

国 际 电 信 联 盟

ITU-R

国际电联无线电通信部门

ITU-R F.339-8 建议书
(02/2013)

**高频 (HF) 固定和陆地移动无线电
通信系统中的带宽、信号噪声比
和衰落容限**

**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
2014年，日内瓦

© 国际电联 2014

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.339-8 建议书

高频（HF）固定和陆地移动无线电通信系统
中的带宽、信号噪声比和衰落容限

（1951-1953-1956-1963-1966-1970-1974-1978-1982-1986-2006-2013年）

范围

本建议书说明了目前使用中的各种HF（3-30 MHz）固定和陆地移动业务系统的几个选择示例，并描述了这些系统的关键系统参数（带宽、信号对噪声密度比和衰落余量）。系统参数应当用于HF系统的部署过程中，并可用于共用研究。

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，
- d) 目前存在着很多种HF固定和陆地移动系统，它们或者正在运行中，或者正在开发过程中，以满足未来的要求。因此，不存在单一的、可作为通用模式的一种“典型”系统。

建议

- 1 应采用附件表1-4中给出的各项值作为有关发射类别所需的信号对噪声密度比（SNR）值；
- 2 附件1中表1的衰落状态栏中所给各值，结合表1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 – 使用建议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路调整这一估计值。

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)	平均射频 SNR ⁽²⁾⁽³⁾ (dB/Hz)		
					稳定状态	衰落状态 ⁽⁴⁾ ⁽⁵⁾	
						非分集	双分集
A1A电报8Bd	3 000	1 500	音响接收(6)	-4	31	38	
A1B电报50Bd, 电传打字机	250	250	商用级(7)	16	40		58
A1B电报120Bd, 波纹收报机	600	600		10	38		49
A2A电报8Bd	3 000	1 500	音响接收(6)(19)	-4	35	38	
A2B电报24Bd	3 000	1 500	商用级(7)(19)	11	50	56	
F1B电报50Bd, 电传打字机2D□200 Hz-400Hz	1 500	100	PC = 0.01 } PC = 0.001 } (8) PC = 0.0001 }		45 } 51 } (9) 56 }	53 } 63 } (9) 74 }	45 } 52 } (9) 59 }
F1B电报100Bd, 电传打字机2D□170 Hz, ARQ	300	300	(10)		43	52	
F7B电报200Bd,电传打字机2D□...,ARQ			(10)				
F1B电报 MFSK 33单音 ITA2 10字符/秒	400	400	PC = 0.01 } PC = 0.001 } (8) PC = 0.0001 }		23 24 26	37 } 45 } (25) 52 }	29 34 39
F1B电报 MFSK 12单音 ITA5 10字符/秒	300	300	PC = 0.01 } PC = 0.001 } (8) PC = 0.0001 }		26 27 29	42 } 49 } (25) 56 }	32 36 42
F1B电报 MFSK 6单音 ITA2 10字符/秒	180	180	PC = 0.01 } PC = 0.001 } (8) PC = 0.0001 }		25 26 28	41 } 48 } (25) 55 }	31 35 41
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)	15 20	50 55	58 65	
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)	6 } 15 } (18) 33 }	50 59 67(14)	51 } 64 } (20) 75(14) }	48 } 60 } (20) 70(14) }
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)	6 } 15 } (18) 33 }	53 } 62 } (23) 70(14) }	54 } 67 } (20) 78(14) }	51 } 63 } (20) 73(14) }
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)	6 } 15 } (18) 33 }	48 } 57 } (24) 65(14) }	49 } 62 } (20) 73(14) }	46 } 58 } (20) 68(14) }
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)	6 } 15 } (18) 33 }	47 56 64(14)	48 } 61 } (20) 72(14) }	45 } 57 } (20) 67(14) }
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)	6 } 15 } (18) 33 }	49 58 66(14)	50 } 63 } (20) 74(14) }	47 } 59 } (20) 69(14) }

表1 (续)

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)	平均射频SNR ⁽²⁾⁽³⁾ (dB/Hz)		
					稳定状态	衰落状态 ⁽⁴⁾ ⁽⁵⁾	
						非分集	双分集
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⁾	6 } 15 } (18) 33 }	50 59 67(14)	51 } 64 } (20) 75(14) }	48 } 60 } (15) 70(14) }
J7B 多路 V.F. 电报 16路每路75Bd	3 000	每路110	$P_C = 0.01$ } $P_C = 0.001$ } (8) $P_C = 0.0001$ }		59 } 65 } (21) 69 }	67 } 77 } (21) 87 }	59 } 66 } (21) 72 }
J7B 多路 V.F.电报 15路每路 100Bd 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75Bd 电话1路 ⁽¹⁶⁾	6 000	每路电报 110 每路电话 3 000	$P_C = 0.01$ } $P_C = 0.001$ } (8) $P_C = 0.0001$ }		60 } 66 } (17) 70 }	68 } 78 } (17) 88 }	60 } 67 } (17) 73 }

(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，50Bd电传打字机：99.99%时间的保护。对于A2B电报，24Bd：98%时间的保护。

(8) 符号PC表示字符差错概率。

(9) 大气噪声 ($V_d = 6 \text{ dB}$) 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。

对表1的注释（完）：

- (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（8Bd）容限为4 dB，而98%的保护（24Bd）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。
- (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调制解调器所需的平均SNR（J2D类发射）

a)

平均SNR (dB/Hz)	BER			
	数据率为2400 bit/s		数据率为1 200 bit/s	
	AWGN 信道 ^(d)	衰落状态 ^{(a)(b)(c)}	AWGN 信道 ^(d)	衰落状态 ^{(a)(b)(c)}
39		8.6×10^{-2}		6.4×10^{-2}
44		3.5×10^{-2}		4.4×10^{-3}
49		1.0×10^{-2}		3.4×10^{-4}
54		1.0×10^{-3}		9.0×10^{-6}
64		1.8×10^{-4}		2.7×10^{-6}

b)

SNR (dB)	BER			
	数据率为300 bit/s		数据率为75 bit/s	
	AWGN 信道 ^(d)	衰落状态 ^{(a)(b)(c)}	AWGN 信道 ^(d)	衰落状态 ^{(a)(b)(c)}
34		1.8×10^{-2}		4.4×10^{-4}
36		6.4×10^{-3}		5.0×10^{-5}
38		1.0×10^{-3}		1.0×10^{-6}
40		5.0×10^{-5}		1.0×10^{-6}
42		1.5×10^{-6}		1.0×10^{-6}

对表2的注释（完）：

- (a) 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。
- (b) 72帧“甚长”交织器。
- (c) 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RMS各平均值。
- (d) “AWGN”：带有加性高斯白噪声的非衰落信道。

表3

所示的数据率和调制所需的平均SNR（J2D类发射）

a)

用户数据率 (bit/s)	调制	平均SNR (dB/Hz)			
		BER 1.0×10^{-4}		BER 1.0×10^{-5}	
		AWGN 信道 ^(d)	衰落状态 ^{(a)(b)(c)}	AWGN 信道 ^(d)	衰落状态 ^{(a)(b)(c)}
12 800	64-QAM	61	—	62	—
9 600	64-QAM	55	64	56	66
8 000	32-QAM	53	60	53	62
6 400	16-QAM	50	57	50	58
4 800	8-PSK	47	54	48	55
3 200	QPSK	43	48	43	49

b)

用户数据率 (bit/s)	调制	平均SNR (dB/Hz)			
		BER $<1.0 \times 10^{-2}$		BER $<1.0 \times 10^{-3}$	
		AWGN 信道 ^(d)	衰落状态 ^{(a)(b)(c)}	AWGN 信道 ^(d)	衰落状态 ^{(a)(b)(c)}
1 200	8-PSK	43		44	54
2 400	8-PSK	44	49	49	59
3 600	8-PSK	51	54	53	74

- (a) 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。
- (b) 72帧“甚长”交织器。
- (c) 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RMS值。
- (d) “AWGN”：带有加性高斯白噪声的非衰落信道。

表4a

可扩展的数字调制系统在3至24 kHz带宽范围内的
数据率和调制（J2D类发射）

波形编号	调制	数据率(bit/s)							
		3 (kHz)	6 (kHz)	9 (kHz)	12 (kHz)	15 (kHz)	18 (kHz)	21 (kHz)	24 (kHz)
0	Walsh	75	150	300	300	300	600	300	600
1	BPSK	150	300	600	600	600	1 200	600	1 200
2	BPSK	300	600	1 200	1 200	1 200	2 400	1 200	2 400
3	BPSK	600	1 200	2 400	2 400	2 400	4 800	2 400	4 800
4	BPSK	1 200	2 400	–	4 800	4 800	–	4 800	9 600
5	BPSK	1 600	3 200	4 800	6 400	8 000	9 600	9 600	12 800
6	QPSK	3 200	6 400	9 600	12 800	16 000	19 200	19 200	25 600
7	8-PSK	4 800	9 600	14 400	19 200	24 000	28 800	28 800	38 400
8	16-QAM	6 400	12 800	19 200	25 600	32 000	38 400	38 400	51 200
9	32-QAM	8 000	16 000	24 000	32 000	40 000	48 000	48 000	64 000
10	64-QAM	9 600	19 200	28 800	38 400	48 000	57 600	57 600	76 800
11	64-QAM	12 000	24 000	36 000	48 000	57 600	72 000	76 800	96 000
12	256-QAM	16 000	32 000	48 000	64 000	76 800	90 000	115 200	120 000
13	QPSK	2 400							

表4b

在 $BER \leq 1.0 \times 10^{-5(e)}$ 条件下可扩展的数字调制系统
在3至24 kHz带宽范围内所需的SNRs (dB/Hz)

带宽	3 (kHz) ^(a)		6 (kHz) ^(a)		9 (kHz) ^(a)		12 (kHz) ^(a)	
	AWGN 信道 (b)	衰落信道 (c) (d)	AWGN 信道 (b)	衰落信道 (c) (d)	AWGN 信道 (b)	衰落信道 (c) (d)	AWGN 信道 (b)	衰落信道 (c) (d)
0	29	34	32	37	34	40	35	40
1	32	38	35	41	37	43	38	44
2	35	40	38	43	40	45	41	46
3	38	42	41	45	44	48	44	48
4	40	45	43	48	–	–	46	51
5	41	46	44	49	46	51	47	52
6	44	49	47	52	49	54	50	55
7	48	54	51	57	53	59	54	60
8	51	58	54	61	56	63	57	64
9	54	62	57	65	59	67	60	68
10	56	66	59	69	61	71	62	72
11	59	–	62	–	64	–	65	–
12	65	–	68	–	70	–	71	–
13	41	46	–	–	–	–	–	–

表4b (完)

带宽	15 (kHz) ^(a)		18 (kHz) ^(a)		21(kHz) ^(a)		24 (kHz) ^(a)	
	AWGN 信道 (b)	衰落信道 (c) (d)	AWGN 信道 (b)	衰落信道 (c) (d)	AWGN 信道 (b)	衰落信道 (c) (d)	AWGN 信道 (b)	衰落信道 (c) (d)
0	36	41	37	42	37	42	38	43
1	39	45	40	46	40	46	41	47
2	42	47	43	48	43	48	44	49
3	45	49	46	50	46	50	47	51
4	47	52	—	—	48	53	49	54
5	48	53	49	54	49	54	50	55
6	51	56	52	57	52	57	53	58
7	55	61	56	62	56	62	57	63
8	58	65	59	66	59	66	60	67
9	61	69	62	70	62	70	63	71
10	63	73	64	74	64	74	65	78
11	66	—	67	—	67	—	68	—
12	72	—	73	—	73	—	74	—
13	—	—	—	—	—	—	—	—

(a) 表4b栏目中的数字代表1 Hz带宽中平均信号功率与平均噪声功率 (dB) 比。

(b) “AWGN”：带有加性高斯白噪声的非衰落信道。

(c) “衰落信道”：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。（相当于ITU-R F.1487建议书的中纬度“受扰条件”）。

(d) 表4b“衰落信道”栏目中的值表示得到一个等效业务级所需的衰落信号功率的平均值。

(e) 波形编号11和12适合于地波信道，天波信道的衰落值目前无法提供。波形编号4在9或18 kHz信道不可用，波形编号13仅在3 kHz带宽系统可用。

表4显示了带宽更宽的HF系统的数字调制。表4a和4b应结合在一起使用，先从表4a查找带宽的波形编号和某个特定系统的数据率，然后使用表4b确定所需的信噪比。

以下是使用表4在24 kHz的带宽中查找38 400 bit/s数据率的示例：

- 1) 从表4a找到24 kHz带宽栏，确定38 400 bit/s的波形编号，此种情况下波形编号为7。
- 2) 在表4b中找到波形编号7所在的行，然后查找其与24 kHz带宽一栏的相交处。
- 3) 对于 1×10^{-5} BER业务级，所需的信噪比在非衰落信道和衰落信道分别是57和63，如4b所示。