

## ITU-R F.1669-1建议书\*

在37-40 GHz和40.5-42.5 GHz频段工作的固定无线系统  
针对对地静止轨道卫星的干扰标准

(ITU-R 第127/9号课题)

(2004-2007年)

## 范围

ITU-R F.1669建议书阐述了保护固定无线系统（FWS）免受在38和40 GHz频段工作的对地静止卫星（GSO）干扰的干扰标准。建议书中包括两套标准，一套用于某些宽带无线接入应用，另一套用于所有其它固定无线系统。

国际电联无线电通信全会，

考虑到

- a) 针对作为共同主要业务工作的对地静止卫星（GSO）系统产生的干扰，宜应确定在38 GHz（37-40 GHz）和40 GHz（40.5-42.5 GHz）频段工作的固定无线系统（FWS）的保护标准；
- b) 对涉及GSO空间站的干扰情况，固定业务（FS）系统，在一些会影响此类系统性能或可用性的几何形态下，可能会受到高强度干扰；
- c) 38和40 GHz频段的FS链路设计受雨衰的控制，可用ITU-R P.530建议书对其建模；
- d) 在38和40 GHz频段，一些主管部门在某些FS链路上使用了自动发射功率控制（ATPC），使用这一方法将增加这些链路受干扰的可能性，特别是短期干扰；
- e) 一些使用小净衰减余量的FS链路，在不对这些业务施以过度限制的情况下，可能无法完全免受GSO卫星系统的干扰；
- f) 使用ATPC的典型FS链路需要设定比不使用ATPC的、大衰减余量FS链路更为严格的保护标准；
- g) 在38和40 GHz频段FS系统没有指向限制，对于大规模的、成本敏感型部署，此类限制不切实际，

认识到

- a) 37.5-40 GHz和40.5-42.5 GHz频段与作为共同主要业务的FSS业务共用，且ITU-R制定了ITU-R SF.1573建议书，对保护这些频段内的FS所需的pfd电平做出了规定；

---

\* 此建议书应提请无线电通信第3、4和7研究组注意。

b) 应用本建议书中的标准其意不在对ITU-R SF.1573建议书进行修订，

注意到

a) 如图2所示，GSO卫星对FS接收机产生的干扰与此FS接收机的整个方位角的对比，显示出两特定FS角的两个干扰峰值，根据FS链路的几何形态，此链路的指向会通过GSO弧，

建议

**1** 应将下述干扰标准，例如图1中对干扰掩模的定义，应用于保护固定业务免受在37-40 GHz和40.5-42.5 GHz频段，作为共同主要业务的各类GSO卫星业务产生的干扰：

**1.1** 对于一般固定无线系统：

**1.1.1** FS接收机输入的干扰噪声比 ( $I/N$ ) 不应超过-10 dB，但在与方位角 $\pm 15^\circ$ 的间隔内除外，在这一范围内FS天线主波束与GSO弧相交（注1和2）；

**1.1.2** 当FS方位角在此 $\pm 15^\circ$ 的范围之内时，对与峰值相对应的方位角而言，FS接收机输入端的干扰噪声比，可接受的最大值为+4 dB（注1和2）；

**1.2** 对某些BWA应用中的部分链路：

**1.2.1** FS接收机输入端的干扰噪声比 ( $I/N$ ) 不应超过-10 dB，但在与方位角 $\pm 5^\circ$ 的间隔内除外，在这一范围内FS天线主波束与GSO弧相交（注1和2）；

**1.2.2** 当FS方位角在此 $\pm 5^\circ$ 的范围之内时，对与峰值相对应的方位角而言，FS接收机输入端的干扰噪声比，可接受的最大值为+0 dB（注1和2）；

**2** 附件1及其附录中包含的信息应用作本建议书的使用指南。

注1 – 接收机输入端总噪声中引用了这些 $I/N$ 电平，其中包括系统噪声电平（kTBF）和业务内干扰（见附件1第5段）。

注2 – 建议1.1和1.21中分别规定的 $\pm 15^\circ$ 或 $\pm 5^\circ$ 方位角范围是基于时域法和特定降雨区模式的各项元素。对此种降雨区模式的进一步改进或应用新模式可能会对这些方位角的范围产生影响，并促进本建议书的进一步完善。

## 附件1

推导将应用于GSO共用方案的38 GHz  
和40 GHz频段FS保护标准

## 1 引言

本附件中介绍的方法是基于38 GHz和40 GHz频段的比特误差性能是由雨衰主导这一假设。因此，在GSO卫星干扰的到达方位角与FS接收天线的主波束轴方位角相近的情况下，有用信号和干扰信号将受衰落的影响。因此，未衰减干扰功率可能高于干扰功率恒定时允许的干扰功率。确定未衰减干扰功率要求，无论有用功率和干扰功率的衰减间是否存在任何相关性，满足控制比特误差性能标准的百分比必须相同。

## 2 FS衰减余量

在38 GHz和40 GHz频段，由于链路长度很可能短于2公里，且假设大部分此类链路的衰减余量（或净衰减余量<sup>1</sup>）大于此值，因此认为常规链路的代表性FS衰减余量为14 dB。同时还应注意到，在考虑使用ATPC的系统时，此14 dB的衰减余量与更高的余量相对应（例如 = 14 dB净衰减余量+10 dB ATPC范围）。

另一方面，本建议书还注意到在某些BWA应用中，10 dB的衰减余量被用于一些短链路，因此需要更低的 $I/N$ 值。

为支持针对这些信息量的考虑，基于ITU-R P.530建议书的表2列出了五种不同降雨率条件下，垂直和水平极化链路总长可达1.6公里时要求的雨衰余量。

但是，必须注意到38 GHz和40 GHz频段的14 dB或10 dB的雨衰余量，其选用都是基于利用ITU-R P.530建议书进行的计算，而该建议书没有提供误差性能测量中提及的衰减余量值，而是给出了特定比例时间内的绝对衰落值（雨衰）。

此外，根据ITU-R F.1498建议书，对设计可用率为99.999%的链路，特别是拟与光纤竞争的BWA系统，衰减余量可参照BER  $1 \times 10^{-6}$ 或严重误差秒（SES）的水平。该建议书还同意在设计FS链路时应为FS干扰留下1 dB宽限，从而将参考噪声功率提高至大于系统噪声功率1 dB。

此外，由于技术原因（最小可行功率、可用天线的尺寸、中枢站的固定发射功率...），38 GHz和40 GHz频段的FS链路，特别是点对多点系统，与雨衰余量相比很可能产生“额外的设计余量”。至少，对于点对点链路，此“额外的设计余量”值取决于功率设置的粒度水平，可能使用的衰减器，以及允许FS设计者将接收机电平调至与理论水平尽量靠近的天线增益。尽管未在FS链路的参考总余量定义中加以考虑，但本建议书同意将其作为推导保护标准过程中的一个补充置信因数。

---

<sup>1</sup> 对于使用ATPC的FS链路，净衰落余量=总衰落余量-ATPC范围。

根据一致认可的假设，衰减余量 $M_F$ ，在以BER  $1 \times 10^{-6}$ 为基准的情况下，对误差秒（ES）和SES而言，分别比衰减余量低3 dB和高1 dB，而BER  $1 \times 10^{-6}$ 比以BER  $1 \times 10^{-3}$ 为基准的情况低2 dB。表1总结了以SES为基准，与 $M_F = 14$  dB和10 dB对应的不同衰减余量值。

表 1  
雨衰余量和与误差性能指标的对应关系

	14 dB 雨衰余量	10 dB 雨衰余量
ES (dB)	10	6
BER $1 \times 10^{-6}$ (dB)	13	9
SES (dB)	14	10
BER $1 \times 10^{-3}$ (dB)	15	11

### 3 I/N掩模的推导

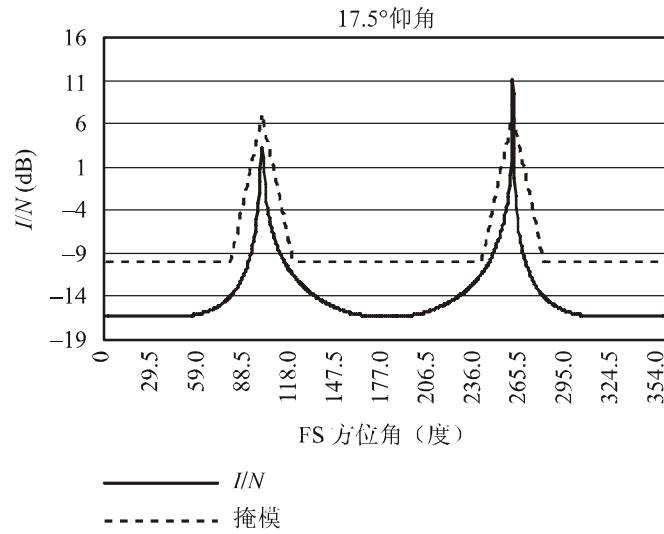
应用于FSS GSO卫星的I/N掩模推导是基于对两类不同因素的评估：

- 干扰对FS的影响，特别是在降雨条件下的FS天线主波束中，干扰的衰落和无衰落部分引起的合成干扰对FS的影响，（见附件1的附录2）；
- FS天线主波束信号和干扰雨衰间的相关性，用于确定与主波束的夹角 $X^\circ$ ，在此可假设此相关水平与某种程度的置信度相关（见附件1的附录3）。

### 4 I/N标准掩模

基于第3段中的元素，图1描述了与FS保护标准相关的方位角的I/N掩模，介绍了峰值干扰的最大I/N，与此相关的情况是，FS接收机指向GSO弧和方位角的范围，且在此范围内I/N从最大值降至-10 dB。

图 1  
描述38和40 GHz频段GSO卫星的 I/N 掩模



1669-01

对固定无线系统（FWS），一般认为14 dB的衰减余量具有代表性，最大I/N和方位角已分别确定为+4 dB和 $\pm 15^\circ$ 。

对某些BWA应用中使用10 dB衰减余量的部分链路，这些参数被分别定为0 dB和 $\pm 5^\circ$ 。

## 5 噪声电平参考

上文第4段描述的I/N掩模参考了总噪声电平，其中包括经同意的1 dB业务间干扰容差。这意味着 $N = k T B F + 1$  dB。

附件1的  
附录1

表 2

99.999%可用性时的雨衰余量

链路距离 (km)	39.3 GHz时的衰减余量, 水平极化 (dB)					39.3 GHz时的衰减余量, 垂直极化 (dB)				
	降雨率 (mm/h) (区)					降雨率 (mm/h) (区)				
	12 (B)	22 (E)	42 (K)	63 (M)	95 (N)	12 (B)	22 (E)	42 (K)	63 (M)	95 <sup>(1)</sup> (N)
0.1	0.8	1.3	2.5	3.6	5.2	0.6	1.1	2.1	3	3.0
0.2	1.5	2.7	4.9	7.1	16.4	1.3	2.3	4.2	6	5.9
0.3	2.2	4	7.3	10.6	15.4	1.9	3.4	6.2	9	8.8
0.4	3	5.3	9.6	14	20.3	2.6	4.5	8.2	11.9	11.6
0.5	3.7	6.5	12	17.4	25.1	3.2	5.6	10.2	14.7	14.3
0.6	4.4	7.8	14.3	20.7	29.8	3.8	6.7	12.2	17.6	17.0
0.7	5.2	9.1	16.6	24	34.3	4.5	7.8	14.2	20.3	19.6
0.8	5.9	10.4	18.9	27.2	38.8	5.1	8.9	16.1	23	22.2
0.9	6.6	11.6	21	30.4	43.2	5.7	10.0	18.0	25.8	24.7
1.0	7.3	12.8	23.3	33.6	47.5	6.3	11.0	19.9	28.5	27.1
1.1	8	14.1	25.5	36.7	51.7	6.9	12.1	21.8	31	29.5
1.2	8.7	15.3	27.7	39.8	55.8	7.5	13.1	23.7	33.7	31.9
1.3	9.4	16.5	29.9	42.8	59.8	8.1	14.2	25.5	36.2	34.1
1.4	10.1	17.7	32	45.8	63.8	8.7	15.2	27.3	38.8	36.4
1.5	10.8	18.9	34.1	48.7	67.6	9.3	16.2	29.1	41.3	38.6
1.6	11.4	20.1	36.2	51.6	71.4	9.9	17.3	30.9	43.7	40.8

<sup>(1)</sup> 降雨率为95 mm/h情况下垂直极化的衰减余量计算假设纬度低于30°（根据ITU-R P.530建议书，会对计算产生影响）。

## 附件1的 附录2

### 干扰对FS系统的影响

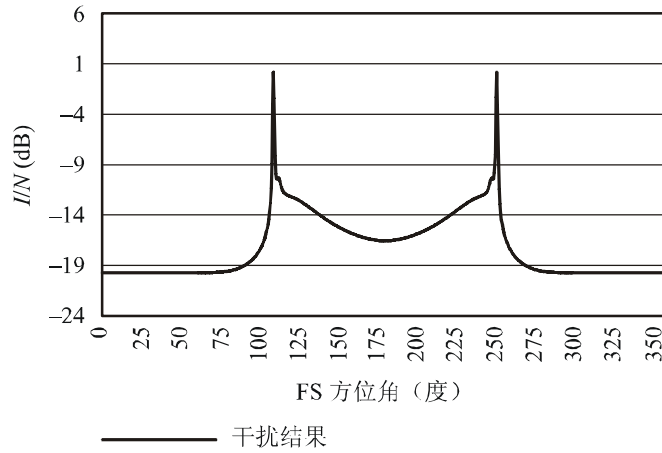
#### 1 引言

总体而言，链路的设计要求仅精确地满足一种性能标准。如果此标准为控制标准，则链路将亦满足其它标准。例如，在假设接收干扰功率恒定的情况下，如果链路计划满足ITU-T G.826或G.828建议书规定的严重误差秒率（SESR）标准，则必须在雨衰低4 dB的前提下满足ES标准。鉴于误差秒允许的时间比例可能比SES大10或20倍，如果SES标准得到满足，则ES标准将被满足。对于干扰和有用信号的全相关衰落，可以看出 $C/N + I$ 增长4 dB，对应雨衰下降约4.7 dB。因此，SESR标准很可能是控制标准，是唯一需要满足的标准。

这样，可以简单地处理干扰衰落与有用信号衰落全相关的情况。在此情况下，无衰落时可接受的干扰电平仅比恒定干扰（不相关）允许的干扰值高，其超出的值为衰减余量。根据ITU-R F.758建议书，对于恒定（不相关）干扰，这些频段内的 $I/N$ 为-10 dB。根据ITU-R F.1094建议书，参考噪声应为总分配噪声，其中包括接收系统的噪声，因固定业务的干扰、无用发射干扰的上升，以及共同主要业务干扰的上升，造成了系统噪声的增高。由于干扰与总参考噪声之比 $I/N_{ref}$ 为-10 dB，干扰与系统噪声 $I/N_0$ 为-9 dB。对于业务间干扰衰落与有用信号实现完全互相关的情况，当信号的衰减余量值为 $M_F$  dB时，必然出现相同的干扰功率（ $I/N_0 = -9$  dB）；否则无法达到期望的性能。因此，无衰落干扰功率与系统噪声功率之比，对完全相关衰落的情况而言为 $M_F - 9$  dB。

图2所示为全部占满的GSO弧产生的无衰落干扰。在高干扰电平两峰值所对应的方位角上，有一颗卫星在FS站天线主波束内。

图 2  
GSO卫星产生 I/N 的演示



1669-02

对于这两个特定的方位角，干扰传播路径可能与有用信号的传播路径呈共线关系，且在方位角衰落将完全相关。随着方位角从这些峰值移开，这两条路径上的衰落仅部分相关，且可允许的干扰从 $M_F - 9$  dB降至 $-9$  dB。图5中的I/N掩模演示了这一下降过程。

应当注意，此附录中的分析使用系统噪声功率 ( $N_0 = k T B F$ ) 作参考。但是，该分析中包括一些额外功率，这些功率分别源自FS发射机产生的干扰，以及其它共同主要业务的干扰和无用发射产生的干扰。这些干扰的余量各为0.5 dB。

## 2 I/N计算

为计算最大可接受无衰落I/N，有必要分析不同降雨条件下的 $\frac{C}{N+I}$ 。

降雨条件下C和 ( $N + I$ ) 的相对值为：

$$C = C_0 - A_C \quad (\text{dB}) \quad (1)$$

$$N + I = N_{tot} = N_{ref} + 10 \log \left( 0.9 + 10^{((I/N_0) + N_0 - N_{ref})/10} \right) \quad (\text{dB}) \quad (2)$$

式中 $A_C$ 为信号衰减 (dB)。噪声功率频谱密度的相关性如上文所述，因此， $N_{ref}$ 是FS系统噪声接收机处的总量、固定业务内部干扰的分配增量、无用发射产生的分配干扰，及其它业务干扰产生的分配增量。数量 $N_{tot}$ 表示噪声与干扰之和。注意，当 $I/N_{ref} = -10$  dB时，它等于 $N_{ref}$ 。

这里假设FS系统噪声与增量之和为0.5 dB，FS内部的干扰是以瓦特计的参考噪声功率的0.89倍。无用发射的干扰使参考噪声功率增加了0.01瓦。这符合ITU-R F.1094建议书的规定，因此产生了公式 (2) 中的0.9这一项。用 $N_0$ 表示总系统噪声 ( $k T B F$ )，很容易看出 $N_{ref} - N_0 = 1.0$ 。



通过这些关系， $C/N+I$ 可以写作：

$$\frac{C}{N+I} = C_0 - A_C - N_{ref} - 10 \log(0.9 + 10^{((I/N_0)-1)/10}) \quad (3)$$

当干扰功率为常数且 $I/N_0 = -9$  dB，即相当于 $I/N_{ref} = -10$  dB时， $C/N+I$ 达到了SES的门限值，但前提是信号的衰减 $A_C$ 等于SES的衰减余量。这样：

$$\left[ \frac{C}{N+I} \right]_{\substack{I/N_0=-9 \\ A_C=M_F}} = T_{SES} = C_0 - M_F - N_{ref} \quad (4)$$

当干扰可能正在衰落时， $I/N_0 = I_0/N_0 - A_I$ ，式中 $I_0$ 为未衰减干扰功率且 $A_I$ 表示干扰的衰减（dB）。在此情况下， $C/N+I$ 为：

$$\frac{C}{N+I} = T_{SES} = C_0 - A_C - N_{ref} - 10 \log(0.9 + 10^{((I_0/N_0)-A_I-1)/10}) \quad (5)$$

当有用信号的衰落与干扰衰落完全相关时， $A_C = A_I$ 。如要满足设计目标， $C/N+I$ 必须达到 $A_C = M_F$ 的门限值。使用（5）中的条件和公式（4）中给出的门限值，可以发现下述条件必须得到满足。

$$I_0/N_0 = M_F - 9 \quad (6)$$

更广泛地说，如果衰落的相关性不完全，则未衰减 $I/N$ 需更低，以避免当 $C/N+I$ 低于门限值时事件数量的上升。因此，对于信号路径上未超过衰减余量的衰落， $C/N+I$ 等于门限值的未衰减 $I/N$ ，可使用（5）中的公式（4）得出。

$$I_0/N_0 = A_I + 1 + 10 \log(10^{(M_F-A_C)/10} - 0.9) \quad (7)$$

很明显，公式（7）中给出的 $I/N$ 值为未衰减 $I/N$ ，其 $C/N+I$ 处于特定 $A_I$ 和 $A_C$ 值的性能门限值处。但是，根据公式（6），条件 $A_I < M_F$ 和 $I_0/N_0 < M_F - 9$ 必须得到满足。如果 $A_I$ 和 $A_C$ 同时出现的数据为已知，对于任何允许的 $A_I$ 和 $A_C$ 数值对，干扰标准被确定为公式（7）中最小的未衰减 $I/N$ 。应用此方法计算未衰减 $I/N$ 值，用作附件1附录3的干扰标准。

## 附件1的 附录3

### 信号干扰衰落的相关性和确定 $I/N$ 掩模

#### 1 时域法

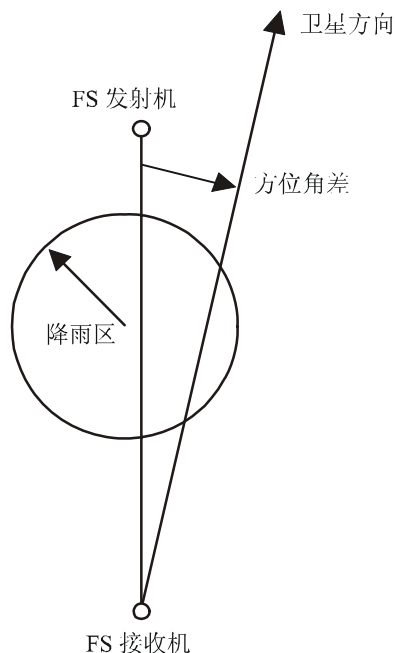
为确定信号降雨衰减与FS天线主波束干扰之间的相关性，使用的时域法考虑到了这样一个假设，即降雨区并非静止的，由于它们相对FS链路在不停运动，所以的确存在一个时域问题。

在此基础上，以半径为0.2公里的降雨区实例，使用均匀降雨率的圆柱形降雨区，且具体衰减为50 dB/公里。为表示降雨区的时域，可假设该区位于FS接收机附近的任何位置。在这一分析中，假设降雨区位于FS链路沿线及交叉点上，按0.5米增量增长的任何位置。

位于每个格栅的降雨区均进行了计算。如图3所示，此计算中包括，为每个降雨区位置确定预计会出现在有用FS路径（ $0^\circ$ 仰角）上的衰减量 $A_C$ ，以及水平层面干扰路径上出现的衰减 $A_I$ ，这两种衰减都在附件1附录2的公式（9）中提及，并对衰减幅度作了比较。

图 3

FS 路径长度为0.7公里、降雨区半径为0.2公里且偏主波束轴方位角为  $10^\circ$  的降雨区几何形态下的信号和干扰传播路径



当有用和干扰路径上的衰减仅部分相关时，可将干扰描述为由两部分组成：一部分为常量，另一部分为完全相关。假设未衰减干扰功率的 $p$ 部分相关，且 $1-p$ 为常量，则在门限值处使用附件1附录2中各要素的情况如下：

$$10\log\left(p10^{-M_F/10} + 1 - p\right) + I_0 = N_{ref} - 10 \quad (8)$$

或

$$I_0/N_0 = -10\log\left(p10^{-M_F/10} + 1 - p\right) - 9 \quad (9)$$

将 $p$ 展开：

$$p = \frac{1 - 10^{-((I_0/N_0 + 9)/10)}}{1 - 10^{-M_F/10}} \quad (10)$$

式中 $M_F$  是FS链路衰落余量，同时还注意到，当任何时候 $I_0/N_0$ 的允许值在 $-9$  dB与 $M_F - 9$  dB之间时，可以使用公式（10）。

在此基础上，对不同FS链路衰减余量（10、11、14和15 dB），公式（10）和公式（9）可以确定图4所示的 $p$ 部分，以及图5所示的最终 $I/N$ 掩模。

图 4

从FS天线主波束轴已取消的角度进入的完全相关干扰的有效部分

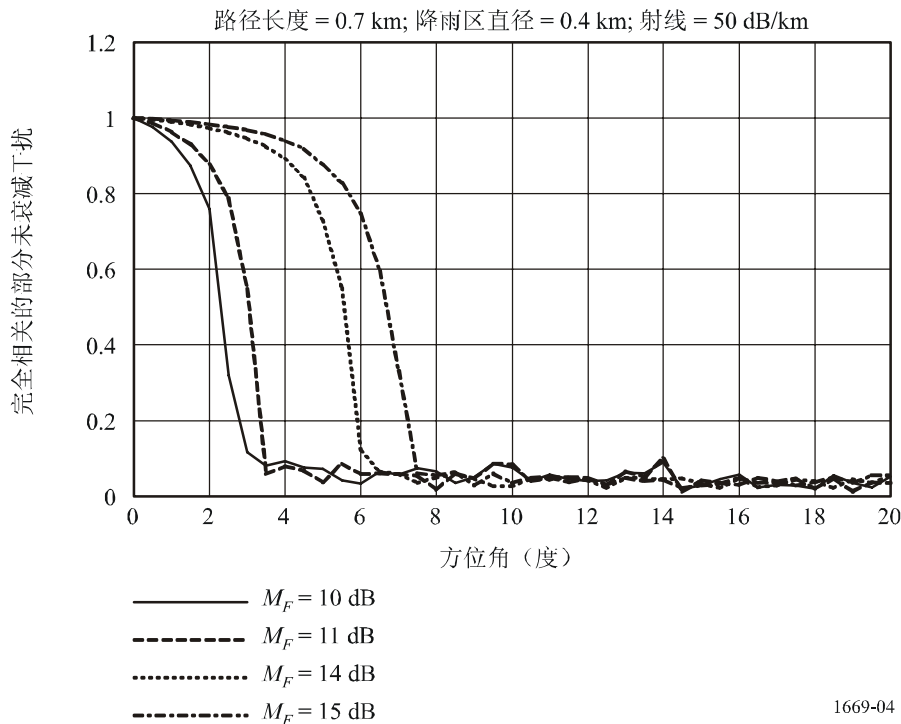
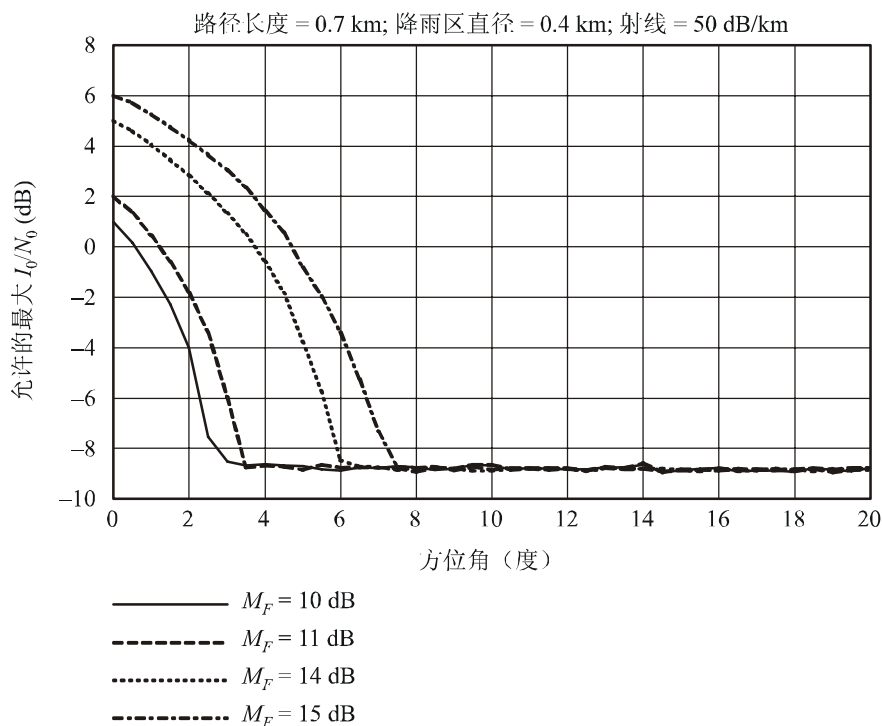


图 5

从FS天线主波束轴取消的方位角I/N掩模



1669-05

基于0.2公里的圆柱降雨区和50 dB/公里的具体衰减量，图5显示，最大可允许I/N和方向角范围 $X^\circ$ ，取决于衰减余量值。对于附件1第2段中考虑的14 dB和10 dB的衰减余量，最大I/N分别为+5 dB和+1 dB，而 $X$ 的值分别为 $2^\circ$ 和 $6^\circ$ 。

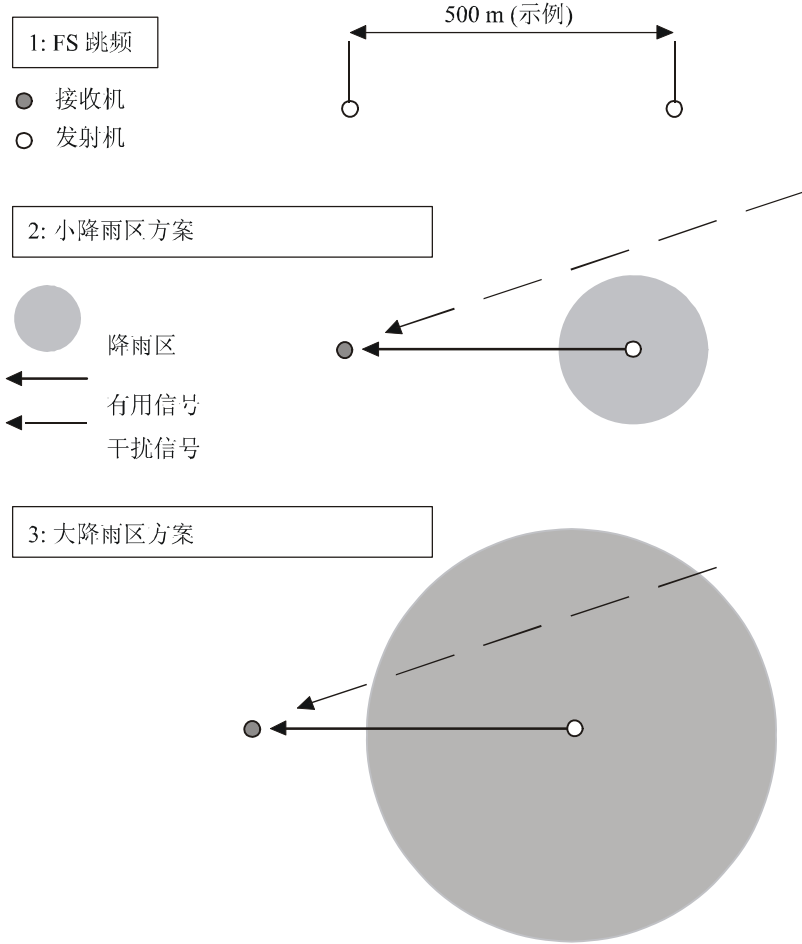
## 2 降雨区尺寸模型

第1段中的分析用一个实例作了演示，在演示中使用了0.2公里的圆柱降雨区和50 dB/公里的具体衰减量，但值得注意的是时域法得出的结果，对衰减余量的给定值，明显取决于假设降雨区的参数，至少对方向角范围值 $X^\circ$ 是如此（如图6所示）。

目前仅有ITU-R P.452建议书附件1的附录4提供降雨区尺寸的参数元素，但还提供了有关此模型的信息，即此模型仅适用于跨平面路径的降雨散射计算。但是，本建议书还提议对此使用一种替代模型，尽管任何ITU-R建议书都未对此作出规定<sup>2</sup>。

<sup>2</sup> 无线电通信第3研究组在制定ITU-R P.618建议书时对此替代模型进行了测试。

图 6  
不同降雨区尺寸方案的说明



1669-06

此备份模型包含具有指数特征和轴对称特性的小区，其中在与中心距离为 $\rho$ 的情况下降雨量 $R$ 通过下式计算：

$$R = R_M \exp(-\rho/\rho_0) \quad (11)$$

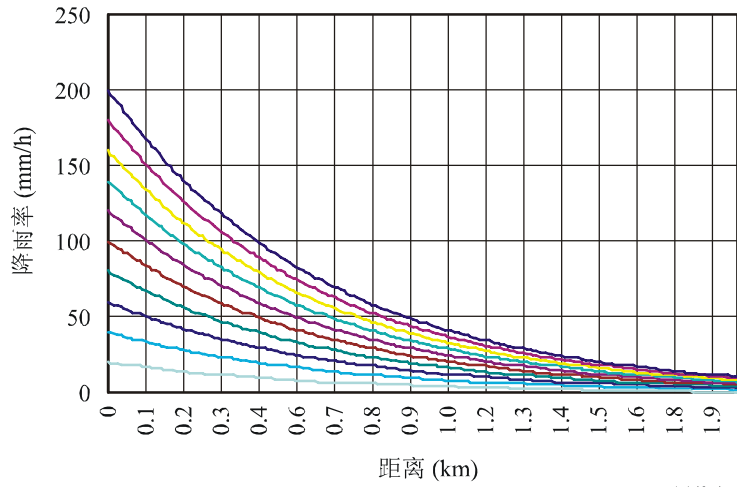
式中 $R_M$  是降雨强度， $\rho_0$  为距离，在此距离上密度以 $1/e$ 因子的数量衰减，此因子通常被称为常规“小区半径”。

对于单轴的情况， $\rho_0$ 的归一化值取决于 $R_M$ 的值，并利用下述双功率法则来计算：

$$R_M > 5 \text{ 时} \quad \rho_0(R_M) = 1.7 \left[ \left( \frac{R_M}{6} \right)^{-10} + \left( \frac{R_M}{6} \right)^{-0.26} \right] \quad (12)$$

在此基础上，图7给出了20至200 mm/h（一个增量为20）的最大降雨率情况下，相应降雨区的形状。

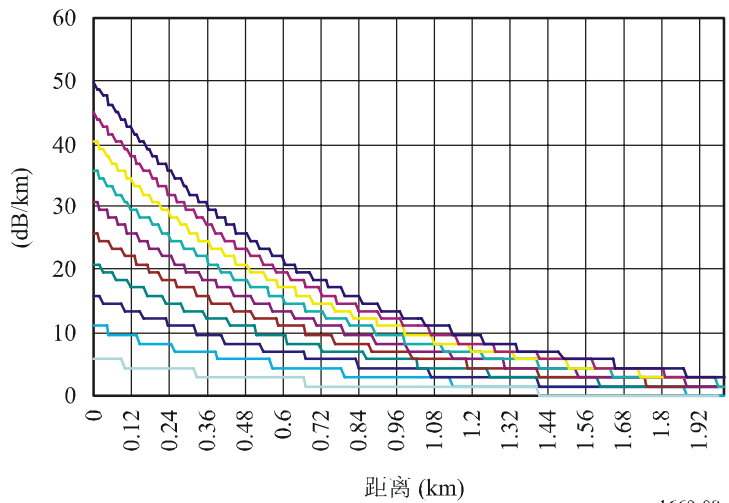
图 7  
降雨区中心的降雨率



1669-07

此外，使用图7中的降雨率，则有可能在ITU-R P.838建议书的基础上，推导出图8中的相应具体衰减值。

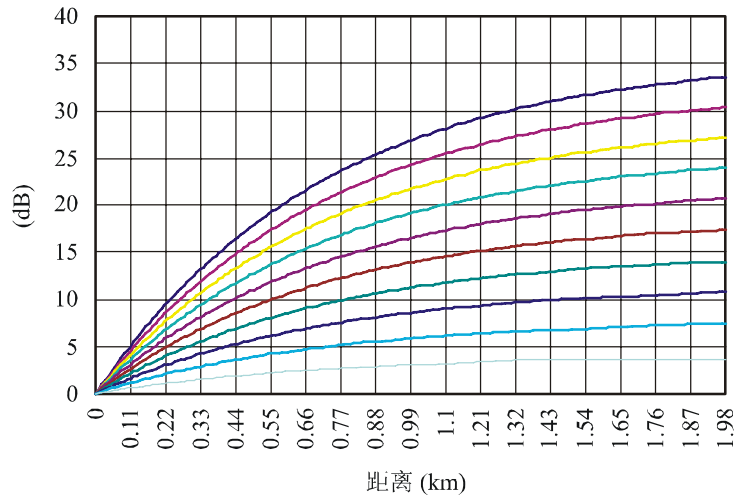
图 8  
降雨区中心的具体衰减



1669-08

此外，在与小区中心间的这段距离上，集成这些具体的衰减值，可计算出图9中列出的相应降雨区产生的累积衰减。

图 9  
降雨区中心的累积衰减



1669-09

最后，表3给出了针对各种降雨率的小区半径 $\rho_0$ （如公式（12）所示）。

表 3  
不同最大降雨率的降雨小区半径

最大降雨率 (mm/h)	$\rho_0$ , 小区半径 (km)
200	0.68
180	0.70
160	0.72
140	0.75
120	0.78
100	0.82
80	0.87
60	0.93
40	1.04
20	1.24

尽管图7至图9以及表3中的要素显示降雨区并非圆柱状，而是呈指数特性，但它们倾向于认为上节计算中使用0.2公里的小区半径，是低估了降雨的影响，因此也低估了方向角范围 $X^\circ$ 的值。

对于与通过备用传播模型推导出的各项要素相应的圆柱降雨区半径，不力求为之下确定性结论，则对此模型应用时域法有可能会产生导致方位角的大幅上升。

具备合理的置信度，则可假设将分别针对10 dB和14 dB FS链路衰减余量的方向角范围提高到5°和15°（与图7中针对0.2公里降雨区半径的2°和6°相对），已经足够保守，可以确保分别提供+1 dB和+5 dB的相关最大 $I/N$ ，即防止FS受到GSO卫星干扰所需的保护值。

对此降雨区模型的进一步修改或使用新的模型，可能会影响这些方位角的范围，并可能会导致对此建议书的进一步完善。

---