.5$ ($t \sim t_r$ 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 μs 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