

国 际 电 信 联 盟

ITU-R

国际电联无线电通信部门

ITU-R S.1673-1 建议书
(01/2010)

**非对地静止HEO型卫星固定业务系统
对运行在10 至30 GHz频段的
对地静止卫星固定业务卫星
网络产生的最坏情况
干扰电平的计算方法**

S 系列
卫星固定业务



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
2010年，日内瓦

© ITU 2010

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 S.1673-1建议书

**非对地静止HEO型卫星固定业务系统*对运行在
10至30 GHz频段的对地静止卫星固定业务卫星网络
产生的最坏情况干扰电平的计算方法**

(第 ITU-R 231/4号课题)

(2003-2010年)

范围

本建议书为评估卫星固定业务非对地静止HEO型系统对开展同样业务的对地静止卫星网络产生的最坏情况干扰电平提供了方法。本建议书中描述的方法适用于10至30 GHz频段。这些方法使用最坏情况的假设，高估了干扰的实际电平。

国际电联无线电通信全会，

考虑到

- a) 根据《无线电规则》(RR)，卫星固定业务(FSS)频段可同时供GSO和非GSO卫星网络使用；
- b) 根据《无线电规则》的条款，非GSO FSS系统不应产生不可接受的干扰；
- c) 在某些FSS频段，非GSO对GSO网络产生的可接受干扰已经用 $epfd\uparrow$ 和 $epfd\downarrow$ 限值量化，且《无线电规则》第22条详细阐述了特定频段的这些限值；
- d) 除《无线电规则》已详细规定 $epfd\uparrow$ 和 $epfd\downarrow$ 限值的频段之外，主管部门可能需要计算包括最坏情况干扰电平在内的干扰电平，这些电平由非GSO系统产生，面向FSS频段的所有GSO网络；
- e) 在考虑到《无线电规则》有关非GSO对GSO网络干扰电平评估规定的基础上，制定了一些方法；
- f) 考虑到e)中提及的方法主要基于中低高度圆形轨道的非GSO FSS系统，宜采用更为简单的方法计算非GSO HEO型FSS系统产生的干扰(见注 1)，其中该轨道有限的部分作为“有源”弧，用于与GSO存在空间间隔的GSO FSS网络操作，

认识到

- a) 《无线电规则》第22条第II节涉及“控制对地静止卫星系统的干扰”，

* 参见ITU-R S.1758建议书有关FSS系统内高地球轨道类型(HEO型)系统的特性。

注意到

- a) 在10至30 GHz 频段实施非GSO HEO型FSS的研究已经展开；
- b) 除上述考虑到c)所述频段之外，应由受影响的主管部门来判定，非GSO FSS系统是否对GSO FSS网络产生了不可接受的干扰；
- c) 注意到a)中引用的非GSO HEO型FSS系统特征用有限操作或“有源”弧来描述，不仅各系统大小不一，而且与GSO存在空间距离，

建议

- 1 假设此系统内所有向地球相同地理区域发射的同频非GSO卫星均以最大pfd电平发射，计算上述注意到描述的非GSO HEO型FSS系统对GSO FSS网络产生的，最坏情况下的干扰电平；
- 2 对于10至30 GHz某些频段内，《无线电规则》（见注2）未对epfd \uparrow 和epfd \downarrow 限值做出规定的非GSO HEO型FSS系统，本建议书附件1中的方法应被用于计算非GSO HEO型FSS系统对GSO FSS网络干扰的最坏情况电平（见注4和5）；
- 3 在10至30 GHz某些频段内，《无线电规则》（见注2）已对epfd \uparrow 和epfd \downarrow 限值做出规定的非GSO HEO型FSS系统，本建议书附件2中的方法应被用于计算非GSO HEO型FSS系统对GSO FSS网络干扰的最坏情况电平（见注4和6）；

注 1 – 对于本建议书，使用下述轨道之一的卫星系统被归为非对地静止HEO型卫星系统。系统中的卫星仅在有源弧内工作：

- 轨道的离心率至少为0.05，倾角在35°至145°之间，远地点至少为18000公里，其周期为对地同步周期（23小时，56分）乘以 m/n ，其中 m 和 n 为整数（ m/n 比可能小于、等于或大于1）；或
- 圆形轨道（离心率最大为0.005），使用对地同步周期（23小时，56分）且倾角在35°至145°之间。

注 2 – 《无线电规则》中规定了epfd \uparrow 和epfd \downarrow 限值的频段为10.7-13.25、13.75-14.5、17.3-18.6、19.7-20.2、27.5-28.6和29.5-30.0 GHz。

注 3 – 附件1中所述方法是对ITU-R S.1560建议书4与6 GHz频段方法的补充。

注 4 – 本建议书中的方法使用最坏情况假设，高估了实际干扰电平。对于某些系统，特别是波束指向、频率、功率、路径损耗和/或同时照射某服务区的一颗和/或多颗卫星存在变化的情况，高估数值可能比较明显。更加精细的分析技术可用于评估详细的干扰特性，以确定实际干扰电平及其相关的出现概率。

注 5 – 附件3给出了将建议2中方法用于非GSO HEO型FSS系统的实例。

注 6 – 附件4给出了将建议3中方法用于非GSO HEO型FSS系统的实例。

附件1

非对地静止HEO型卫星固定业务系统对运行在 10至30 GHz频段的对地静止卫星固定业务卫星网络 产生的最坏情况干扰电平的计算方法 (《无线电规则》未指出epfd \uparrow 和epfd \downarrow 限值)

下述方法用于计算在同频操作的情况下，非GSO HEO型FSS系统对运行在10至30 GHz某些频段的对地静止卫星固定业务卫星网络可能产生的干扰电平，在此频段内《无线电规则》未指出epfd \uparrow 和epfd \downarrow 限值。

1 涉及非GSO FSS系统的数据

对于非GSO FSS系统需要下述信息：

空对地传输

- θ_{D-min} : 在有源发射非GSO卫星的视距内 (LoS) 以及相关GSO卫星的视距内，GSO FSS地球站处的最小角度间隔 (度)。
- $pdf_{D-non-GSO-max}$: 因卫星群内各非GSO发射引起的，GSO FSS网络地球站地表位置的最大 pfd (dB(W/(m² · Hz)))。
- N_D : 使用HEO向地球相同地理区域发射的，卫星系统中同频非GSO卫星的最大数量。需要指出此类卫星的数量，作为时间比例的函数。

地对空传输

- θ_{U-min} : GSO轨道的视距内 (LoS) 以及相关非GSO卫星的视距内，非GSO FSS发射地球站处的最小角度间隔 (度)。
- $e.i.r.p_{non-GSO-max}$: 非GSO发射地球站与相应最小角度间隔(θ_{U-min})间的最大偏轴频谱密度 (dB(W/Hz))。
- N_U : 在地球某地理区域内使用HEO，可能被单一GSO卫星接收波束接收的，某卫星系统内同频非GSO发射地球站的最大数量。

2 涉及GSO FSS网络的数据

对GSO网络而言，需要下述信息：

接收地球站的灵敏度

$G_{GSO-ES-max}$: 非GSO卫星进行有源发射时，在其最小角度间隔 (θ_{D-min}) 方向上，GSO接收地球站的假设最大偏轴增益 (dBi)。

T_{GSO-ES} : GSO下行链路假设的晴空条件接收系统噪声温度（包括接收天线噪声）。出于保守，不需要将上行链路产生的总体链路劣化加入 (K)。

卫星接收灵敏度

$G_{GSO-SS-max}$: 假设的最大GSO卫星接收天线增益 (dBi)。

T_{GSO-SS} : GSO上行链路假设的晴空条件接收系统噪声温度。出于保守，不需要将包括上行链路在内的总体链路（劣化）加入 (K)。

3 计算下行链路对GSO网络的干扰

使用下述三个步骤，计算非GSO卫星系统对GSO网络下行链路接收系统噪声温度产生的劣化：

步骤D1：在GSO地球站天线输出端计算来自非GSO卫星的最大干扰信号功率频谱密度(PSD) (I_{0-ES}):

$$I_{0-ES} = pfd_{D-non-GSO-max} + G_{GSO-ES-max} + 10 \log \left(\frac{\lambda^2}{4\pi} \right) \quad \text{dB(W/Hz)} \quad (1)$$

式中 λ 为波长 (m)。

步骤 D2：在GSO地球站天线输出端计算噪声PSD (N_0):

$$N_{0-ES} = 10 \log(kT_{GSO-ES}) \quad \text{dB(W/Hz)} \quad (2)$$

式中 k 为波尔兹曼常数。

步骤 D3：计算非GSO卫星群对下行链路接收系统噪声 ($\Delta T/T_D$) 造成的劣化：

$$\Delta T/T_D = N_D 10^{\left(\frac{I_{0-ES} - N_{0-ES}}{10} \right)} \quad (3)$$

4 计算上行链路对GSO FSS网络的干扰

下述四步用于计算一个非GSO FSS系统对GSO网络上行链路接收系统噪声温度造成的劣化:

步骤 U1: 计算一个非GSO发射地球站在GSO空间站 ($pdf_{U-non-GSO-max}$) 处产生的最大pdf频谱密度 (spfd): 注意, 此公式假设非GSO发射地球站位于距GSO卫星最近的位置。应当注意, 在此地球站的位置, 最终的间隔角将大于分析中使用的最小间隔角。因此, 这将高估接收到的干扰。

$$pdf_{U-non-GSO-max} = e.i.r \cdot P_{non-GSO-max} - 10 \log(4\pi(35786)^2) - 60 \quad \text{dB(W/(m}^2 \cdot \text{Hz))} \quad (4)$$

步骤 U2: 在GSO空间站天线输出端计算干扰信号PSD (I_{0-SS}):

$$I_{0-SS} = pdf_{U-non-GSO-max} + G_{GSO-SS-max} + 10 \log\left(\frac{\lambda^2}{4\pi}\right) \quad \text{dB(W/Hz)} \quad (5)$$

式中 λ 为波长 (m)。

步骤 U3: 在GSO天线输出端, 计算噪声PSD (N_0):

$$N_{0-SS} = 10 \log(k T_{GSO-SS}) \quad \text{dB(W/Hz)} \quad (6)$$

式中 k 为波尔兹曼常数。

步骤 U4: 计算上行链路接收系统噪声温度的劣化($\Delta T/T_U$):

$$\Delta T/T_U = N_U 10^{\left(\frac{I_{0-SS} - N_{0-SS}}{10}\right)} \quad (7)$$

5 多个非GSO FSS系统

上述方法可用于计算系统的单入干扰。如果存在 M 个共用同一频段的此类非GSO FSS系统, 则此方法不适用, 其原因在于非GSO FSS系统产生的最大干扰信号PSD电平与GSO弧的最小角度间隔, 会因系统而不同。

将上述方法的原则应用于多个非GSO FSS系统的情况, 则应考虑下述方法:

- 步骤D1和U2之后, 应通过 M 个非GSO FSS系统的各单入电平相加来计算下行与上行链路的集总干扰信号PSD电平, 其分别计算如下:

步骤 D1m: 在GSO FSS地球站天线输出端计算来自 M 个非GSO系统的非GSO卫星产生的最大集总干扰信号PSD, (I_{A-0-ES}) (dB(W/Hz)):

$$I_{A-0-ES} = 10 \log \sum_{m=1}^M 10^{\left[\frac{I_{0-ES-m}}{10}\right]} \quad \text{dB(W/Hz)} \quad (8)$$

I_{0-ES-m} 是第 m 个非GSO系统中非GSO卫星产生的最大集总干扰信号PSD：其计算使用下述公式：

$$I_{0-ES-m} = I_{0-ES} + 10 \log N_{D-m} \quad \text{dB(W/Hz)} \quad (9)$$

N_{D-m} 是使用HEO向地球相同地理区域发射的，第 m 个非GSO FSS系统内同频卫星的最大数量。

步骤 D3m：在有 N 个非GSO FSS系统的情况下，可使用步骤D1m和D2中得出的数值计算 $\Delta T/T_{Dm}$ 。

$$\frac{\Delta T}{T_{Dm}} = 10^{\left[\frac{I_{A-0-ES} - N_{0-ES}}{10} \right]} \quad (10)$$

步骤 U2m：在GSO空间站天线输出端，计算 M 个非GSO系统内地球站产生的最大集总干扰信号PSD (I_{A-0-SS}) (dB(W/Hz))：

$$I_{A-0-SS} = 10 \log \sum_{m=1}^M 10^{\left[\frac{I_{0-SS-m}}{10} \right]} \quad \text{dB(W/Hz)} \quad (11)$$

I_{0-SS-m} 第 m 个非GSO系统内地球站产生的最大集总干扰信号PSD。可使用下述公式计算出此数值：

$$I_{0-SS-m} = I_{0-SS} + 10 \log N_{U-m} \quad \text{dB(W/Hz)} \quad (12)$$

N_{U-m} 是在地球某地理区域内使用HEO，可能被单一GSO卫星接收波束接收的，第 m 个非GSO FSS系统内同频发射地球站的最大数量。

步骤 U4m： M 个非GSO FSS系统上行链路接收系统的劣化，即 $\Delta T/T_{Um}$ ，可用步骤U2m和U3得出的数值来计算。

$$\frac{\Delta T}{T_{Um}} = 10^{\left[\frac{I_{A-0-SS} - N_{0-SS}}{10} \right]} \quad (13)$$

附件 2

非对地静止HEO型卫星固定业务系统对运行在 10 至30 GHz频段的对地静止卫星固定业务卫星网络 产生的最坏情况干扰电平的计算方法（《无线电规则》中 指出了epfd \uparrow 和epfd \downarrow 限值）

下述方法用于计算在同频操作的情况下，非GSO HEO型FSS系统对运行在10至30 GHz某些频段的对地静止卫星固定业务卫星网络最坏情况的干扰电平，在此频段内《无线电规则》规定了epfd \uparrow 和epfd \downarrow 限值。

1 涉及非GSO FSS系统的数据

对于非GSO FSS系统，需要下述信息：

空对地传输

- θ_{D-min} : 在有源发射非GSO卫星的视距内（LoS）以及相关GSO卫星的视距内，GSO FSS地球站处的最小角度间隔（度）。
- $pdf_{D-non-GSO-max}$: 因卫星群内各非GSO发射引起的，GSO FSS网络地球站地表位置的最大 pfd (dB(W/(m² · Hz)))。
- N_D : 使用HEO向地球相同地理区域发射的，卫星系统中同频非GSO卫星的最大数量。需要指出此类卫星的数量，作为时间比例的函数。

地对空传输

- θ_{U-min} : GSO卫星轨道视距内以及与相关非GSO卫星视距内，在非GSO FSS发射地球站处的最小角度间隔（度）。
- $e.i.r.p.non-GSO-max$: 非GSO发射地球站与相应最小角度间隔(θ_{U-min})间的最大偏轴频谱密度 (dB(W/Hz))。
- N_U : 在地球某地理区域内使用HEO，可能被单一GSO卫星接收波束接收的，某卫星系统内同频非GSO发射地球站的最大数量。

2 涉及GSO FSS网络的数据

对GSO网络而言，需要下述信息：

接收地球站的灵敏度

- $G_{GSO-ES-max}$: 非GSO卫星进行有源发射时，在其最小角度间隔(θ_{D-min})方向上，GSO接收地球站的假设最大偏轴增益（dBi）。
- G_{GSO-ES} : 假设为最大GSO接收地球站天线增益（dBi）。

卫星接收灵敏度

- $G_{GSO-SS-max}$: 假设为最大偏轴GSO卫星接收天线增益（dBi）。
- G_{GSO-SS} : 假设为最大GSO卫星接收天线增益（dBi）。

3 计算下行链路对GSO FSS网络的干扰

使用下述两个步骤，计算一个非GSO FSS系统在GSO FSS网络地球站产生的epfd_↓电平：

步骤 D1：在GSO地球站天线输出端计算单一卫星的epfd_↓电平：

$$epfd_{\downarrow} = pdf_{D-non-GSO-max} + G_{GSO-ES-max} - G_{GSO-ES} \quad \text{dB(W/(m}^2 \cdot \text{Hz))} \quad (14)$$

步骤 D2: GSO地球站天线输出端计算来自非GSO卫星群的 $epfd_{\downarrow}$ 电平:

$$epfd_{\downarrow} = epfd_{\downarrow} + 10 \log N_D \quad \text{dB(W/(m}^2 \cdot \text{Hz))} \quad (15)$$

注意, 公式(15)中的 $epfd_{\downarrow}$ 用于1 Hz的参考带宽。为获得 F kHz的参考带宽的 $epfd_{\downarrow}$, 增加了 $10 \log(1000F)$ (dB)值。

4 计算上行链路对GSO FSS网络的干扰

使用下述三个步骤, 计算一个非GSO FSS系统在GSO FSS网络产生的 $epfd_{\uparrow}$ 电平:

步骤 U1: 计算一个非GSO发射地球站在GSO空间站($pdf_{U-non-GSO-max}$)处产生的最大 $spfd$: 注意, 此公式假设非GSO发射地球站位于距GSO卫星最近的位置。应当注意, 在此地球站的位置, 最终的间隔角将大于分析中使用的最小间隔角。因此, 这将高估接收到的干扰。

$$pdf_{U-non-GSO-max} = e.i.r.p_{non-GSO-max} - 10 \log(4\pi(35786)^2) - 60 \quad \text{dB(W/(m}^2 \cdot \text{Hz))} \quad (16)$$

步骤 U2: 在GSO天线输出端计算最大 $epfd_{\uparrow}$:

$$epfd_{\uparrow} = pdf_{U-non-GSO-max} + G_{GSO-SS-max} - G_{GSO-SS} \quad \text{dB(W/(m}^2 \cdot \text{Hz))} \quad (17)$$

步骤 U3: GSO天线输出端计算集总 $epfd_{\uparrow}$:

$$\text{Aggregate } epfd_{\uparrow} = epfd_{\uparrow} + 10 \log N_u \quad \text{dB(W/(m}^2 \cdot \text{Hz))} \quad (18)$$

注意, 公式(18)中的集总 $epfd_{\uparrow}$ 是针对1 Hz的参考带宽。为获得参考带宽为 F kHz的集总 $epfd_{\uparrow}$, 应增加 $10 \log(1000F)$ (dB)值。

5 多个非GSO FSS系统

上述方法可用于计算系统的单入干扰。如果存在 M 个共用同一频段的同类非GSO FSS系统, 则此方法不适用, 其原因在于非GSO FSS系统产生的最大干扰信号 $epfd$ 电平与GSO弧的最小角度间隔, 会因系统而不同。

将上述方法的原则应用于多个非GSO FSS系统的情况, 则应考虑下述方法:

- 步骤D2和U3之后, 应通过 M 个非GSO FSS系统的各单入电平相加来计算集总干扰信号 $epfd$ 电平(上下行链路的集总 $epfd_m$):

步骤 D2m:

$$\text{集总 } epfd_{m\downarrow} = 10 \log \sum_{m=1}^M 10^{\left[\frac{epfd(m)\downarrow}{10} \right]} \quad \text{dB(W/(m}^2 \cdot \text{Hz))} \quad (19)$$

$epfd(m)\downarrow$ 是第 m 个非GSO系统内非GSO卫星在GSO地球站产生的最大干扰信号 $epfd$ 电平。此数值将通过公式(15)取得。

注意，公式（19）中的“集总 $epfd_{m\downarrow}$ ”是针对1 Hz的参考带宽。为获得参考带宽为 F kHz “集总 $epfd_{m\downarrow}$ ”，应增加 $10 \log(1000F)$ (dB)值。

步骤 U3m:

$$\text{集总 } epfd_{m\uparrow} = 10 \log \sum_{m=1}^M 10^{\left[\frac{epfd(m)\uparrow}{10} \right]} \quad \text{dB(W/(m}^2 \cdot \text{Hz))} \quad (20)$$

$Epfd(m)\uparrow$ 是第 m 个非GSO系统内非GSO地球站在GSO空间站产生的最大干扰信号 $epfd$ 电平。此数值将通过公式（18）取得。

注意，公式（20）中的集总 $epfd_{m\uparrow}$ 是针对1 Hz的参考带宽。为获得参考带宽为 F kHz的集总 $epfd_{m\uparrow}$ ，应增加 $10 \log(1000F)$ (dB)值。

附件 3

应用本建议书附件1中所述方法计算 19/29 GHz频段非GSO HEO型FSS系统对GSO FSS网络产生的最坏情况干扰电平的实例

1 研究中的非GSO系统

这里研究的非GSO HEO型FSS系统建议使用对地同步椭圆轨道，以确保有源卫星与GSO轨道间存在大角度间隔。此系统，下文称为系统-1，将向甚小孔径终端（VSAT）等小型地球站提供FSS。

该系统包括三或四颗使用重复地面跟踪的卫星。图1所示为系统-1的星下地面跟踪，用粗线表示有源业务弧。系统的设计规定只有在轨道近地点部分，卫星速度最慢时，卫星才处于“有源”状态（即，发射或重发及接收无线电信号）。卫星群的“有源弧”仅当卫星在纬度 30°N 以上时出现。应当注意，有时两颗卫星在一个给定有源弧（最初和最终的两个弧）内，执行内务操作和切换活动。此系统的设计使有源卫星始终与对地静止LoS有至少 30° 的间隔。因此，系统-1实现了优化的极高仰角组合，与对地静止卫星相比信号传播时延低，卫星切换的数量有限，且与GSO轨道间存在大角度间隔。

2 频段

建议系统-1在28.6-29.1 GHz频段（地对空）的500 MHz部分，以及18.8-19.3 GHz频段（空对地）的500 MHz部分工作。系统中的各卫星在这些频段提供“弯管”通信信道。

3 计算19/29 GHz频段对GSO FSS网络干扰的关键参数

对于本实例中研究的非GSO FSS系统类型，下述参数对评估同频GSO FSS网络的干扰必不可少：

对 GSO FSS网络的下行链路干扰

- D1: GSO地球站和相关GSO卫星间视距有源发射非GSO卫星的最小角度间隔（见附件1中 θ_{D-min} 的定义）。
- D2: 因卫星群内各非GSO卫星发射引起的地表最大pfd（见附件1中 $pfd_{D-non-GSO-max}$ 的定义）。
- D3: 向地球相同地理区域发射的，同频非GSO卫星的最大数量。需要指出此类卫星的数量，作为时间比例的函数。（见附件1中 N_D 的定义）。
- D4: GSO接收地球站面向有源非GSO卫星的假设偏轴增益（见附件1中 $G_{GSO-ES-max}$ 的定义）。ITU-R S.465建议书提供了这方面的指导原则。
- D5: 假设为GSO下行链路晴空接收系统噪声温度（包括接收天线噪声）（见附件1中 T_{GSO-ES} 的定义）。出于保守，不需要将上行链路产生的总体链路劣化加入）。

针对 GSO FSS网络的上行链路干扰

- U1: 非GSO FSS发射地球站及相关非GSO卫星间视距内的GSO轨道最小角度间隔（度）。（见附件1中 θ_{U-min} 的定义）。
- U2: 非GSO发射地球站与相应最小角度间隔（ θ_{U-min} ）间的最大偏轴e.i.r.p.频谱密度（见附件1中 $e.i.r.p._{non-GSO-max}$ 的定义）。
- U3: 在地球某地理区域内，可能被单一GSO卫星接收波束接收的，同频非GSO发射地球站的最大数量（见附件1中 N_U 的定义）。
- U4: 假设为偏轴GSO卫星接收天线增益（见附件1中 $G_{GSO-SS-max}$ 的定义）。
- U5: 假设为GSO上行链路的晴空接收系统噪声温度（见附件1中 T_{GSO-SS} 的定义）。出于保守，不需要包括下行链路噪声。

4 计算下行链路对GSO网络的干扰

对于本文研究的非GSO系统（系统-1），计算此干扰所需的关键参数值如下：

- D1: GSO地球站与相关GSO卫星的视距范围内，有源发射非GSO卫星的最小角度间隔永远不会小于 30° 。
- D2: 卫星群内各非GSO卫星发射引起的最大地表pfd值，不会大于 -140 dB(W/(m² · 4 kHz))。

- D3: 向地球相同地理区域发射的同频非GSO卫星最大数量为2。这种情况会在非GSO有源卫星“设置”与“上升”的短时切换期间出现（根据非GSO卫星系统中卫星数量的不同，一般每8或6小时会出现10秒的切换时间）。10秒的切换时间短于总时间的0.05%。
- D4: 假设有源非GSO卫星接收的GSO接收地球站偏轴增益符合ITU-R S.465建议书的规定。
- D5: 假设晴空条件下GSO下行链路的接收系统噪声温度（包括接收天线噪声）采用500 K的保守值。这可以表示相当高性能的下行链路，并放弃上行链路对总体链路造成的劣化。

表1给出了如何将上述数值用作计算非GSO系统对任何同频GSO网络产生的最坏情况下下行链路干扰的关键参数。

表 1
19 GHz频段系统-1对GSO地球站产生的最差情况（短期）
下行链路干扰的计算实例

参数	单位	值
4 kHz时系统-1卫星的最大pfd	dB(W/(m ² · 4 kHz))	-140
GSO的轨道躲避角	度	30
GSO接收地球站对系统-1卫星产生的增益	dBi	-4.9
频率	GHz	19
GSO接收地球站面向系统-1卫星的有效孔径区	dB(m ²)	-52.0
4 kHz时GSO接收地球站的干扰信号功率	dB(W/4 kHz)	-192.0
GSO接收地球站的干扰信号功率频谱密度 (PSD)	dB(W/Hz)	-228.0
因两同时可的视系统-1卫星而造成干扰上升	dB	3
GSO接收地球站的干扰信号PSD (两颗系统-1卫星)	dB(W/Hz)	-225.0
GSO接收地球站的系统噪声温度 (假设值)	K	300
GSO接收地球站的系统噪声PSD	dB(W/Hz)	-203.8
GSO接收地球站输入端的 I_0/N_0 (最坏情况)	dB	-21.2
GSO接收地球站的 $\Delta T/T$ 劣化 (最坏情况)	%	0.76

表1中的分析始于系统-1卫星的最大下行链路pfd，如数据项D2所示。此后，基于最小30°的GSO轨道躲避角（数据项D1），假设在ITU-R S.465建议书（数据项D4）基础上计算出的GSO接收地球站天线偏轴增益为-4.9 dBi。使用19 GHz的适宜接收频率将此增益转换为有效孔径区(dB(m²))。使用有效的孔径区，可在4 kHz带宽内，简单地计算来自单一系统-1卫星的接收干扰信号功率。

允许使用两个同时可视的系统-1卫星（最坏情况，短期值），并将参考带宽调为1 Hz后，此集总干扰信号功率将与GSO地球站接收机（源自数据项D5）的内在噪声功率进行对比。基于此干扰噪声功率密度比， I_0/N_0 得出的数值为-21.2 dB，并将其表示为GSO接收地站性能相应的 $\Delta T/T$ 劣化，即0.76%。

在本附件的前几节，本建议书注意到上述分析高估了实际干扰，其原因在于假设的两颗干扰卫星将不会位于给定GSO地球站最小隔离角的位置。

5 计算对GSO网络产生的上行链路干扰

对于本建议书研究的候选非GSO系统，计算此干扰所需的关键参数值如下：

- U1: 非GSO发射地球站与相关非GSO卫星的视距范围内，GSO轨道的最小角度间隔永远不会小于 30° 。
- U2: 非GSO发射地球站的最大偏轴e.i.r.p.频谱密度使用最大输入PSD（晴空条件下为-21 (dB(W/4 kHz))，因使用上行链路功率控制而产生雨衰的情况下为-11 dB）以及GSO弧方向的非GSO发射地球站最大偏轴增益来计算。假设最大偏轴增益遵守ITU-R S.465建议书的规定。
- U3: 在地球特定地理区域内很可能被单一GSO卫星接收波束接收的同频非GSO发射地球站的最大数量与假设最大GSO卫星接收增益（见项目U4）之间存在直接的联系。当GSO卫星接收波束宽度小于非GSO卫星接收波束宽度（从地表测量）时，最大数量通常为1。只有当GSO卫星接收波束宽度大于非GSO卫星波束宽度时，非GSO发射上行链路可能产生多个同频发射。但是，在此情况下GSO卫星接收波束的峰值增益会下降，因此会降低上行链路灵敏度以及每个非GSO发射地球站的非GSO干扰电平。因此，可能出现的最坏情况为产生高增益GSO接收点波束，其波束宽度（从地表测量）明显低于非GSO卫星接收波束的波束宽度。针对上行链路干扰，计算中仅考虑同频非GSO发射地球站（即，假设为FDMA）。但是，为了解决切换问题，最坏情况上行链路干扰分析实际假设存在两个此类电台。
- U4: 参见数据项U3中有关对系统-1地球站产生的假设GSO卫星接收天线增益。
- U5: 假设晴空条件下GSO上行链路的接收系统噪声温度采用500 K的保守值。这可以表示相当高性能的卫星接收机，并保守地放弃下行链路对总体链路造成的劣化。

表2给出了如何将上述数值用作计算非GSO系统对任何同频GSO网络产生的最坏情况上行链路干扰的关键参数。

此表显示的两列用于计算：一列针对晴空条件，一列针对降雨条件，其中上行链路功率控制使发射功率达到了最大可用值，用以克服雨衰。事实上晴空计算是对上行链路干扰情况最务实的评估，因为在雨衰条件下，干扰信号路径亦可被假设为与系统-1中有效信号路径产生几乎相同数量的衰减。只有当面向GSO卫星的系统-1发射地球站的视距内没有衰落，而系统-1卫星的视距出现全面衰落的情况下，才会出现降雨条件下的干扰电平。此种条件极为罕见，且如果存在的话，时间会非常短。

表 2

29 GHz 频段内系统-1发射地球站对GSO卫星接收机产生的最坏情况上行链路干扰计算

参数	数值 (晴空)	数值 (降雨)	单位
4 kHz时系统-1地球站天线的最大PSD	-21	-11	dB(W/4 kHz)
GSO的轨道躲避角	30	30	度
系统-1发射地球站对GSO产生的增益	-4.9	-4.9	dBi
4 kHz时系统-1发射地球站对GSO卫星产生的e.i.r.p. 频谱密度	-25.9	-15.9	dB(W/4 kHz)
4 kHz时GSO卫星的pfd	-188.4	-178.4	dB(W/(m ² · 4 kHz))
频率	29	29	GHz
假设GSO卫星接收系统对系统-1地球站产生的增益	44	44	dBi
GSO卫星接收系统对系统-1地球站的有效孔径区	-6.7	-6.7	dB(m ²)
4 kHz时的GSO卫星接收干扰信号功率	-195.1	-185.1	dB(W/4 kHz)
GSO卫星接收干扰信号的PSD (一个系统-1地球站)	-231.1	-221.1	dB(W/Hz)
GSO卫星接收干扰信号PSD (两个系统-1地球站)	-228.1	-218.1	dB(W/Hz)
GSO卫星接收系统噪声温度 (假设值)	500	500	K
GSO卫星接收系统噪声PSD	-201.6	-201.6	dB(W/Hz)
GSO卫星接收输入端的I_0/N_0 (最坏情况)	-26.5	-16.5	dB
GSO卫星接收的$\Delta T/T$劣化 (最坏情况)	0.22	2.2	%

表2中的计算方法与下行链路所用方法相似（见表1）并在上文中通过U1与U5数据项进行了描述。

如上所述，此分析产生的 $\Delta T/T$ 值仅会在短期接收（根据非GSO卫星系统中卫星数量的不同，每8小时或6小时约为10秒，或低于总时间的0.05%）。由于非GSO地球站仅向一颗卫星发射，长期 I_0/N_0 值至少要低3 dB。此3 dB的削减将产生0.22%的 $\Delta T/T$ 值，雨衰情况下的功率控制为2.2%

附件 4

**应用本建议书附件2中所述方法计算
18/28 GHz频段非GSO HEO型FSS系统对GSO
FSS网络产生的最坏情况干扰电平的实例**

1 研究中的候选非GSO系统

这里研究的非GSO HEO型FSS系统建议使用对地同步椭圆轨道，以确保有源卫星与GSO轨道的大角度间隔。此系统，下文称为系统-2，将向甚小孔径终端（VSAT）等小型地球站提供卫星固定业务。

该系统包括三或四颗使用重复地面跟踪的卫星。图1所示为系统-2的星下地面跟踪，用粗线表示有源业务弧。系统的设计规定只有在轨道近地点部分，卫星速度最慢时，卫星才处于“有源”状态（即，发射或重发及接收无线电信号）。卫星群的“有源弧”仅当卫星在纬度 30° N以上时出现。应当注意，有时两颗卫星在一个给定有源弧（最初和最终的两个弧）内，执行内务操作和切换活动。此系统的设计使有源卫星始终与对地静止LoS有至少 30° 的间隔。因此，系统-2实现了优化的极高仰角组合，与对地静止卫星相比信号传播时延低，卫星切换的数量有限，且与GSO轨道间存在大角度间隔。

2 频段

建议系统-2在28 GHz频段（地对空）及18 GHz频段（空对地）工作。系统-2中的各卫星在这些频段提供“弯管”通信信道。

3 计算18/28 GHz频段对GSO FSS网络干扰的关键参数

对于本实例中研究的非GSO FSS系统类型，下述参数对评估同频GSO FSS网络的干扰必不可少：

对 GSO网络的下行链路干扰

- D1: GSO地球站和相关GSO卫星间视距有源发射非GSO卫星的最小角度间隔（参见附件2中 θ_{D-min} 的定义）。
- D2: 因卫星群内各非GSO卫星发射引起的地表最大pfd（参见附件2中 $pf_{D-non-GSO-max}$ 的定义）。
- D3: 向地球相同地理区域发射的，同频非GSO卫星的最大数量。需要指出此类卫星的数量，作为时间比例的函数。（参见附件2中 N_D 的定义）。

- D4: GSO接收地球站的假设最大和偏轴天线增益（参见附件2中 $G_{GSO-ES-max}$ 的定义）。ITU-R S.465建议书提供了这方面的指导原则。

针对GSO网络的上行链路干扰

- U1: 非GSO发射地球站及相关非GSO卫星间视距内的GSO轨道最小角度间隔。（参见附件2中 θ_{U-min} 的定义）。
- U2: 与非GSO发射地球站相应的最大偏轴e.i.r.p.频谱密度（参见附件2中 $e.i.r.p.non-GSSO-max$ 的定义）。
- U3: 在地球某地理区域内，可能被单一GSO卫星接收波束接收的，同频非GSO发射地球站的最大数量（参见附件2中 N_U 的定义）。
- U4: 假设为最大及偏轴GSO卫星接收天线增益（参见附件2中 $G_{GSO-SS-max}$ 的定义）。

4 计算下行链路对GSO网络的干扰

对于本文研究的候选非GSO系统（系统-2），计算此干扰所需的关键参数值如下：

- D1: GSO地球站与相关GSO卫星的视距范围内，有源发射非GSO卫星的最小角度间隔永远不会小于 30° 。
- D2: 卫星群内各非GSO卫星发射引起的最大地表pfd值，不会大于 $-140 \text{ dB(W/(m}^2 \cdot 4 \text{ kHz))}$ 。
- D3: 向地球相同地理区域发射的同频非GSO卫星最大数量为2。这种情况会在非GSO有源卫星“设置”与“上升”的短时切换期间出现（根据非GSO卫星系统中卫星数量的不同，一般每8或6小时会出现10秒的切换时间）。10秒的切换时间短于总时间的0.05%。
- D4: 假设GSO接收地球站的最大和偏轴增益符合ITU-R S.465建议书的规定。

表3给出了如何将上述数值用作计算非GSO系统对任何同频GSO网络产生的最坏情况下行链路干扰的关键参数。

表3中的分析始于系统-2卫星的最大下行链路pfd，如数据项D2所示。此后，基于最小 30° 的GSO轨道躲避角（数据项D1），假设在ITU-R S.465建议书（数据项D4）基础上计算出的GSO接收地球站天线偏轴增益为 -4.9 dBi 。使用最大和偏轴天线增益，可在4 kHz带宽内，简单地计算来自单一系统-2卫星的接收干扰信号功率。允许使用两个同时可视的系统-2卫星（最坏情况，短期值），并将参考带宽调为40 kHz后，可获得此集总干扰信号在40 kHz下的 $epfd_{\downarrow}$ 。

在本附件的前几节，本建议书注意到上述分析高估了实际干扰，其原因在于假设的两颗干扰卫星将不会位于给定GSO地球站最小隔离角的位置。

表 3

**18 GHz频段系统-2对GSO地球站产生的最差情况（短期）
下行链路干扰的计算实例**

参数	单位	值
4 kHz时系统-2卫星的最大pfd	dB(W/(m ² · 4 kHz))	-140
GSO的轨道躲避角	度	30
频率	GHz	18
最大GSO接收地球站增益（1 m）	dBi	43.3
GSO接收地球站对系统-2星产生的增益	dBi	-4.9
4 kHz时GSO接收地球站的干扰信号epfd _↓ 电平	dB(W/(m ² · 4 kHz))	-188.2
40 kHz时GSO接收地球站的干扰信号epfd _↓ 电平	dB(W/(m ² · 40 kHz))	-178.2
因两同时可的视系统-2卫星而造成干扰上升	dB	3
40 kHz时GSO接收地球站的干扰信号epfd _↓ 电平（两颗系统-2卫星）GSO Rx地球站	dB(W/(m ² · 40 kHz))	-175.2

5 计算对GSO FSS网络产生的上行链路干扰

对于本建议书研究的非GSO系统（系统-2），计算此干扰所需的关键参数值如下：

- U1: 非GSO发射地球站与相关非GSO卫星的视距范围内，GSO轨道的最小角度间隔永远不会小于30°。
- U2: 非GSO发射地球站的最大偏轴e.i.r.p.频谱密度使用最大输入PSD（晴空条件下为-21 dB(W/4 kHz)，因使用上行链路功率控制而产生雨衰的情况下为-11 dB(W/4 kHz)）以及GSO弧方向的非GSO发射地球站最大偏轴增益来计算。假设最大偏轴增益遵守ITU-R S.465建议书的规定。
- U3: 在地球特定地理区域内很可能被单一GSO卫星接收波束接收的同频非GSO发射地球站的最大数量与假设系统-2最大GSO卫星接收增益（见项目U4）之间存在直接的联系。当GSO卫星接收波束宽度小于非GSO卫星接收波束宽度（从地表测量）时，最大数量通常为1。只有当GSO卫星接收波束宽度大于非GSO卫星波束宽度时，非GSO发射上行链路可能产生多个同频发射。但是，在此情况下GSO卫星接收波束的峰值增益会下降，因此会降低上行链路灵敏度以及每个非GSO发射地球站的非GSO干扰电平。因此，可能出现的最坏情况为产生高增益GSO接收点波束，其波束宽度（从地表测量）明显低于非GSO卫星接收波束的波束宽度。针对上行链路干扰，计算中仅考虑同频非GSO发射地球站（即，假设为FDMA）。但是，为了解决切换问题，最坏情况上行链路干扰分析实际假设存在两个此类电台。

U4: 参见数据项U3中对系统-2地球站产生的假设GSO卫星接收天线增益。此外，还要求提供最大GSO卫星接收天线增益。出于保守，针对上行链路干扰的计算，此最大天线增益假设等于面向系统-2地球站的增益。

表4给出了如何将上述数值用作计算非GSO系统对任何同频GSO网络产生的最坏情况上行链路干扰的关键参数。此表显示的两列用于计算：一列针对晴空条件，一列针对降雨条件，其中上行链路功率控制使发射功率达到了最大可用值，用以克服雨衰。事实上晴空计算是对上行链路干扰情况最务实的评估，因为在雨衰条件下，干扰信号路径亦可假设与系统-2中有用信号路径产生几乎相同数量的衰减。只有当面向GSO卫星的系统-2发射地球站的视距内没有衰落，而系统-2卫星的视距出现全面衰落的情况下，才会出现降雨条件下的干扰电平。此种条件极为罕见，且如果存在的话，时间会非常短。

表 4

28 GHz 频段内系统-2发射地球站对GSO卫星接收机产生的最坏情况上行链路干扰计算

参数	数值 (晴空)	数值 (降雨)	单位
4 kHz时系统-2地球站天线的最大PSD	-21	-11	dB(W/4 kHz)
GSO的轨道躲避角	30	30	度
系统-2发射地球站对GSO产生的增益	-4.9	-4.9	dBi
4 kHz时系统-2发射地球站对GSO卫星产生的e.i.r.p. 频谱密度	-25.9	-15.9	dB(W/4 kHz)
4 kHz时GSO卫星的pfd	-188.4	-178.4	dB(W/(m ² · 4 kHz))
频率	28	28	GHz
假设GSO卫星接收系统对系统-2地球站产生的增益	44	44	dBi
最大GSO卫星增益（假设）	44	44	dBi
4 kHz时的GSO卫星接收干扰信号epfd _□ 电平	-188.4	-178.4	dB(W/(m ² · 4 kHz))
40 kHz时的GSO卫星接收干扰信号epfd _□ （一个系统-2地球站）	-178.4	-168.4	dB(W/(m ² · 40 kHz))
40 kHz时的GSO卫星接收干扰信号epfd _□ （两个系统-2地球站）	-175.4	-165.4	dB(W/(m ² · 40 kHz))

表4中的计算方法与下行链路所用方法相似（见表3）并在上文中通过U1与U4数据项进行了描述。

如上所述，此分析产生的epfd_↑电平仅会在短期接收（根据非GSO卫星系统中卫星数量的不同，每8小时或6小时约为10秒，或低于总时间的0.05%）。由于非GSO地球站仅向一颗卫星发射，长期epfd_↑电平值至少要低3 dB。