

国 际 电 信 联 盟

ITU-R

国际电联无线电通信部门

ITU-R F.339-7 建议书
(02/2006)

**在完整系统中的带宽、信号
噪声比和衰落余量**

F 系列
固定业务



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 F.339-7建议书*

在完整系统中的带宽、信号噪声比和衰落余量

(1951-1953-1956-1963-1966-1970-1974-1978-1982-1986-2006年)

范围

为满足未来的要求，目前在用和正在开发的高频（HF）固定系统多种多样。因此，认为和使用一个“典型”系统代表通用模型的做法并不恰当。

本建议书说明了目前各种在用HF固定系统的几个示例，并描述了这些系统的关键系统参数（带宽、信噪比（SNR）和衰落余量）。系统参数应当用于HF固定系统的部署过程中。

国际电联无线电通信全会，

考虑到

- a) 希望能分类列出将来各项研究要处理的技术问题；
- b) 需要有考虑场强衰落和起伏的数值；
- c) 然而ITU-R P.313建议书的附件1中所包含的信息给出某些结果，根据这些结果可以导出有关衰落状态的暂定数据，

建议

- 1 应采用表1中给出的各项值作为有关发射类别所需的信噪比值；
- 2 附件1各表的衰落状态栏中所给各值，结合这些表的注释4所给出的强度起伏因数的估值，可用于估算各类和各级服务所需小时平均场强的月平均值；
- 3 下文的注释应视为本建议书的一部分。

注释 1 – 使用暂定值只能得到一个估计值，必须根据所要求的业务等级对不同长度的无线电电路调整这一估计值。

* 无线电通信第9研究组根据ITU-R 第44号决议在2000年对本建议作了编辑上的修订。

附件 1

表 1
所需的信噪比

发射类别	接收机检波前带宽 (Hz)	接收机检波后带宽 (Hz)	服务等级	音频信噪比 ⁽¹⁾ (dB)	RF 信号对噪声密度比 ⁽²⁾⁽³⁾ (dB)		
					稳定状态	衰落状态 ⁽⁵⁾	
						非分集	双分集
A1A 电报 8 波特	3 000	1 500	音响接收 ⁽⁶⁾	-4	31	38	
A1B 电报 50 波特, 电传打字机	250	250	商用级 ⁽⁷⁾	16	40		58
A1B 电报 120 波特, 波纹收报机	600	600		10	38		49
A2A 电报 8 波特	3 000	1 500	音响接收 ⁽⁶⁾⁽¹⁹⁾	-4	35	38	
A2B 电报 24 波特	3 000	1 500	商用级 ⁽⁷⁾⁽¹⁹⁾	11	50	56	
F1B 电报 50 波特, 电传打字机 2D=200 Hz-400Hz	1 500	100	$\left. \begin{array}{l} P_C = 0.01 \\ P_C = 0.001 \\ P_C = 0.0001 \end{array} \right\} (8)$		$\left. \begin{array}{l} 45 \\ 51 \\ 56 \end{array} \right\} (9)$	$\left. \begin{array}{l} 53 \\ 63 \\ 74 \end{array} \right\} (9)$	$\left. \begin{array}{l} 45 \\ 52 \\ 59 \end{array} \right\} (9)$
F1B 电报 100 波特, 电传打字机 2D=170 Hz, ARQ	300	300	(10)		43	52	
F7B 电报 200 波特, 电传打字机 2D=..., ARQ			(10)				
F1B 电报 MFSK 33 单音 ITA2 10 字符/秒	400	400	$\left. \begin{array}{l} P_C = 0.01 \\ P_C = 0.001 \\ P_C = 0.0001 \end{array} \right\} (8)$		$\left. \begin{array}{l} 23 \\ 24 \\ 26 \end{array} \right\}$	$\left. \begin{array}{l} 37 \\ 45 \\ 52 \end{array} \right\} (25)$	$\left. \begin{array}{l} 29 \\ 34 \\ 39 \end{array} \right\}$
F1B 电报 MFSK 12 单音 ITA5 10 字符/秒	300	300	$\left. \begin{array}{l} P_C = 0.01 \\ P_C = 0.001 \\ P_C = 0.0001 \end{array} \right\} (8)$		$\left. \begin{array}{l} 26 \\ 27 \\ 29 \end{array} \right\}$	$\left. \begin{array}{l} 42 \\ 49 \\ 56 \end{array} \right\} (25)$	$\left. \begin{array}{l} 32 \\ 36 \\ 42 \end{array} \right\}$
F1B 电报 MFSK 6 单音 ITA2 10 字符/秒	180	180	$\left. \begin{array}{l} P_C = 0.01 \\ P_C = 0.001 \\ P_C = 0.0001 \end{array} \right\} (8)$		$\left. \begin{array}{l} 25 \\ 26 \\ 28 \end{array} \right\}$	$\left. \begin{array}{l} 41 \\ 48 \\ 55 \end{array} \right\} (25)$	$\left. \begin{array}{l} 31 \\ 35 \\ 41 \end{array} \right\}$
F7B 电报							
R3C 相片传真 60rpm	3 000	3 000			50	59	
F3C 相片传真 60 rpm	1 100	3 000	勉强可供商用 ⁽²²⁾ 良好的商用 ⁽²²⁾	$\left. \begin{array}{l} 15 \\ 20 \end{array} \right\}$	$\left. \begin{array}{l} 50 \\ 55 \end{array} \right\}$	$\left. \begin{array}{l} 58 \\ 65 \end{array} \right\}$	
A3E 电话双边带	6 000	3 000	刚可使用 ⁽¹¹⁾ 勉强可供商用 ⁽¹²⁾ 良好的商用 ⁽¹³⁾	$\left. \begin{array}{l} 6 \\ 15 \\ 33 \end{array} \right\} (18)$	$\left. \begin{array}{l} 50 \\ 59 \\ 67(14) \end{array} \right\}$	$\left. \begin{array}{l} 51 \\ 64 \\ 75(14) \end{array} \right\} (20)$	$\left. \begin{array}{l} 48 \\ 60 \\ 70(14) \end{array} \right\} (15)$ $\left. \begin{array}{l} \\ \\ \end{array} \right\} (20)$
H3E 电话单边带全载波	3 000	3 000	刚可使用 ⁽¹¹⁾ 勉强可供商用 ⁽¹²⁾ 良好的商用 ⁽¹³⁾	$\left. \begin{array}{l} 6 \\ 15 \\ 33 \end{array} \right\} (18)$	$\left. \begin{array}{l} 53 \\ 62 \\ 70(14) \end{array} \right\} (23)$	$\left. \begin{array}{l} 54 \\ 67 \\ 78(14) \end{array} \right\} (20)$	$\left. \begin{array}{l} 51 \\ 63 \\ 73(14) \end{array} \right\} (15)$ $\left. \begin{array}{l} \\ \\ \end{array} \right\} (20)$
R3E 电话单边带减幅载波	3 000	3 000	刚可使用 ⁽¹¹⁾ 勉强可供商用 ⁽¹²⁾ 良好的商用 ⁽¹³⁾	$\left. \begin{array}{l} 6 \\ 15 \\ 33 \end{array} \right\} (18)$	$\left. \begin{array}{l} 48 \\ 57 \\ 65(14) \end{array} \right\} (24)$	$\left. \begin{array}{l} 49 \\ 62 \\ 73(14) \end{array} \right\} (20)$	$\left. \begin{array}{l} 46 \\ 58 \\ 68(14) \end{array} \right\} (15)$ $\left. \begin{array}{l} \\ \\ \end{array} \right\} (20)$
J3E 电话单边带抑制载波	3 000	3 000	刚可使用 ⁽¹¹⁾ 勉强可供商用 ⁽¹²⁾ 良好的商用 ⁽¹³⁾	$\left. \begin{array}{l} 6 \\ 15 \\ 33 \end{array} \right\} (18)$	$\left. \begin{array}{l} 47 \\ 56 \\ 64(14) \end{array} \right\}$	$\left. \begin{array}{l} 48 \\ 61 \\ 72(14) \end{array} \right\} (20)$	$\left. \begin{array}{l} 45 \\ 57 \\ 67(14) \end{array} \right\} (15)$ $\left. \begin{array}{l} \\ \\ \end{array} \right\} (20)$
B8E 电话独立边带 2 路	6 000	每路 3 000	刚可使用 ⁽¹¹⁾ 勉强可供商用 ⁽¹²⁾ 良好的商用 ⁽¹³⁾	$\left. \begin{array}{l} 6 \\ 15 \\ 33 \end{array} \right\} (18)$	$\left. \begin{array}{l} 49 \\ 58 \\ 66(14) \end{array} \right\}$	$\left. \begin{array}{l} 50 \\ 63 \\ 74(14) \end{array} \right\} (20)$	$\left. \begin{array}{l} 47 \\ 59 \\ 69(14) \end{array} \right\} (15)$ $\left. \begin{array}{l} \\ \\ \end{array} \right\} (20)$
B8E 电话独立边带 4 路	12 000	每路 3 000	刚可使用 ⁽¹¹⁾ 勉强可供商用 ⁽¹²⁾ 良好的商用 ⁽¹³⁾	$\left. \begin{array}{l} 6 \\ 15 \\ 33 \end{array} \right\} (18)$	$\left. \begin{array}{l} 50 \\ 59 \\ 67(14) \end{array} \right\}$	$\left. \begin{array}{l} 51 \\ 64 \\ 75(14) \end{array} \right\} (20)$	$\left. \begin{array}{l} 48 \\ 60 \\ 70(14) \end{array} \right\} (15)$ $\left. \begin{array}{l} \\ \\ \end{array} \right\} (20)$
J7B 多路 V.F.电路 16 路每路 75 波特	3 000	每路 110	$\left. \begin{array}{l} P_C = 0.01 \\ P_C = 0.001 \\ P_C = 0.0001 \end{array} \right\} (8)$		$\left. \begin{array}{l} 59 \\ 65 \\ 69 \end{array} \right\} (21)$	$\left. \begin{array}{l} 67 \\ 77 \\ 87 \end{array} \right\} (21)$	$\left. \begin{array}{l} 59 \\ 66 \\ 72 \end{array} \right\} (21)$

表 1 (完)

发射类别	接收机检波前带宽 (Hz)	接收机检波后带宽 (Hz)	服务等级	音频信噪比 ⁽¹⁾ (dB)	RF信号对噪声密度比 ⁽²⁾⁽³⁾ (dB)		
					稳定状态	衰落状态	
						(4) 非分集	(5) 双分集
J7B 多路 V.F.电报 15 路每路 100 波特 每个具有 ARQ	3 000	每路110	(10)				
R7B多路 V.F.电路减幅载波							
B7W复合系统 16路每路75波特 1个电话信道 ⁽¹⁶⁾	6 000	每个电报信道 110 电话信道3000	$P_C = 0.01$ $P_C = 0.001$ $P_C = 0.0001$	$\left. \begin{matrix} 60 \\ 66 \\ 70 \end{matrix} \right\} (17)$	$\left. \begin{matrix} 68 \\ 78 \\ 88 \end{matrix} \right\} (17)$	$\left. \begin{matrix} 60 \\ 67 \\ 73 \end{matrix} \right\} (17)$	(8)

- (1) 噪声带宽等于接收机检波后的带宽。对于一个独立边带电话，噪声带宽等于一个信道检波后的带宽。
- (2) 表1中该栏所列各数字，除了双边带A3E发射类别中各数字表示载波功率与1Hz带宽内平均噪声功率之比以外，均表示信号峰包功率与1Hz带宽内平均噪声功率之比。
- (3) 当使用常规终端时，应用本栏中所列的电话的射频信号对噪声密度比的数值。当使用链接压缩扩展器类型 (Lincompex) 的终端时，这些数值可以大大地减小（减小量尚未确定）（参见ITU-R F.1111建议书）。当考虑到压扩器的改善作用时，发现在一个3kHz音频频带内测得的7dB话音对噪声（均方根电压）比相当于系统输出端刚好勉强可供商用的质量。
- (4) 这些栏中的各值表示得到一个等效业务级所需的衰落信号功率的各平均值，而不包括强度起伏因数（每日起伏的容限）。一般来说，可以把一个11.5 dB的值作为强度起伏因数加到这些栏中的各值中，以得到总的所需信号对噪声密度比的暂定值，这些值可用作估算所需的小时平均场强的月平均值的指南。这个11.5dB的值按下述办法求得：
 在稳定的噪声背景下，信号的强度起伏因数为10 dB，估计在90%的日子里可起到保护作用。对90%的日子，大气噪声的强度起伏也取为10dB（见研究提纲1A/3）。假定在噪声强度和信号强度起伏之间没有相关性，则信号和噪声的合成强度起伏因数的良好估计值为

$$10 \log \left(\sqrt{10^2 + 10^2} \right) = 11.5 \text{ dB}$$

- (5) 周期衰落的射频信号对噪声密度比时，除根据瑞利分布的假设来计算保护率的高速自动电报业务之外，均采用接收到的衰落信号的对数正态幅度分布（中值电平与10%或90%的时间超过的电平之比采用7dB）。以下注（6）至注（25）涉及对快速或短周期衰落的保护
- (6) 90%时间的保护。
- (7) 对于A1B电报，50波特电传打字机：99.99%时间的保护。对于A2B电报，24波特：98%时间的保护。
- (8) 符号 P_C 表示字符差错概率。
- (9) 大气噪声 ($V_n=6$ dB) 是假设的。
- (10) 基于90%业务效率
- (11) 90%语句可懂度。
- (12) 当接入公众业务网时：基于80%的保护。
- (13) 当接入公众业务网时：基于90%的保护。
- (14) 假定由于使用降噪器有10 dB的改善。
- (15) 分集改善是基于大间距（几千米）分集。
- (16) 假定发射机由多路电报信号加载发射机的额定峰包功率的80%。
- (17) 所需信号对噪声密度比是基于电报信道的性能。
- (18) 对于电话，本栏中的各数字表示标准音量单位表（VU表）测得的音频信号与3 kHz带宽的均方根噪声之比。（假定相应的峰值信号功率，即发射机为100%的单音调制时的功率，要高6 dB）。
- (19) 假定和键控载波合并的总边带功率给出部分（两个单元）分集效果。90%的保护（8波特）容限为4 dB，而98%的保护（24波特）为6 dB。
- (20) 如果Lincompex（链接压缩扩展器）终端将把这些数字减少一个尚待确定的量，则可使用。
- (21) 信道数较少时，这些数字将有所不同。信道数和所需信噪比之间的关系尚待确定。
- (22) 按照ITU-T建议书T.22-“传真传输的标准化测试样张的使用”来判定质量。

表1注释(完):

(23) 对于H3E类发射, 相当于100%调制的边带信号和导频载波的电平相对于峰包功率(p.e.p.)各为-6 dB。接收采用SSB接收机。

(24) 对于RSE类发射, 施加一个相对于p.e.p.的-20 dB的导频载波电平, 而相当于100%调制的边带信号的电平比p.e.p.低1dB。

(25) 视衰落速率而定, 所示为典型值。

表 2

39单音四相差分移相键控(QDPSK) HF调制解调器所需的SNR(J2D类发射)
a)

SNR ⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾ (dB)	BER			
	数据率为2400 bit/s		数据率为1 200 bit/s	
	AWGN 信道	衰落状态	AWGN 信道	衰落状态
5		8.6×10^{-2}		6.4×10^{-2}
10		3.5×10^{-2}		4.4×10^{-3}
15		1.0×10^{-2}		3.4×10^{-4}
20		1.0×10^{-3}		9.0×10^{-6}
30		1.8×10^{-4}		2.7×10^{-6}

b)

SNR ⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾ (dB)	BER			
	数据率为300 bit/s		数据率为75 bit/s	
	AWGN 信道	衰落状态	AWGN 信道	衰落状态
0		1.8×10^{-2}		4.4×10^{-4}
2		6.4×10^{-3}		5.0×10^{-5}
4		1.0×10^{-3}		1.0×10^{-6}
6		5.0×10^{-5}		1.0×10^{-6}
8		1.5×10^{-6}		1.0×10^{-6}

(1) 数字表示载波功率和3kHz带宽内平均噪声功率之比。

(2) 两条同等的独立的平均功率瑞利衰落路径, 路径之间的时延一直是2ms, 衰落为1Hz。

(4) 这些栏中的各值表示得到一个等效业务级所需的衰落信号功率的各平均值, 而不包括强度起伏因数(每日起伏的容限)。一般来说, 可以把一个11.5 dB的值作为强度起伏因数加到这些栏中的各值中, 以得到总的所需信号对噪声密度比的暂定值, 这些值可用作估算所需的小时平均场强的月平均值的指南。这个11.5dB的值按下述办法求得:

在稳定的噪声背景下, 信号的强度起伏因数为10 dB, 估计在90%的日子里可起到保护作用。对90%的日子, 大气噪声的强度起伏也取为10dB。假定在噪声强度和信号强度起伏之间没有相关性, 则信号和噪声的合成强度起伏因数的良好估计值为

$$10 \log \left(\sqrt{10^2 + 10^2} \right) = 11.5 \text{ dB}$$

表3

所示的数据率和调制所需的SNR (J2D类发射)

a)

用户数据率 (bit/s)	调制	平均SNR ⁽¹⁾ (dB)			
		BER 1.0×10^{-4} ⁽²⁾		BER 1.0×10^{-5} ⁽²⁾	
		AWGN 信道	衰落状态 ^{(3), (4)}	AWGN 信道	衰落状态 ^{(3), (4)}
12 800	64-QAM	27	—	28	—
9 600	64-QAM	21	30	22	32
8 000	32-QAM	19	26	19	28
6 400	16-QAM	16	23	16	24
4 800	8-PSK	13	20	14	21
3 200	QPSK	9	14	9	15

b)

用户数据率 (bit/s)	调制	平均SNR ⁽¹⁾ (dB)			
		BER $<1.0 \times 10^{-2}$		BER $<1.0 \times 10^{-3}$	
		AWGN 信道	衰落状态 ^{(3), (4)}	AWGN 信道	衰落状态 ^{(3), (4)}
1 200	8-PSK	9		10	20
2 400	8-PSK	10	15	15	25
3 600	8-PSK	17	20	19	40

注释 1 – 本表下半部分中的系统实施方法在日期上比本表和表2上半部分中的系统提前。

(1) 数字表示载波功率和3kHz带宽内平均噪声功率之比。

(2) 72帧“甚长”交织器。

(3) 两条同等的独立的平均功率瑞利衰落路径，路径之间的时延一直是2ms，衰落为1Hz。

(4) 这些栏中的各值表示得到一个等效业务级所需的衰落信号功率的各平均值，而不包括强度起伏因数（每日起伏的容限）。一般来说，可以把一个11.5 dB的值作为强度起伏因数加到这些栏中的各值中，以得到总的所需信号对噪声密度比的暂定值，这些值可用作估算所需的小时平均场强的月平均值的指南。这个11.5dB的值按下述办法求得：

在稳定的噪声背景下，信号的强度起伏因数为10 dB，估计在90%的日子里可起到保护作用。对90%的日子，大气噪声的强度起伏也取为10dB。假定在噪声强度和信号强度起伏之间没有相关性，则信号和噪声的合成强度起伏因数的良好估计值为

$$10 \log \left(\sqrt{10^2 + 10^2} \right) = 11.5 \text{ dB}$$