

# ITU-R S.2157-0建议书

(09/2023)

S系列：卫星固定业务

评估任一非对地静止卫星系统对**37.5-39.5 GHz**（空对地）、**39.5-42.5 GHz**（空对地）、**47.2-50.2 GHz**（地对空）和**50.4-51.4 GHz**（地对空）频段内一组全球通用对地静止卫星参考链路的干扰的程序



## 前言

无线电通信部门的职责是确保所有无线电通信业务（包括卫星业务）合理、公平、有效和经济地使用无线电频谱，在不受频率范围限制的情况下开展研究，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研究组支持的世界和区域无线电通信大会以及无线电通信全会来执行。

## 知识产权政策（IPR）

ITU-R的知识产权政策在ITU-R第1号决议所参引的《ITU-T/ITU-R/ISO/IEC通用专利政策》中进行描述。专利持有者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/zh>处获取，在此还可获取《ITUT/ITUR/ISO/IEC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/zh>）

系列	标题
<b>BO</b>	卫星传送
<b>BR</b>	录制制作、存档和播出；电视电影
<b>BS</b>	广播业务（声音）
<b>BT</b>	广播业务（电视）
<b>F</b>	固定业务
<b>M</b>	移动、无线电测定、业余和相关卫星业务
<b>P</b>	无线电波传播
<b>RA</b>	射电天文学
<b>RS</b>	遥感系统
<b>S</b>	<b>卫星固定业务</b>
<b>SA</b>	空间应用和气象
<b>SF</b>	卫星固定和固定业务系统间的频率共用和协调
<b>SM</b>	频谱管理
<b>SNG</b>	卫星新闻采集
<b>TF</b>	时间信号和频率标准发射
<b>V</b>	词汇和相关科目

**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。

电子出版物  
2024年，日内瓦

© 国际电联 2024

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.2157-0建议书

评估任一非对地静止卫星系统对37.5-39.5 GHz（空对地）、  
39.5-42.5 GHz（空对地）、47.2-50.2 GHz（地对空）  
和50.4-51.4 GHz（地对空）频段内一组全球  
通用对地静止卫星参考链路的干扰的程序

（2023年）

说明 – 批准本建议书不应被解释为ITU-R直接或间接表达了对关于WRC-23议项7议题G的CPM报告中所含任何方法的支持<sup>1</sup>。

## 范围

本建议书提供了用于评估任一非对地静止卫星轨道（*non-GSO*）系统是否符合《无线电规则》（RR）第22.5L款的程序，以便确保保护在37.5-39.5 GHz（空对地）、39.5-42.5 GHz（空对地）、47.2-50.2 GHz（地对空）和50.4-51.4 GHz（地对空）频段内的对地静止卫星轨道（*GSO*）卫星网络。

## 关键词

单入允许干扰、链路性能劣化、自适应编码和调制、*GSO*通用参考链路、可用性和频谱效率、雨衰

## 缩写词/词汇表

ACM 自适应编码和调制

CDF 累积分布函数

EPFD 等效功率通量密度

PDF 概率密度函数

## 相关的国际电联建议书、报告

ITU-R P.618建议书 – 地空通信系统设计所需的传播数据和预测方法

ITU-R S.1503建议书 – 开发用于确定非对地静止卫星轨道卫星固定业务系统或网络是否符合《无线电规则》第22条所含的限值的软件工具时采用的功能描述

ITU-R S.2131建议书 – 用于确定使用自适应编码和调制的卫星假设参考数字路径的性能目标的方法

国际电联无线电通信全会，

考虑到

a) 对地静止卫星轨道（*GSO*）和非对地静止卫星轨道（*non-GSO*）卫星固定业务（*FSS*）网络可在37.5-39.5 GHz（空对地）、39.5-42.5 GHz（空对地）、47.2-50.2 GHz（地对空）和50.4-51.4 GHz（地对空）频段内操作；

---

<sup>1</sup> 秘书处的说明：本说明将在WRC-23之后删去。

b) WRC-19通过了第**22.5L**款和第**22.5M**款，上述条款包含37.5-39.5 GHz（空对地）、39.5-42.5 GHz（空对地）、47.2-50.2 GHz（地对空）和50.4-51.4 GHz（地对空）频段内non-GSO FSS系统的单入和集总限值，以保护在同频段操作的GSO网络，

认识到

a) 国际电联无线电通信部门（ITU-R）已开发一种方法，包含在ITU-R S.1503建议书中，由此得出任一所审议non-GSO FSS系统产生的等效功率通量密度（epfd）；

b) 根据使用ITU-R S.1503建议书进行的计算，能够采用一组GSO通用参考链路预算完成对任一non-GSO系统全球epfd干扰的验证，该组链路具有涵盖全球与任何具体地理位置无关的GSO网络部署的特性；

c) 第**769**号决议（**WRC-19**）解决了保护GSO网络免受non-GSO系统集总发射干扰的问题，

建议

应考虑采用附件1和附件2中规定的程序来评估任一non-GSO系统是否符合《无线电规则》第**22.5L**款，以便确保保护在37.5-39.5 GHz（空对地）、39.5-42.5 GHz（空对地）、47.2-50.2 GHz（地对空）和50.4-51.4 GHz（地对空）频段内的GSO卫星网络。

## 附件1

### 无线电通信局在审查37.5-39.5 GHz（空对地）、39.5-42.5 GHz（空对地）、47.2-50.2 GHz（地对空）和50.4-51.4 GHz（地对空）频段内non-GSO FSS系统是否符合《无线电规则》第22.5L款时所用的程序

本附件概述了使用第**770**号决议（**WRC-19**）附件1中GSO通用参考链路参数来验证non-GSO卫星系统对GSO卫星网络的单入允许干扰是否合规的过程，以及使用ITU-R S.1503建议书最新版本来验证干扰影响的过程。用于确定是否符合单入允许干扰的程序依赖于以下原则。

原则1：验证中考虑的链路性能劣化的两个时变量是使用第**770**号决议（**WRC-19**）中所述GSO通用参考链路特性的链路衰落（来自雨）和来自一个non-GSO系统的干扰。给定载波在参考带宽内总的C/N是：

$$C/N = C/(N_T + I) \quad (1)$$

其中：

- C: 参考带宽内的有用信号功率（W），它作为衰落的函数以及传输配置的函数而变化
- N: 参考带宽内的噪声功率（W）
- $N_T$ : 参考带宽内总的系统噪声功率（W）
- I: 由其他网络产生的、参考带宽内时变干扰功率（W）。

原则2：通过计算作为 $C/N$ 函数的吞吐量劣化，频谱效率的计算主要集中于采用自适应编码和调制（ACM）的卫星系统，它随着影响卫星链路的长期传播和干扰而变化。

原则3：在下行链路方向上的衰落事件期间，在共极化载波假设下，干扰载波将与有用载波衰落同样的量。这一原则导致稍微地低估了对下行链路干扰的影响。

### 实施验证算法

第770号决议（WRC-19）附件1中所述的GSO通用参考链路参数应按下述算法使用，以确定一个non-GSO FSS网络是否符合《无线电规则》第22.5L款。

在参量化分析中，第770号决议（WRC-19）附件1中表1和表2第2节中的以下每个参数都有一个取值范围：

- e.i.r.p.密度变化量
- 仰角（度）
- 降雨量（米）
- 纬度（度）
- 0.01%降雨率（mm/hr）
- 地球站高度（米）
- 地球站噪声温度（K）或卫星噪声温度（K），视情况而定。

应使用第770号决议（WRC-19）附件1中表1和表2第1节中确定的每个业务的一个例子以及表1和表2第2节中每个参量化分析参数的一个值来创建一组GSO通用参考链路。然后使用这组GSO通用参考链路，应执行以下过程：

第2步除外，以下步骤中应使用的频率是针对空对地方向的37.5 GHz和针对地对空方向的47.2 GHz。通过将ITU-R S.1503建议书中的方法应用于non-GSO系统提交的频率和适用《无线电规则》第22.5L款的频段，来确定第2步中应使用的频率 $f_{GHz}$ 。

对于每个GSO通用参考链路

{

第0步：确定该GSO通用参考链路是否有效，然后选择适当的门限值

如果该GSO通用参考链路有效，则

{

第1步：推导卷积中所用的雨衰概率密度函数（PDF）

第2步：应使用ITU-R S.1503建议书来推导来自non-GSO FSS系统的EPFD的PDF

第3步：使用雨衰的PDF和EPFD的PDF进行修正卷积（空对地）或卷积（地对空）。该卷积产生 $C/N$ 和 $C/(N_T+I)$ 的PDF

第4步：使用该 $C/N$ 和 $C/(N_T+I)$ 来确定是否符合《无线电规则》第22.5L款

}

}

如果发现所审查的non-GSO系统对所有GSO通用参考链路均符合《无线电规则》第22.5L款，则审查结果为合格，否则审查结果为不合格。

针对空对地和地对空程序，对这些步骤中的每一步，都分别在本附件的后附资料1和后附资料2中做了进一步的描述。

## 附件1的 后附资料1

### 在37.5-39.5 GHz和39.5-42.5 GHz频段内空对地 方向上适用的步骤，以确定是否符合 《无线电规则》第22.5L款

采用以下步骤来确定来自non-GSO系统的单入干扰对GSO通用参考链路的可用度和频谱效率的影响。使用第770号决议（WRC-19）附件1的GSO通用参考链路参数时，考虑所有可能的参量化组合，以及最新版本的ITU-R S.1503建议书最坏几何场景（WCG）epfd输出结果。ITU-R S.1503建议书的输出结果是一组关于non-GSO系统产生的干扰的统计数据。而后这些干扰统计数据用于确定对每个GSO通用参考链路产生的干扰影响。

#### 第0步：验证GSO通用参考链路并选择C/N门限值

应使用以下步骤来确定GSO通用参考链路是否有效，如果有效，应选择哪个 $\left(\frac{C}{N}\right)_{Thr,i}$ 门限值。假设 $R_s = 6\,378.137\text{ km}$ 、 $R_{geo} = 42\,164\text{ km}$ 、 $k_{dB} = -228.6\text{ dB(J/K)}$ 且 $c = 2.99792458 \times 10^5\text{ km/s}$ 。

注意：“累积分布函数”这一术语意在根据上下文包含互补累积分布函数的概念。

- 1) 使用以下公式计算以dBi为单位的地球站峰值增益：

对于 $20 \leq D/\lambda \leq 100$

$$G_{max} = 20 \log \left( \frac{D}{\lambda} \right) + 7.7 \quad \text{dBi}$$

对于 $D/\lambda > 100$

$$G_{max} = 20 \log \left( \frac{D}{\lambda} \right) + 8.4 \quad \text{dBi}$$

- 2) 使用以下公式计算以千米（km）为单位的斜距：

$$d_{km} = R_s \left( \sqrt{\frac{R_{geo}^2}{R_s^2} - \cos^2(\epsilon)} - \sin(\epsilon) \right)$$

- 3) 使用以下公式计算以dB为单位的自由空间路径损耗：

$$L_{fs} = 92.45 + 20 \log(f_{GHz}) + 20 \log(d_{km})$$

- 4) 考虑附加链路损耗，计算以dBW为单位的参考带宽内的有用信号功率：

$$C = eirp + \Delta eirp - L_{fs} + G_{max} - L_o$$

- 5) 使用以下公式计算以dBW/MHz为单位的参考带宽内总的噪声功率：

$$N_T = 10\log(T \cdot B_{MHz} \cdot 10^6) + k_{dB} + M_{ointra} + M_{ointer}$$

- 6) 对于每个 $(C/N)_{Thr,i}$ 门限值，推导该情况下以dB为单位的降水可用余量：

$$A_{rain,i} = C - N_T - \left(\frac{C}{N}\right)_{Thr,i}$$

- 7) 如果对于每个 $(C/N)_{Thr,i}$ 门限值，余量 $A_{rain,i} \leq A_{min}$ ，则该GSO通用参考链路无效。

- 8) 对于每个 $A_{rain,i} > A_{min}$ 的 $(C/N)_{Thr,i}$ 门限值，进行第9步。

- 9) 使用本建议书附件2中的降水模型以及选定的降雨率、地球站高度、降雨量、地球站纬度、仰角、频率，计算雨衰余量，并假定为垂直极化，计算相关的时间百分比 $P_{rain,i}$ 。

- 10) 如果对于每个 $(C/N)_{Thr,i}$ 门限值，相关的时间百分比不在以下范围内：

$$0.01\% \leq P_{rain,i} \leq 10\%$$

则该GSO通用参考链路无效。

- 11) 如果至少有一个门限值满足第7步和第10步中的标准，则在分析中使用满足这些标准的最低的 $(C/N)_{Thr}$ 门限值。

注： $A_{min}$ 为3 dB。

### 第1步：生成雨衰概率密度函数（PDF）

应使用本建议书附件2，根据选定的降雨率、地球站高度、地球站纬度、降雨量、仰角、频率（汇总于附件2的表2中），并假定垂直极化，来生成雨衰PDF，如下所示：

- 1) 使用 $p = p_{min}$ ，计算最大衰落深度 $A_{rain}(p)$ ，注意：在附件2中提供 $p_{min}$ 。
- 2) 在0 dB与四舍五入到 $(A_{rain}(p_{min})) + 0.1$  dB小数点右边一位数之间创建一组 $N$ 个量化间隔为0.1的雨衰点 $A_{rain}$ 。
- 3) 对于每个雨衰点，确定相关的概率 $p$ ，以创建 $A_{rain}$ 的累积分布函数（CDF）：

$$CDF_n = \text{概率}, \text{当 } A_{rain} \geq ((n-1) * 0.1) \text{ dB} \quad \text{对于 } n < N$$

$$CDF_n = 0\% \quad \text{对于 } n = N$$

其中， $n = 1, 2, 3, \dots, N$ 。

- 4) 对于每个雨衰点，将该CDF转换为 $A_{rain}$ 的PDF：

$$PDF_n = \frac{CDF_n - CDF_{n+1}}{100} \quad \text{对于 } n < N$$

$$PDF_n = 0\% \quad \text{对于 } n = N$$

其中， $\sum_{n=1}^N PDF_n = 1$ 。

应使用0.1 dB的量化间隔，以确保与ITU-R S.1503建议书的输出结果一致。CDF的每个点都包含雨衰至少为 $A_{rain}$  dB的概率。PDF的每个点都包含雨衰介于 $A_{rain}$ 和 $A_{rain} + 0.1$  dB之间的概率。

## 第2步：生成epfd的PDF

应使用ITU-R S.1503建议书，根据non-GSO FSS参数以及频率、天线口径和地球站天线增益方向图来确定epfd的CDF。将根据ITU-R S.1503建议书的最坏几何场景来计算epfd的CDF。epfd的CDF将由 $N$ 个间隔为0.1 dB的点组成。

而后应将epfd的CDF转换为PDF，如下所示：

- 1) 确保epfd的CDF第一个点的时间百分比为100%，最后一个点的时间百分比为0%。
- 2) 对于每个点，将该CDF转换为epfd的PDF：

$$PDF_n = \frac{CDF_n - CDF_{n+1}}{100} \quad \text{对于 } n < N$$

$$PDF_n = 0 \quad \text{对于 } n = N$$

其中， $\sum_{n=1}^N PDF_n = 1$ 。

epfd的CDF的每个点都包含epfd在参考带宽内至少为 $X$  dB W/m<sup>2</sup>的概率。PDF的每个点都包含epfd在 $X$ 与 $X + 0.1$  dB之间的概率。

## 第3步：用雨衰的PDF和epfd的PDF进行修正卷积，生成 $C/N$ 和 $C/(N+I)$ 的CDF

对于选定的GSO通用参考链路，应使用以下步骤进行修正离散卷积来生成 $C/N$ 和 $C/(N+I)$ 的PDF：

使用0.1 dB的量化间隔初始化 $C/N$ 和 $C/(N+I)$ 的分布

使用以下公式计算波长为 $\lambda$ 的全向天线的有效面积：

$$A_{ISO} = 10 \log \left( \frac{\lambda^2}{4\pi} \right)$$

考虑附加链路损耗和覆盖范围边缘处的增益，计算有用信号功率：

$$C = eirp + \Delta eirp - L_{fs} + G_{max} - L_o$$

使用以下公式计算系统噪声功率：

$$N_T = 10 \log(T \cdot B_{MHz} \cdot 10^6) + k_{dB} + M_{ointra}$$

对于雨衰PDF中的每个 $A_{rain}$ 值

{

使用以下公式计算衰落后的有用信号功率：

$$C_f = C - A_{rain}$$

使用以下公式计算 $C/N$ ：

$$\frac{C}{N} = C_f - N_T$$

使用该 $C/N$ 和该 $A_{rain}$ 相关的概率更新 $C/N$ 的分布

对于EPFD PDF中的每个EPFD值

{

使用以下公式，考虑雨衰，使用EPFD计算干扰：



$$I = EPFD + G_{peak} + A_{iso} - A_{rain}$$

使用以下公式计算噪声加干扰:

$$(N_T + I) = 10 \log(10^{N_T/10} + 10^{I/10})$$

使用以下公式计算 $C/(N+I)$ :

$$\frac{C}{N+I} = C_f - (N_T + I)$$

确定与该 $C/(N+I)$ 值相关的 $C/(N+I)$ 点

使用该雨衰和EPFD的概率之积来增加该点的概率

}

}

#### 第4步: 将 $C/N$ 和 $C/(N+I)$ 的分布用于《无线电规则》第22.5L款中的标准

而后应使用 $C/N$ 和 $C/(N+I)$ 的分布来检查《无线电规则》第22.5L款中的可用性和频谱效率标准, 如下所示:

##### 第4A步: 检查不可用性的增加

对于GSO通用参考链路, 使用选定的 $\left(\frac{C}{N}\right)_{Thr}$  门限值, 来确定如下参数:

$$U_R = \text{来自所有 } C/N < \left(\frac{C}{N}\right)_{Thr} \text{ 的点的概率之和}$$

$$U_{RI} = \text{来自所有 } C/(N+I) < \left(\frac{C}{N}\right)_{Thr} \text{ 的点的概率之和}$$

然后, 验证是否符合条款的条件为:

$$U_{RI} \leq 1.03 \times U_R$$

##### 第4B步: 检查时间加权平均频谱效率的减少

确定长期时间加权平均频谱效率 $SE_R$ , 假设只受降水影响:

$$\text{设置 } SE_R = 0$$

对于 $C/N$  PDF中高于 $\left(\frac{C}{N}\right)_{Thr}$  门限值的所有点

{

应使用ITU-R S.2131-1建议书附件中的公式(3)将 $C/N$ 转换为频谱效率

将频谱效率乘以与这一 $C/N$ 相关的概率作为 $SE_R$ 的增量

}

确定长期时间加权平均频谱效率 $SE_{RI}$ , 假设受到降水和干扰影响:

$$\text{设置 } SE_{RI} = 0$$

对于 $C/(N+I)$  PDF中高于 $\left(\frac{C}{N}\right)_{Thr}$  门限值的所有点

{

应使用ITU-R S.2131-1建议书附件中的公式(3)将 $C/(N+I)$ 转换为频谱效率  
将频谱效率乘以与这一 $C/(N+I)$ 相关的概率作为 $SE_{RI}$ 的增量

}

然后，验证是否符合条款的条件为：

$$SE_{RI} \geq SE_R * (1 - 0.03)$$

## 附件1的 后附资料2

### 在47.2-50.2 GHz和50.4-51.4 GHz频段内 地对空方向上适用的算法步骤， 以确定是否符合《无线电 规则》第22.5L款

采用以下步骤来确定来自non-GSO系统的单入干扰对GSO通用参考链路的可用度和频谱效率的影响。使用第770号决议（WRC-19）附件1的GSO通用参考链路参数时，考虑所有可能的参量化组合，以及最新版本的ITU-R S.1503建议书最坏几何场景（“WCG”）epfd输出结果。ITU-R S.1503建议书的输出结果是一组关于non-GSO系统产生的干扰的统计数据。而后这些干扰统计数据用于确定对每个GSO通用参考链路产生的干扰影响。

#### 第0步：验证GSO通用参考链路并选择 $C/N$ 门限值

应使用以下步骤来确定GSO通用参考链路是否有效，如果有效，应选择哪个 $\left(\frac{C}{N}\right)_{Thr,i}$  门限值。假设 $R_s = 6\,378.137$  km、 $R_{geo} = 42\,164$  km、 $k_{dB} = -228.6$  dB(J/K)且 $c = 2.99792458 \times 10^5$  km/s。

注意：“累积分布函数”这一术语意在根据上下文包含互补累积分布函数的概念。

- 1) 使用以下公式计算以千米（km）为单位的斜距：

$$d_{km} = R_s \left( \sqrt{\frac{R_{geo}^2}{R_s^2} - \cos^2(\epsilon)} - \sin(\epsilon) \right)$$

- 2) 使用以下公式计算以dB为单位的自由空间路径损耗：

$$L_{fs} = 92.45 + 20 \log(f_{GHz}) + 20 \log(d_{km})$$

- 3) 考虑附加链路损耗和覆盖范围边缘处的增益，计算以dBW为单位的参考带宽内的有用信号功率：

$$C = eirp + \Delta eirp - L_{fs} + G_{max} - L_o + G_{rel}$$

- 4) 使用以下公式计算以dBW/MHz为单位的参考带宽内总的噪声功率：

$$N_T = 10 \log(T \cdot B_{MHz} \cdot 10^6) + k_{dB} + M_{ointra} + M_{ointer}$$

- 5) 对于每个 $(C/N)_{Thr,i}$ 门限值，推导该情况下以dB为单位的降水余量：

$$A_{rain,i} = C - N_T - \left(\frac{C}{N}\right)_{Thr,i}$$

- 6) 如果对于每个 $(C/N)_{Thr,i}$ 门限值，余量 $A_{rain,i} \leq A_{min}$ ，则该GSO通用参考链路无效。  
 7) 对于每个 $A_{rain,i} > A_{min}$ 的 $(C/N)_{Thr,i}$ 门限值，进行第8步。  
 8) 使用附件2中的降水模型以及选定的降雨率、地球站高度、降雨量、地球站纬度、仰角、频率，计算雨衰余量，并假定为垂直极化，计算相关的时间百分比 $p_{rain,i}$ 。  
 9) 如果对于每个 $(C/N)_{Thr,i}$ 门限值，相关的时间百分比不在以下范围内：

$$0.01\% \leq p_{rain,i} \leq 10\%$$

则该GSO通用参考链路无效。

- 10) 如果至少有一个门限值满足第6步和第9步中的标准，则在分析中应使用满足这些标准的最低的 $(C/N)_{Thr}$ 门限值。

注 -  $A_{min}$ 为3 dB，相对于朝向地球站时的峰值的增益 $G_{rel} = -3$  dB。

### 第1步：生成雨衰概率密度函数（PDF）

应使用本建议书附件2，根据选定的降雨率、地球站高度、地球站纬度、降雨量、仰角、频率，并假定垂直极化，来生成雨衰PDF，如下所示：

- 1) 使用 $p = p_{min}$ ，计算最大衰落深度 $A_{rain}(p)$ ，注意：在附件2中提供 $p_{min}$ 。
- 2) 在0 dB与四舍五入到 $(A_{rain}(p_{min})) + 0.1$  dB小数点右边一位数之间创建一组 $N$ 个量化间隔为0.1 dB的点。
- 3) 对于每个点，确定相关的概率 $p$ ，以创建 $A_{rain}$ 的累积分布函数（CDF）

$$CDF_n = \text{概率}, \text{ 当 } A_{rain} \geq ((n-1) * 0.1) \text{ dB} \quad \text{对于 } n < N$$

$$CDF_n = 0\% \quad \text{对于 } n = N$$

其中， $n = 1, 2, 3, \dots, N$ 。

- 4) 对于每个点，将该CDF转换为 $A_{rain}$ 的PDF

$$PDF_n = CDF_n - CDF_{n+1} \quad \text{对于 } n < N$$

$$PDF_n = 0\% \quad \text{对于 } n = N$$

其中， $\sum_{n=1}^N PDF_n = 100\%$

应使用0.1 dB的量化间隔，以确保与ITU-R S.1503建议书的输出结果一致。CDF的每个点都包含雨衰至少为 $A_{rain}$  dB的概率。PDF的每个点都包含雨衰介于 $A_{rain}$ 和 $A_{rain} + 0.1$  dB之间的概率。

### 第2步：生成epfd的PDF

应使用ITU-R S.1503建议书，根据non-GSO FSS参数以及频率、天线口径和地球站天线增益方向图来确定epfd的CDF。将根据ITU-R S.1503建议书的最坏几何场景来计算epfd的CDF。

而后应将epfd的CDF转换为PDF。

**第3步：用雨衰的PDF和epfd的PDF进行卷积，生成C/N和C/(N+I)的CDF**

对于选定的GSO通用参考链路，应使用以下步骤进行离散卷积来生成C/N和C/(N+I)的PDF：

使用0.1 dB的量化间隔初始化C/N和C/(N+I)的分布

使用以下公式计算波长为 $\lambda$ 的全向天线的有效面积：

$$A_{ISO} = 10 \log \left( \frac{\lambda^2}{4\pi} \right)$$

考虑附加链路损耗和覆盖范围边缘处的增益，计算有用信号功率：

$$C = eirp + \Delta eirp - L_{fs} + G_{max} - L_o + G_{rel}$$

使用以下公式计算系统噪声功率：

$$N_T = 10 \log(T \cdot B_{MHz} \cdot 10^6) + k_{dB} + M_{ointra}$$

对于雨衰PDF中的每个 $A_{rain}$ 值

{

使用以下公式计算衰落后的有用信号功率：

$$C_f = C - A_{rain}$$

使用以下公式计算C/N：

$$\frac{C}{N} = C_f - N_T$$

用该C/N和该 $A_{rain}$ 相关的概率更新C/N的分布

对于EPFD PDF中的每个EPFD值

{

使用EPFD计算干扰：

$$I = EPFD + G_{peak} + A_{iso}$$

使用以下公式计算噪声加干扰：

$$(N_T + I) = 10 \log(10^{N_T/10} + 10^{I/10})$$

使用以下公式计算C/(N+I)：

$$\frac{C}{N+I} = C_f - (N_T + I)$$

确定与该C/(N+I)值相关的C/(N+I)点

用该雨衰和EPFD的概率之积来增加该点的概率

}

}

**第4步：将 $C/N$ 和 $C/(N+I)$ 的分布用于《无线电规则》第22.5L款中的标准**

而后应使用 $C/N$ 和 $C/(N+I)$ 的分布来检查《无线电规则》第22.5L款中的可用性和频谱效率标准，如下所示：

**第4A步：检查不可用性的增加**

对于GSO通用参考链路，使用选定的 $\left(\frac{C}{N}\right)_{Thr}$  门限值，来确定如下参数：

$U_R =$  来自所有 $C/N < \left(\frac{C}{N}\right)_{Thr}$  的点的概率之和

$U_{RI} =$  来自所有 $C/(N+I) < \left(\frac{C}{N}\right)_{Thr}$  的点的概率之和

然后，验证是否符合条款的条件为：

$$U_{RI} \leq 1.03 \times U_R$$

**第4B步：检查时间加权平均频谱效率的减少**

确定长期时间加权平均频谱效率 $SE_R$ ，假设只受降水影响：

设置 $SE_R = 0$

对于 $C/N$  PDF中高于 $\left(\frac{C}{N}\right)_{Thr}$  门限值的所有点

{

应使用ITU-R S.2131-1建议书附件中的公式(3)将 $C/N$ 转换为频谱效率

将频谱效率乘以与这一 $C/N$ 相关的概率作为 $SE_R$ 的增量

}

确定长期时间加权平均频谱效率 $SE_{RI}$ ，假设受到降水和干扰影响：

设置 $SE_{RI} = 0$

对于 $C/(N+I)$  PDF中高于 $\left(\frac{C}{N}\right)_{Thr}$  门限值的所有点

{

应使用ITU-R S.2131-1建议书附件中的公式(3)将 $C/(N+I)$ 转换为频谱效率

将频谱效率乘以与这一 $C/(N+I)$ 相关的概率作为 $SE_{RI}$ 的增量

}

然后，验证是否符合条款的条件为：

$$SE_{RI} \geq SE_R * (1 - 0.03)$$

## 附件2

## 计算雨衰统计数据

应使用的长期雨衰统计数据由以下公式来提供：

$$\begin{array}{ll}
 A_{rain}(p_{min}) & \text{对于 } 0\% \leq p \leq p_{min} \\
 A_{rain}(p) & \text{对于 } p_{min} < p \leq p_1 \\
 A_{rain}(p_1)(\log_{10}(p) - 1)/(\log_{10}(p_1) - 1) & p_1 < p \leq p_{max} \\
 0 \text{ dB} & p_{max} < p \leq 100\%
 \end{array}$$

其中 $p_{max}$ 是高于0 dB的雨衰概率（参见第770号决议（WRC-19）附件1中表1和表2中有关2.9的参数）； $A_{rain}(p)$ 采用ITU-R P.618-13建议书第2.2.1.1段计算得到； $p_1$ 和 $p_{min}$ 在针对GSO空对地方向（ $F = 37.5$  GHz）的表1、针对GSO地对空方向（ $F = 47.2$  GHz）的表2中提供，针对空对地和地对空两个方向的降雨指数和相关降雨条件在表3中提供。

表1

空对地方向（下行链路）应使用的 $p_1$ 和 $p_{min}$ 

指数	$P_1$ (%)	$p_{min}$ (%)	指数	$P_1$ (%)	$p_{min}$ (%)	指数	$P_1$ (%)	$p_{min}$ (%)	指数	$P_1$ (%)	$p_{min}$ (%)
1	2.4116	0.002233	15	2.27683	0.001509	29	2.5255	0.001016	43	2.1999	0.001004
2	2.43056	0.002184	16	2.132474	0.002155	30	2.5531	0.001021	44	2.22281	0.001006
3	2.45185	0.002007	17	2.15401	0.002046	31	2.24996	0.002127	45	2.24985	0.001
4	2.17104	0.004299	18	2.17912	0.001918	32	2.26854	0.002023	46	2.53394	0.001595
5	2.1888	0.004098	19	2.62353	0.001001	33	2.28952	0.001914	47	2.5582	0.001529
6	2.20875	0.003859	20	2.692	0.001006	34	2.14671	0.002772	48	2.58521	0.001417
7	2.072122	0.005539	21	2.8211	0.001015	35	2.16454	0.002648	49	2.20414	0.003914
8	2.08942	0.005269	22	2.37672	0.001007	36	2.184672	0.002505	50	2.22922	0.003662
9	2.10884	0.005003	23	2.43951	0.001006	37	2.56214	0.001013	51	2.25721	0.003423
10	2.46476	0.001003	24	2.5431	0.001004	38	2.59324	0.001005	52	2.05972	0.005707
11	2.48883	0.001012	25	2.276	0.001	39	2.62902	0.001013	53	2.08493	0.005346
12	2.5169	0.001008	26	2.33666	0.001003	40	2.30243	0.001005	54	2.113093	0.004968
13	2.22858	0.001696	27	2.43675	0.001007	41	2.3264	0.001			
14	2.25085	0.001597	28	2.50513	0.001055	42	2.35466	0.001008			

表2

地对空方向（上行链路）应使用的 $p_1$ 和 $p_{min}$ 

指数	$P_1$ (%)	$p_{min}$ (%)	指数	$P_1$ (%)	$p_{min}$ (%)	指数	$P_1$ (%)	$p_{min}$ (%)	指数	$P_1$ (%)	$p_{min}$ (%)
1	2.33455	0.002786	15	2.20921	0.001796	29	2.44635	0.001235	43	2.131202	0.001002
2	2.35384	0.002625	16	2.066286	0.002558	30	2.4716	0.001185	44	2.155341	0.001001
3	2.37551	0.002469	17	2.08869	0.002422	31	2.1799	0.002555	45	2.183783	0.001003
4	2.1054	0.005082	18	2.1148	0.002274	32	2.199252	0.002421	46	2.4509	0.002042
5	2.123611	0.004846	19	2.54793	0.00101	33	2.22109	0.002291	47	2.47605	0.001865
6	2.144072	0.004584	20	2.6164	0.001009	34	2.07934	0.003305	48	2.50405	0.001724
7	2.010594	0.006442	21	2.7466	0.001009	35	2.098044	0.003155	49	2.13059	0.004723
8	2.0284	0.006179	22	2.3119	0.001003	36	2.119153	0.002987	50	2.15691	0.004433
9	2.048392	0.005855	23	2.3766	0.001002	37	2.47937	0.001004	51	2.18624	0.004149
10	2.38588	0.001116	24	2.48305	0.001007	38	2.5116	0.00101	52	1.988883	0.00683
11	2.4105	0.001048	25	2.21479	0.001002	39	2.5486	0.001013	53	2.01554	0.006349
12	2.4392	0.001007	26	2.27762	0.001005	40	2.23144	0.001003	54	2.045274	0.005903
13	2.159292	0.002035	27	2.38105	0.001003	41	2.25648	0.001006			
14	2.18234	0.001915	28	2.42572	0.001315	42	2.28598	0.001003			



表3

降雨指数和对应的降雨条件

降雨指数	$\varepsilon$	$h_{rain}$	Lat	$R_{0.01}$	$h_{ES}$	降雨指数	$\varepsilon$	$h_{rain}$	Lat	$R_{0.01}$	$h_{ES}$
1	20	5 000	0	10	0	28	55	5 000	0	10	0
2	20	5 000	0	10	500	29	55	5 000	0	10	500
3	20	5 000	0	10	1 000	30	55	5 000	0	10	1 000
4	20	5 000	0	50	0	31	55	5 000	0	50	0
5	20	5 000	0	50	500	32	55	5 000	0	50	500
6	20	5 000	0	50	1 000	33	55	5 000	0	50	1 000
7	20	5 000	0	100	0	34	55	5 000	0	100	0
8	20	5 000	0	100	500	35	55	5 000	0	100	500
9	20	5 000	0	100	1 000	36	55	5 000	0	100	1 000
10	20	3 950	30	10	0	37	55	3 950	30	10	0
11	20	3 950	30	10	500	38	55	3 950	30	10	500
12	20	3 950	30	10	1 000	39	55	3 950	30	10	1 000
13	20	3 950	30	50	0	40	55	3 950	30	50	0
14	20	3 950	30	50	500	41	55	3 950	30	50	500
15	20	3 950	30	50	1 000	42	55	3 950	30	50	1 000
16	20	3 950	30	100	0	43	55	3 950	30	100	0
17	20	3 950	30	100	500	44	55	3 950	30	100	500
18	20	3 950	30	100	1 000	45	55	3 950	30	100	1 000
19	20	1 650	61.8	10	0	46	90	5 000	0	10	0
20	20	1 650	61.8	10	500	47	90	5 000	0	10	500
21	20	1 650	61.8	10	1 000	48	90	5 000	0	10	1 000
22	20	1 650	61.8	50	0	49	90	5 000	0	50	0
23	20	1 650	61.8	50	500	50	90	5 000	0	50	500
24	20	1 650	61.8	50	1 000	51	90	5 000	0	50	1 000
25	20	1 650	61.8	100	0	52	90	5 000	0	100	0
26	20	1 650	61.8	100	500	53	90	5 000	0	100	500
27	20	1 650	61.8	100	1 000	54	90	5 000	0	100	1 000