

## ITU-R M.1143-3 建议书\*

工作于卫星移动业务的非对地静止空间站（空—地）与  
固定业务协调的系统专用方法

(ITU-R 201/8 和 ITU-R 118/9 号研究课题)

(1995-1997-2003-2005)

**范围**

本建议书描述了要求非对地静止（non-GSO）空间站（空—地）与固定业务（FS）中接收系统间频率分配协调详细评估的《无线电规则》附录 5 在实现系统专用方法（SSM）时所采取的方法和参考固定系统特性。本建议书也描述了非对地静止卫星移动业务（MSS）发送空间站与 FS 台站间双边协调所用的一种可能的方法。

国际电联无线电通信全会，

考虑到

- a) 一些空—地卫星移动业务（MSS）与固定业务（FS）在 1-3 GHz 范围内处于共同主用的地位；
- b) 非对地静止（non-GSO）卫星轨道 MSS 系统特别在涉及轨道参数、传输特性、高度和仰角方面具有各自独特的系统特性；
- c) 当超过《无线电规则》中规定的门限时，考虑到 b) 中论及的特性有助于与 FS 的共用；
- d) 在共用频带中所描述的 FS 系统已有了分析方法、干扰准则和系统特性，

建议

- 1 当超过《无线电规则》附录 5 中规定的门限，非 GSO MSS 网络（空—地）与位于 1 518-1 525 MHz、1 525-1 530 MHz、2 160-2 170 MHz、2 170-2 200 MHz、2 483.5-2 500 MHz 和 2 500-2 535 MHz 频带的 FS 需要采用附件 1 中描述的系统专用方法进行协调评估；
- 2 在进一步的详细协调中，附件 3 所给的方法可用于评估进入实际 FS 链路中的干扰电平。

---

\* 本建议书由无线电通信第 8 研究组和第 9 研究组共同完成，下一步的修订也将由两个研究组共同承担。

## 附件 1\*

**Non-GSO MSS 系统空—地 MSS 分配到 FS 频带时确定是否需要协调时  
通过标准计算程序所采用的系统专用方法****1 引言**

如果超过《无线电规则》附录 5 中的所给的模拟 FS 和/或数字 FS 系统相应的协调门限判据，主管部门应考虑现有的或计划的地面 FS 网络可能受到来自非 GSO MSS 空间站发射的影响。

为了一个星座的发送非 GSO MSS 空间站（单个进入）与有可能受影响的主管部门的 FS 网络中的接收 FS 台站之间协调频率分配所需详细评估开发了可用的 SCP。SCP 考虑了更多的非 GSO MSS 系统特性和参考 FS 特性。在整个附件中，提到的 FS 特性应理解为参考特性。附件 2 中所给的那些专用参考 FS 系统应作为相关主管部门采用的实际 FS 系统的类型。

SCP 需要如输入一个 § 2 中描述的非 GSO MSS 卫星系统那样，也要输入一个参考 FS 系统的特性。

SCP 计算采用的如 § 3 中描述的方法是基于由非 GSO MSS 星座引起的对所给的参考 FS 系统造成的干扰统计的相关数据。

如果未超过 § 4 中给出的最大可用干扰判据，那么（除非以后负责 FS 系统的主管部门提出意见）可以不需要协调。

**2 对 FS 和 MSS 数据的要求****2.1 FS 站的位置和最坏 FS 指向方位的确定**

对于某个主管部门，运用 SCP 时应采用适于涵盖该主管部门辖区的纬度范围的示例（例如每 5°）。对某一给定的非 GSO MSS 星座和已知纬度的受干扰 FS 站，通过来自非 GSO 星座的最大潜在接收干扰，可确定对 FS 站的最坏方位指向。然后，SCP 就可运用于最坏的 FS 走向线方位指向上。

用于计算最坏方位的公式可在 ITU-R S.1257 建议书的附件 1 的附录 3 的 § 5 中找到。

---

\* 标准计算程序仍需无线电通信第 8 研究组和第 9 研究组的专家进一步共同参与研究。本附件中的方法也仍需更新以反映这项研究开发工作的结果。

## 2.2 模拟 FS 系统数据

假设走向线相对给定非 GSO MSS 星座的最坏方位，路由集中在给定纬度的同频模拟站的  $M=13$ 。路由延伸距离  $D=600$  km，站距严格按  $d=50$  km。每个站的方位角由给定的最坏方位走向线角确定，以及变化角均匀地在  $V=\pm 12.5^\circ$  之内。假设每个 FS 站都采用以  $0^\circ$  仰角指向下一个站的高增益天线。点对点的 FS 站的天线增益符合 ITU-R F.1245 建议书中规定的具有平均旁瓣电平的天线方向图。

参考模拟 FS 系统的特性取自附件 2 的附录 2，如果可用也可从主管部门向无线电通信局 (BR) 上报并已填入 BR 数据库的 FS 数据中获取。

## 2.3 数字 FS 系统数据

只有一种数字 FS 接收机需要做与整个路由不同的分析。FS 站位于给定的纬度，并指向最坏方位方向上。假设 FS 站采用的天线处于  $0^\circ$  仰角。FS 站的天线增益符合 ITU-R F.1245 建议书中规定的具有平均旁瓣电平的天线方向图。

参考数字 FS 系统的特性取自附件 2 的附录 1，如果可用也可从主管部门向 BR 上报并已填入 BR 数据库的 FS 数据中获取。

## 2.4 非 GSO MSS 数据

描述一个非 GSO/MSS 网络的特性需要以下参数的充分信息：

- 中心频率，
- 点波束的数目，
- 一颗卫星的最大功率，
- 点波束的特性。

附件 1 的附录 1 给出了参数的详细列表。

需要对于任意一颗卫星在 FS 系统对其可见的时间内的所有取样点，任何卫星的任意激活波束的潜在载波频率与假设的 FS 接收机交叠时的最大 e.i.r.p.密度/4 kHz 和最大 e.i.r.p.密度/1 MHz 的充分的信息。该信息隐含反映卫星内和卫星间频率再用计划，也隐含反映在 MSS 系统预计的业务地理分布时要考虑的卫星点波束业务负荷。

通常如果非 GSO MSS 星座的多址方式采用的是码分多址/频分多址 (CDMA/FDMA)，那么很可能所有可见卫星的所有波束都同频工作。但是如果非 GSO MSS 星座采用的是时分多址 (TDMA)/FDMA 或 FDMA 的多址方式时，只是可见卫星的部分波束同频工作。

附件 1 的附录 2 的第 1 部分提供了卫星点波束负荷模型化的一种缺省方法/一种基本方法。附件 1 的附录 2 的第 2 部分提供了在 MSS 系统的所需业务数据可用的情况下对于 CDMA 和 TDMA 系统的卫星点波束负荷模型化的一种详细方法。由于需要该系统的 MSS 业务数据的预测，因此附件 1 的附录 2 的第 2 部分方法的应用一般需要与相关主管部门进行磋商。

对于所有类型的非 GSO MSS 系统（TDMA、FDMA 或 CDMA），在计算对受影响 FS 站的总干扰时应考虑星座中的所有可见卫星，当然业务也应分配在这些卫星上。

### 3 计算干扰的方法

SCP 按如下步骤模拟非 GSO 卫星星座对 FS 网络的干扰。

#### 3.1 计算环

程序对每一时间瞬间计算非 GSO 卫星系统卫星和 FS 系统台站的位置和速度矢量。

SCP 在每个时间取样计算来自全部可见以及适当选择的 MSS 卫星的所有激活点波束在各受影响 FS 站的总干扰功率。如果 FS 接收机的带宽与 MSS 信号并不完全交迭，那么计算出的干扰功率要加带宽因子予以修正。在模拟信号的情况，干扰功率按 4 kHz 考虑。

用以下公式确定从 FS 站可见的来自所有可见卫星的全部激活点波束的总干扰功率：

$$I = \sum_{k=1}^M \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^S \frac{E_{jk}}{L_{ik}} G^3(\alpha_{ijk}) G^4(\theta_{ik}) \frac{B_w}{B_{ij}} \frac{1}{F_k} \frac{1}{P_{ijk} A} \quad (1)$$

其中：

$I$ : 干扰功率 (W)

$i$ : 第  $k$  个 FS 站在计算干扰时考虑的  $N$  个卫星中的一个

$j$ : 与当前 FS 站接收机频率交叠的可见被选 MSS 卫星  $S$  个激活点波束中的一个，考虑卫星点波束频率再用的方式

$k$ : FS 路由上  $M$  个 FS 站中的一个

$E_{jk}$ : 第  $i$  个可见被选卫星的轴向上第  $j$  个激活点波束在天线输入处的每参考带宽的最大 e.i.r.p. 密度 (W/参考带宽)

$B_{ij}$ : 第  $i$  个可见被选卫星的第  $j$  个激活点波束的干扰信号的参考带宽 (kHz)

$G^3(\alpha_{ijk})$ : 第  $i$  个可见被选卫星的第  $j$  个激活点波束指向第  $k$  个 FS 站的天线鉴别度

$\alpha_{ijk}$ : 第  $i$  个可见被选卫星的第  $j$  个激活点波束轴指向矢量与第  $k$  个 FS 站之间的夹角(度)

$L_{ik}$ : 从第  $i$  个可见被选卫星至第  $k$  个 FS 站在给定参考频率上的自由空间损耗

$G^4(\theta_{ik})$ : 第  $k$  个 FS 站在第  $i$  个可见被选卫星方向上的天线增益

$\theta_{ik}$ : 第  $k$  个站的天线指向矢量以及第  $k$  个站的范围矢量与第  $i$  个可见被选卫星之间的夹角(度)

$B_w$ : 受影响 FS 站的接收机带宽 (4 kHz 或 1 MHz)

$A$ : 考虑 MSS 载波频率、功率或时间可变性的平均因子

$F_k$ : 第  $k$  个 FS 站的馈送损耗

$P_{ijk}$ : 第  $i$  个 MSS 卫星的第  $j$  个点波束与第  $k$  个 FS 站之间的极化隔离因子。

平均因子  $A$  可用于反映动态的频率、时间或在所给参考带宽内 MSS 业务情况的功率变化（由于，如话音激活的采用、占空比、功率控制等对所涉及的非 GSO MSS 系统情形如何）。在这方面仍需进一步研究。

只有在第  $i$  个 MSS 卫星在第  $k$  个 FS 站天线的 3 dB 波束宽度内以及第  $k$  个 FS 站在第  $i$  个 MSS 卫星的第  $j$  个点波束的 3 dB 波束宽度内时才使用极化隔离因子  $P_{ijk}$ 。 $P_{ijk}$  可以按照 ITU-R F.1245 建议书的注 7 的公式计算。

缩短模拟运算的时间可以采取当  $\alpha_{ijk}$  比所确定的“可排除”角度大时可不计算来自此波束的干扰。

## 3.2 计算环中的步长的大小和数量

一方面程序的运行时间必须尽量短，这样使用者才可不必为得到结果等待太长时间，另一方面又有必要在适当的时间具有充分的取样，将固定站的接收机接收到的所有干扰考虑进去，以得到精确的结果。

### 3.2.1 时间增量

采用下面的公式，公式推导的全部细节见附件 1 的附录 3。由于卫星的速度在赤道和在较高纬度是大致相同的，模拟计算在赤道上的卫星的时间步长  $\Delta t$  时考虑了地球的运动、卫星的倾斜以及 FS 站天线的俯仰。在  $\Delta t$  的计算中未使用性能部分恶化（FDP）的最坏方位或水平运动的方位。

$$\omega = \sqrt{(\omega_s \cos I - \omega_e)^2 + (\omega_s \sin I)^2}$$

$$\theta_\varepsilon = \arccos\left(\frac{R}{R+h} \cos \varepsilon\right) - \varepsilon$$

$$\Delta t = \frac{\varphi_{3dB}}{N_{hits} \omega} \frac{\sin \theta_\varepsilon}{\cos \varepsilon}$$

其中：

$\omega$ : 地球固定坐标中的卫星角速度（地心地球同步参考坐标系）

$\omega_s$ : 空间固定坐标中的卫星角速度（地心太阳同步参考坐标系）

$\omega_e$ : 赤道上的地球旋转角速度

$I$ : 卫星轨道倾角

$\theta_\varepsilon$ : FS 站和卫星之间的地心角

$R$ : 地球半径

$h$ : 卫星纬度

$\varepsilon$ : FS 天线仰角

$\phi_{3\text{dB}}$ : FS 站 3 dB 波束宽度

$N_{\text{hits}}$ : FS 站 3 dB 波束宽度内击中的次数 ( $N_{\text{hits}}=5$ )

$\Delta t$ : 模拟时间步长。

### 3.2.2 处理速率和总模拟计算时间

作为时间包络，一个 MSS 卫星圆形轨道上的各卫星点划出地球表面上的一条路径。在划出若干完整的轨道之后，这条路径对于地球表面将重复原来的，或几乎相同。这一过程经历的时间就是卫星的重复周期。对于一些星座，重复周期可基于星座的另一颗卫星返回到该点来定义。在这些情况中，两次出现卫星之间所经历的时间可作为星座重复周期。

有些星座的重复周期较短，仅几天（一般在一周之内），而另一些星座的重复周期则很长，例如好几个月。对这些相当大的差异要予以特殊的考虑，因为 FS 系统必须在任何月份都满足性能要求。现在认为处理这些差异有两种方法。

对于重复周期短于一周的星座，解决方法可以采用星座的重复周期作为总的模拟计算时间，并且在经度  $0^\circ$  到经度等于两个相邻轨道平面之间角距的范围内按一直增加的（起始位置从第 1 号轨道平面的上升点）取若干值进行程序的运算。这样可以保证从 FS 视点认为的最坏情况。经度增加的步长需要进一步研究，它与卫星在 FS 站主波束内持续的时间中时间增量的数目有关（见 § 3.2.1）。

对于重复周期很长的星座，采用该周期作为总的模拟计算时间会导致相应很长的中央处理单元（CPU）的运行时间。此外，地球表面的路径会均匀分布，并且经度分辨率（两相邻路径之间的经度间隔）也会不必要的变得很小。在这种情况下，应该使用一个可使经度分辨率与前一种情况中描述的经度增加步长大小相同数量级的人为的处理速率。这一人为处理速率会导致一个人为星座周期，它比实际的要短得多，这样就缩短了 CPU 的运行时间。但是，这就需要在重复周期内对若干月的周期时间进行模拟计算结果的评估，以确定按月份评估的 FDP 的变化率。

## 4 可应用的干扰判据

### 4.1 模拟 FS

SCP 计算干扰统计值是基于在同一点，所有站上累计的总干扰噪声功率。干扰统计值表明接收的总干扰噪声功率超过某一给定干扰电平的概率。

ITU-R F.1108 建议书的附件 2 中描述的模拟方法是基于 ITU-R SF.766 建议书的一部分，可用于此目的的有下述参数：

$N_i$ : 在零相对电平点的，一个站=25 pW 噪声计加权的，一个 4 kHz 电话信道中引入的热噪声功率 (pW0p)

$T$ : 站接收系统噪声温度 (K)

$L_f$ : 馈送损耗 (dB)。

为了评估协调成功与否，将干扰功率分布与 ITU-R SF.357 建议书中给的长期和短期干扰指标相应的两条干扰指标值比较。

## 4.2 数字 FS 系统

对于数字 FS 的情况，SCP 按照 ITU-R F.1108 建议书的附件 3 计算数字站的 FDP：

$$FDP = \sum_{I_i=\min}^{\max} \frac{I_i f_i}{N_T} \quad (2)$$

其中：

$I_i$ : FS 接收机带宽  $B_w$  内的干扰功率

$f_i$ : 干扰功率等于  $I_i$  的时间周期部分

$N_T$ : 站接收系统噪声功率电平

$$=k T B_w$$

其中：

$k$ : 玻耳兹曼常数

$T$ : 站接收系统噪声温度 (K)

$B_w$ : FS 接收机带宽 (通常 FDP 计算以 1 MHz 为参考带宽)。

为了评估与数字 FS 系统的协调成功与否，计算出的 FDP 与 25%的可用判据进行比较。

## 附件 1 的附录 1

### MSS 参数的列表

- 轨道参数：
  - 轨道半径 (km)，
  - 倾角 (度)，
  - 轨道平面数，
  - 每轨道平面的卫星数，

- 两相邻轨道平面间卫星的相位（度），
- 在 0 时刻一个轨道平面的上升点经度，
- 轨道平面间的角度（如果没有规定，则轨道平面为均匀分布）。

对于椭圆轨道：

- 近地点的幅角，
- 平均近点角，
- 平均运转和出现时间。

— 点波束的数目

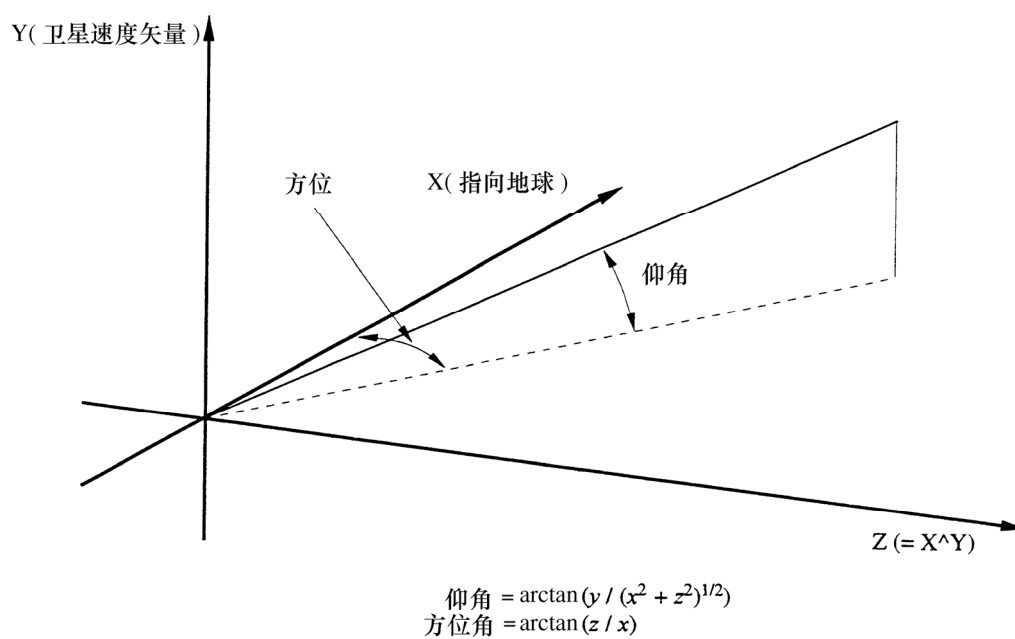
— 一颗卫星的最大功率（W）

— 点波束的特性：

- 方位角（度）（见图 1），
- 仰角（度）（见图 1），
- 长轴（度），
- 短轴（度），
- 长轴的方位（度），
- 最大天线增益（dBi），
- 天线方向图：例如抛物线滚降到底特性，世界无线电行政大会在对地静止卫星轨道利用和空间业务对其利用的计划（1988 年，日内瓦）（WARC ORB-88）中提出的任何可用的或世界广播卫星无线电行政大会（1977 年，日内瓦）（WARC BS-77）的卫星天线方向图，或如 ITU-R S.672 建议书中给出的，
- 4 kHz 和 1 MHz 内的最大波束 e.i.r.p.（dBW），
- 最大波束带宽（kHz），
- 4 kHz 和 1 MHz 内的平均波束 e.i.r.p.（dBW），
- 平均波束带宽（kHz），
- 4 kHz 和 1 MHz 内的最小波束 e.i.r.p.（dBW），
- 最小波束带宽（kHz），
- 极化，
- 波束的中心频率（MHz）。



图 1  
非 GSO 的坐标系和方位角/仰角的定义



1143-01

## 附件 1 的附录 2

### 第 1 部分

假设每颗卫星的每个点波束都与 FS 接收机有频率交迭，并且负荷程度是在最大业务负荷和平均负荷之间随机变化。

注 1 — 任意一个点波束的平均 MSS 业务负荷是通过总的瞬时最大卫星业务容量除以卫星上点波束的数目得到的。

## 第 2 部分

计算一个 MSS 系统进入 FS 系统的干扰电平中的最主要的因素是卫星上每个点波束的 e.i.r.p.。附件 1 中描述的 SCP 方法是基于在 MAX 和 MEAN 电平之间随机选择的每个波束的 e.i.r.p.。MSS 信号电平进入 FS 的更好的评估是将卫星的业务负荷考虑进去。

当每波束的业务负荷随需求而变化时，对每波束的 e.i.r.p. 限值将有如下的一些约束：

- 某一特定点波束所能承载的总负荷；
- 某一特定卫星所能承载的总负荷。

当所有卫星的所有点波束都工作于满负荷时，只要不导致不现实的情况发生，在考虑业务模式时允许某一特定点波束的业务负荷比平均的略高。

依据输入的数据有两种基本的方法可用于计算每点波束的 e.i.r.p.。

### 用于 TDMA 系统的方法

输入数据是按照纬度和经度将全球划分成大小相同的小区而规定的。每个小区具有的参数都可用于模拟计算时任意时间该小区内的业务负荷的计算。这些参数应由 MSS 操作者根据事先的要求予以提供。接着才能考虑每个波束和每颗卫星所允许的总业务负荷、多个可见的卫星之间共用的可能，然后向点波束分配业务。

### 用于 CDMA 系统的方法

对各个国家，业务负荷都按高、中或低规定为其中之一。这些参数应由 MSS 操作者根据事先的要求予以提供。在考虑每个波束和每颗卫星允许的总业务负荷之后，给覆盖每个国家的点波束分配一个基于其业务负荷的 e.i.r.p.。

这两种方法的具体步骤叙述如下。

#### 步骤 1：用于计算 TDMA 系统业务负荷的方法

可从两方面来确定业务负荷：

- 地理业务负荷文件，对每个（纬度、经度）小区的栅格规定一个峰值业务负荷和一个“忙时补偿”，这一“忙时补偿”是为体现小区中发生峰值业务负荷的时间不同，日业务负荷变化文件见下一条；
- 日业务负荷变化文件，包含了已归一化的按每日不同时间业务负荷变化的情况。

由于为 SCP 建议的计算平台是一台 PC，因此实际适用于业务负荷文件大小的小区应是纬度  $5^\circ$  乘以经度  $5^\circ$ 。

业务负荷计算如下：

- a) 当前的模拟计算时间和站位置给出本地时间，它给出日业务负荷变化文件中所用的基准时间补偿；
- b) 地理业务负荷文件为该特定小区给出一个附加的忙时补偿；

c) 用总的时间补偿（即基准和忙时补偿的总和）通过日变化文件得到小区的业务负荷百分数：

- 对于地理业务负荷文件，变量存为：
  - 从本地时间开始以分钟为单位的补偿；
  - 忙时的激活载波数。
- 对于业务负荷变化文件，变量存为：
  - 从零时开始以分钟为单位的补偿；
  - 忙时百分数，因此范围是从 0-100。

一旦算出业务负荷的百分数，该百分数乘以这一小区业务负荷文件中忙时的最大载波数得到这一时间步骤该业务小区中的总载波数（用载波带宽乘以载波数可以得出该业务小区所需的带宽）。

下一步是为一颗卫星或一颗以上的卫星的某一特定小区分配业务负荷。对于 LEO-F 系统一般以不同的仰角可以看见 2 颗至 4 颗卫星。假设对每颗卫星的业务都分配给照射接近业务小区中心的波束。已实现了下述两种算法：

— 按仰角的比例

在这种情况下，根据仰角给卫星分配业务负荷。因此，两颗卫星的仰角分别为  $30^\circ$  和  $60^\circ$  时，给较高仰角的卫星分配的业务负荷是仰角较低者的两倍。

— 按具有最高卫星负荷的仰角的比例

基于决定于仰角的中断的原理，并且有着线性的关系，即：无中断的概率—仰角/ $90^\circ$ ，该算法使业务负荷非对称于高仰角。之后，按照首先选择具有较高仰角的卫星的原则，将业务负荷分配给可见卫星。

如果  $e$  是仰角/ $90^\circ$ ，则：

$$\begin{aligned}
 p_1 &= e_1 && \text{对于卫星 1} \\
 p_2 &= (1-e_1) e_2 && \text{对于卫星 2} \\
 p_3 &= (1-e_1) (1-e_2) e_3 && \text{对于卫星 3, 以此类推。}
 \end{aligned}$$

分配给卫星  $n$  的业务负荷占总业务负荷的比例为：

$$T_n = p_n / \sum p_i$$

如果在应用上述算法之一后有些业务负荷仍未分配，这些业务负荷将分配给其他卫星。

步骤 2: 用于计算 CDMA 系统业务负荷的方法

对模拟计算的每一步以及对 FS 站可见的每颗卫星，模拟计算要对每一点波束的业务进行计算，然后计算 e.i.r.p.。

业务负荷有三种程度：无业务负荷、低业务负荷和高业务负荷。

每个点波束内的业务负荷都根据每一个小区的业务负荷表以及日变化量来确定的。

按照业务负荷的程度，由子程序确定一颗卫星上各点波束的功率（该功率与总的 CDMA 带宽相关）：

- 无业务负荷 →  $P_{\text{点波束最小}}$
- 低业务负荷 →  $P_{\text{点波束平均}}$
- 高业务负荷 →  $P_{\text{点波束最大}}$

例如，对于 LEO-D 系统的值应是：

$$P_{\text{点波束最大}} = \frac{P_{\text{卫星最大}}}{4}$$

$$P_{\text{点波束平均}} = \frac{P_{\text{卫星最大}}}{24}$$

$$P_{\text{点波束最小, 信令所需的功率}} = 4 \times \frac{P_{\text{点波束最大}}}{50} = \frac{P_{\text{卫星最大}}}{50}$$

此后模拟计算进行卫星总发射功率的计算；如果计算出的卫星总发射功率大于最大发射功率  $P_{\text{卫星最大}}$ ，则总发射功率置为  $P_{\text{卫星最大}}$ ，且各点波束的功率以相同比例相应减小。

最终，由子程序计算各点波束  $i$  发向 FS 站的 e.i.r.p.:

$$\text{e.i.r.p.}_i(\theta, \phi) = P_i \cdot G_i(\theta, \phi)$$

## 附件 1 的附录 3

### 时间增量的计算

#### 公式推导

以下公式中的所有角度，如果未表明单位是度，则为弧度，速度值如果未表明单位是其他的话，则为弧度/分。

本附录的所有情况中地心角是指该角是在原点处于地心的球面坐标系内。应注意到如果地球赤道上的两点之间的经度差为  $1^\circ$ ，则其相距的地心角也是  $1^\circ$ ，但如果是在较高的纬度，而经度差不变，则相应的地心角却小了，在纬度  $60^\circ$  时，只有  $0.5^\circ$ 。

在轨道外部的一个角（例如天线波束的移动或相交）与地心角不同，与从地球表面看到的角不同。那些角之间的比依赖于轨道外部的高度以及移动的方向（如果移动是例如水平的或垂直的（=“朝向的”））。

地心坐标系可以是对地球相对固定，并随地球转动，也可以是它的轴方向对空间相对固定。在后一坐标系中，卫星轨道平面几乎是静止的；只有运动的转动。

如果要计算在地球上给定一点看到的卫星速度，则必须考虑地球的转动以便得到比粗略的结果更佳的结果。所用的地球速度是地球表面一点的实际速度，它是轨道外部一点（例如链路天线波束交点或卫星）的一个子点。在赤道上地球速度表示为地理角时大约  $360^\circ / d$ ，但在两极则为  $0^\circ$ 。因此它取决于所处区域的纬度：

$$\omega'_e = (\cos L) \cdot \omega_e \quad (3)$$

其中：

$\omega_e$ ：赤道上的地球转动速度

$L$ ：区域的纬度。

由于区域的纬度决定于观察点的纬度以及观察方位，所以该速度亦决定于这些因素。

地球固定坐标中的卫星速度是空间固定坐标系统中地球速度和卫星速度的矢量和。矢量和的数值取决于卫星路径和纬度线之间的角度 $\alpha$ 。如果卫星在赤道上空但卫星的最高纬度是  $0^\circ$ （而不是  $90^\circ$ ），那么该角度与仰角  $I$  一致。这一角度是：

$$\alpha = \arccos \frac{\cos I}{\cos L} \quad (4)$$

因此实际的地心角速度是：

$$\omega = \sqrt{(\omega_s \cdot \cos\alpha - \omega'_e)^2 + (\omega_s \cdot \sin\alpha)^2} \quad (5)$$

其中：

$\omega_s$ ：空间固定坐标中的卫星角速度。

观察点和轨道外部被观察区域之间的地心角为：

$$\theta_\varepsilon = \arccos \left( \frac{R}{R+h} \cos \varepsilon \right) - \varepsilon \quad (6)$$

其中：

$\varepsilon$ ：被观察区域的仰角。

如果卫星移动构成一个  $\Delta\theta$  的地心角，那么从观察点看到的移动角为 $\beta$ ，如果卫星是水平移动的，对于小角度：

$$\beta = \frac{\cos\varepsilon}{\sin\theta_\varepsilon} \Delta\theta \quad (7)$$

而如果卫星是垂直移动的，对于小角度：

$$\beta = \frac{-\cos\varepsilon}{\sin\theta_\varepsilon} \sqrt{1 - (k \cdot \cos\varepsilon)^2} \Delta\theta \quad (8)$$

$$k = \frac{R}{R+h} \quad (9)$$

如果卫星路径和水平面之间的角为 $\gamma$ ， $\beta$ 角则为：

$$\beta = \frac{\cos \epsilon}{\sin \theta_\epsilon} \Delta \theta \sqrt{1 - (k \cdot \cos \epsilon \cdot \cos \gamma)^2} \quad (10)$$

当卫星水平移动时，从观察点看到的卫星速度是最高的。因此方向和公式（7）用于进一步的计算。

如果 $\beta$ 角是一个计算时间步长 $\Delta t$ 中卫星的移动角，那么所需角度的计算可采用下式：

$$\beta = \frac{\Psi_{3dB}}{N_{hits}} \quad (11)$$

一个时间步长中卫星移动角的小地心角为：

$$\Delta \theta = \Delta t \cdot \omega \quad (12)$$

将公式（7）、（10）和（11）结合，可以得出：

$$\Delta t = \frac{\Psi_{3dB}}{N_{hits} \omega} \frac{\sin \theta_\epsilon}{\cos \epsilon} \quad (13)$$

如果仰角为零，然后在公式（6）中用 $\epsilon = 0$ 代入公式（12）得出：

$$\Delta t = \frac{\Psi_{3dB}}{N_{hits} \omega} \sqrt{1 - \left( \frac{R}{R+h} \right)^2} \quad (14)$$

$\omega$ : 在地球固定坐标中卫星的角速度（以地球为中心，转动）

$\omega_e$ : 赤道上的地球转动速度

$\omega_s$ : 空间固定坐标中的卫星的角速度（以地球为中心，惯性的）

$I$ : 卫星轨道倾角

$\theta_\epsilon$ : FS 站与卫星之间的地心角

$R$ : 地球半径

$h$ : 卫星高度

$\epsilon$ : FS 天线仰角

$\Psi_{3dB}$ : FS 站 3 dB 波束宽度

$N_{hits}$ : FS 站 3 dB 波束宽度内碰中的次数

$\Delta t$ : 模拟时间步长。

## 附件 2

用于与其他业务共用分析的 1-3 GHz 频带内  
固定业务系统的参考特性

## 1 引言

下面列出的附录提供了可用于 FS 和其他业务台站之间共用分析的工作于 1-3 GHz 频带的 FS 系统的特性。这些详细给出的特性既可作为一般应用，也是最敏感的参数。

附录 1 — 数字点对点系统的特性

附录 2 — 模拟点对点无线电中继系统的特性

附录 3 — 点对多点系统的参考特性。

应注意到数字 FS 系统一般比模拟系统对干扰更为敏感，而新建 FS 系统大多都是数字的。

还要注意对流层散射系统的参数详见于 ITU-R F.758 建议书，表 6 是 1.7-2.45 GHz 频带的，表 7 是 2.45-2.69 GHz 频带的。

附件 2  
的附录 1

## 数字点对点系统的特性

表 1  
用于 SCP 计算的数字点对点系统的参考特性

容量	45 Mbit/s
调制	64-QAM
天线增益 (dB)	33
发射功率 (dBW)	1
馈线/复用器损耗 (dB)	2
e.i.r.p. (dBW)	32
接收机中频带宽 (MHz)	10
接收机噪声系数 (dB)	4
比特差错率 (BER) 为 $1 \times 10^{-3}$ 时的接收机输入电平 (dBW)	-106

QAM: 正交调幅。

## 固定业务天线方向图

应采用 ITU-R F.1245 建议书。

## 附件 2 的附录 2

### 模拟点对点无线电中继系统的特性

工作在 1-3 GHz 频带的模拟点对点系统的类型包括电话、FM-TV 和 ENG 链路。从 ITU-R F.758 建议书的表 5、6 和 7、ITU-R F.759 建议书的表 1 和 ITU-R SF.358 建议书中摘录的一系列参考特性细化了目前用于 ITU-R 共用研究的模拟假想参考电路。

#### 工作在 1-3 GHz 频带的典型 FS 模拟特性

天线方向图：ITU-R F.1245 建议书

天线增益：33 dBi

e.i.r.p.：36 dBW

接收机噪声系数（与接收机的输入有关）：8 dB

中继段长度：50 km

中继段数目：12。

## 附件 2 的附录 3

### 点对多点系统的参考特性

典型特性：见表 2。

天线方向图：对于全向天线方向图和外围站天线方向图，应采用 ITU-R F.1336 建议书中描述的参考方向图。

注 1 — 在应用 SCP 时，对于 2 170-2 200 MHz 无需使用 P-MP 参考 FS 系统参数。

表 2  
典型的特性

参数	中心站	外围站
天线类型	全向/扇形	盘形/角锥形
天线增益 (dBi)	10/13	模拟 20 数字 27
馈线/复用器损耗 (dB)	2	2
e.i.r.p. (最大) (dBW)		
— 模拟	12	21
— 数字	24	34
接收机中频带宽 (MHz)	3.5	3.5
接收机噪声系数 (dB)	3.5	3.5



## 附件 3

### 双边协调中可能采用的方法

如果非 GSO MSS 系统参数超出《无线电规则》附录 5 中或涉及到本建议书中所给的门限判据时在相关的主管部门之间需要进行仔细的双边协调。在这一步骤中，要使用到实际的 FS 参数。本附件描述了在双边协调中会用到的一种可能的方法。

#### 1 一种可能采用的方法的描述

已评估了对于模拟 FS 系统或数字 FS 系统的  $C/(N+I)$  的累积分布函数 (CDF)。在考虑了非 GSO 卫星天线特性和业务负荷模式后，采用轨道动态模拟对每个 FS 接收机估算来自非 GSO MSS 卫星对其载波功率的时变干扰。

考虑时变的话要求在估算各 FS 接收站所接收的 FS 载波时应采用 FS 传输特性并结合多径衰落模型。如果较合理地考虑到这两方面，应采用 ITU-R P.530 建议书。在每一模拟计算时间步长，要估算每一中继段的  $C/N$  和  $C/I$ ，并算出总的  $C/(N+I)$ 。然后  $C/(N+I)$  的 CDF 直接与相应的 FS 系统的可用性能指标比较以评估由非 GSO MSS 卫星所引起的恶化是否使 FS 系统的性能恶化达到不可接受。

#### 2 干扰判据

该分析可用于模拟 FS 系统和数字 FS 系统。

涉及模拟无线电中继系统总噪声允许值的 ITU-R F.393 建议书可作为评估干扰对模拟 FS 系统影响的判据。

ITU-R F.695 建议书、ITU-R F.696 建议书和 ITU-R F.697 建议书对综合业务数字网络 (ISDN) 的高、中和本地等级的现有数字系统以对各种时间百分数所要求的 BER 表示规定了网络性能指标 (NPO) (差值性能指标和可用性)。基于 ITU-R F.1397 建议书和 ITU-R F.1491 建议书的新数字 FS 系统的程序需要进一步的研究。

此外，也应对包括在总噪声  $N$  之内的固定业务中系统内和业务内干扰的允许值，而不仅是来自其他共同主用 (非 MSS) 业务的。这一允许值的大小是由所涉及的各方决定的。应注意 ITU-R F.1094 建议书规定了数字 FS 系统的差错性能和可用性恶化的最大允许值。

---