

ITU-R M.1583-1建议书*

非对地静止卫星移动业务或卫星无线电导航业务系统与
射电天文望远镜站址之间干扰的计算

(ITU-R 第236/8号课题)

(2002-2007年)

范围

本建议书描述了用于计算因一射电天文站址的非对地静止轨道 (non-GSO) 移动卫星业务系统或卫星无线电导航业务系统产生的干扰导致的数据损耗量的方法。此方法是根据射电天文站址所考虑的有源系统产生的等效功率通量密度 (epfd) 计算的。

国际电联无线电通信全会，

考虑到

- a) 在一些情况下，射电天文业务和空间业务（空对地）被划分给相邻或附近的频段；
- b) 射电天文业务的基础是利用比通常用于其它无线电业务的接收低很多的功率接收发射；
- c) 由于这些接收功率较低，射电天文业务通常比其它业务更易受到来自无用发射的干扰；
- d) 由于非对地静止（非GSO）卫星系统的特性，特别是干扰时间不同的特性，难以采用类似评估对地静止（GSO）卫星的方式对此类卫星对射电天文望远镜的干扰进行评估，

做出建议

- 1 确定一射电天文站址的非对地静止卫星无线电导航业务（RNSS）或卫星移动业务（MSS）系统产生的无用发射时，应根据附件1中所描述的方法进行；
- 2 当进行该确定时，应将ITU-R RA.1631建议书中所描述的天线图用于射电天文天线的模式；
- 3 亦应根据附件2中描述的方法，对超出等效功率通量密度（epfd）门限值的百分比予以确定。

* 此建议书应提请无线电通信第7研究组的注意。

附件1

在射电天文站址的一非对地静止卫星无线电导航业务 或卫星移动业务产生的无用发射的计算

在此所述的基于“等效功率通量密度”（epfd）概念的方法，旨在用于计算一非对地静止卫星无线电系统对射电天文望远镜产生的功率通量密度值（pfd），同时考虑到卫星系统和射电天文望远镜天线的特点。等效功率通量密度值为所有卫星发射的集总值，其表述方式为射电天文望远镜波束中心（主要波束的峰值）的单一等效源的功率通量密度。

1 所需参数

鉴于非对地静止卫星系统的具体特性，显然，来自此类卫星的、对射电天文望远镜的干扰不能像对对地静止轨道卫星那样进行评估。需采用统计方法进行，统计时需考虑到非对地静止卫星的动态情况。

在积分时间（2 000秒）段内对来自于卫星的、对射电天文望远镜干扰的评估应基于统计数字的计算，并应考虑到卫星和射电天文望远镜两方面的参数。

非对地静止轨道卫星系统的参数：

- 在射电天文台天空的可见卫星数量；
- 卫星的详细轨道特性；
- 在所考虑的射电天文频段内，每颗卫星对射电天文望远镜发射的功率通量密度，该值可以采用无用发射模板的模式预测。

射电天文望远镜的参数：

- 天线位置；
- 天线图和天线增益；
- 指向方向的实际范围；
- 波束中心的指向方向；
- 射电天文台天线的波束中心和发射卫星方向之间的离轴角；
- 积分时间（2 000秒）。

2 射电天文站址等效功率通量密度的计算

在非对地静止轨道卫星方向（与对地静止轨道相反）的射电天文望远镜的接收增益因时间不同而不同，主要原因是由于卫星的移动和射电天文望远镜旁瓣方向性图因角度变化引起的明显变化。有时在卫星方向天文望远镜的增益远高于0 dBi；而其它时间该增益值则低于0 dBi。

此外，在非对地静止轨道系统有多个卫星的情况下，它们所有的值均必须包括在内而且得到适当考虑。

这可以利用原定义的等效功率通量密度（epfd）概念进行，以便评估GSO系统和非GSO系统之间的可能共用条件。在下节中，将针对一个可能受到非GSO卫星干扰的射电天文台的案例，进一步说明上述概念。

2.1 等效功率通量密度的定义

当一天线在其参考带宽内、从不同方向、在不同距离同时从各发射机接收到不同的入射功率通量密度时，等效功率通量密度则为，如果是从最大增益方向的天线远场的一个单一发射机收到的功率通量密度，则可在接收机的输入方产生相同功率，如同从不同发射机的集总值实际收到的功率一样。

瞬时等效功率通量密度采用以下公式计算：

$$epfd = 10 \log_{10} \left[\sum_{i=1}^{N_a} 10^{\frac{P_i}{10}} \cdot \frac{G_t(\theta_i)}{4\pi d_i^2} \cdot \frac{G_r(\varphi_i)}{G_{r,max}} \right] \quad (1)$$

其中：

N_a ：从射电天文望远镜可见的非GSO空间电台的数量

i ：所考虑的非GSO空间电台的指数

P_i ：在参考带宽的非GSO系统中考虑的发射空间电台的天线输入处的无用发射RF功率（dBW）（或在有源天线的情况下的RF放射功率）

θ_i ：在所考虑的非GSO系统发射空间电台的波束中心和射电天文望远镜方向之间的离轴角（度）

$G_t(\theta_i)$ ：在射电天文望远镜方向的非GSO系统中考虑的空间电台的发射天线增益（作为一种比例）

d_i ：在射电天文望远镜和非GSO系统中考虑的发射台站之间的距离（米）

φ_i ：在射电天文望远镜指向和非GSO系统中的发射空间电台之间的离轴角（度）

$G_r(\varphi_i)$ ：在所考虑的非GSO系统的发射空间电台方向，射电天文望远镜的接收天线增益（作为一种比例）（见ITU-R RA.1631建议书）

$G_{r,max}$ ：射电天文望远镜的最大增益（作为一种比例）

$epfd$ ：射电天文望远镜参考带宽的瞬时有功功率通量密度（dB(W/m²））。

公式（1）的等效功率通量密度计算假设，由于所有干扰源的原因，功率通量密度指向接收天线的波束中心，在那里天线增益值最大。但是，射电天文保护标准是基于射电天文天线的等高线为0 dBi。如果采用公式（1）中的方法，由于所有干扰源的原因，指向接收天线0 dBi增益的功率通量密度则可通过以下方法确定：

$$epfd_{G_r=0 \text{ dBi}} = 10 \log_{10} \left[\sum_{i=1}^{N_a} 10^{\frac{P_i}{10}} \cdot \frac{G_t(\theta_i)}{4\pi d_i^2} \cdot G_r(\varphi_i) \right] \quad (2)$$

在2 000秒的积分时间内，利用公式(2)得出的 $epfd_{G_r=0 \text{ dBi}}$ 值(以线性方式)得出平均值。该值可与功率通量密度值进行比较(做出定义方式为，假设在干扰方向的接收天线增益为0 dBi，同时考虑到这一积分时间)。

注1 – 在此假设，每个发射机均位于射电天文望远镜的远场(即，距离大于 $2D^2/\lambda$ ，其中 D 为射电天文望远镜的有效直径， λ 为观察波长)。虽然这一条件不可能总得到满足，但是这被认为是一种合适的近似值。

注2 – 对于一些天文望远镜而言，最大增益方向(波束中心方向)可能并不会总与射电天文望远镜的几何轴重合。

注3 – 在有源天线的情况下， P_i 应被视为RF发射功率，而不是天线输入处的功率。

注4 – 发射台站的增益， $G_t(\theta_i)$ 是从所考虑的射电天文频段的频率处得出的。它可能与欲进行发射的频率的增益不同。

附件 2

等效功率通量密度的分配

本附件描述了从整个天空获取epfd统计值的一种方法。

1 将天空分为近似相等的立体角区域

此方法的第一步是，将天空分为与地平线平行的 M 个环形，并按照从 0° 至 90° 的顺序平均分隔仰角。每个环形的宽度为 $90/M^\circ$ 。下一步是将这些环形分为区域，并选择其方位角宽度，以便为每个环形区域提供一个积分数目，该积分数目大致相等于：

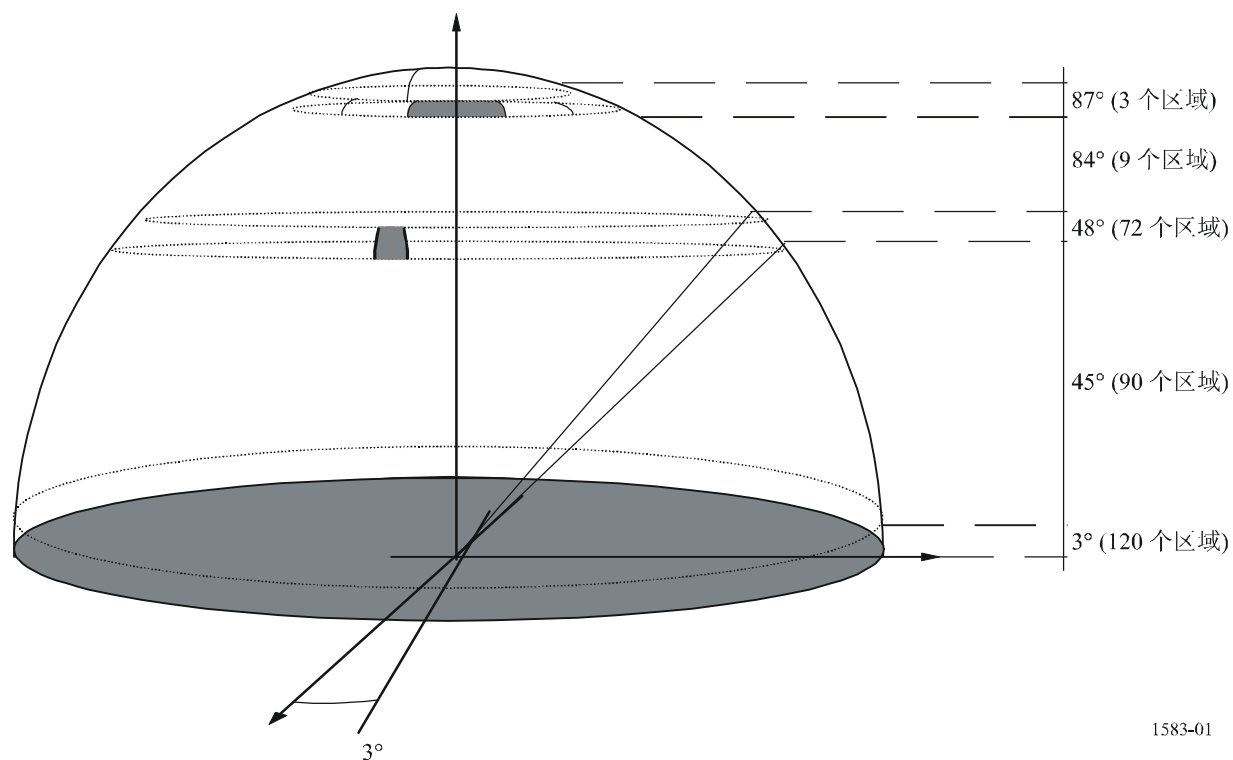
$$\frac{90/M}{\cos(\text{elevation})} \quad \text{度}$$

图1以 3° 的仰角宽度为例，提供了一个区分实例。此例将天空分为30个 3° 的仰角环形。这样，方位角宽度大致相等于：

$$\frac{90/30}{\cos(\text{elevation})} \quad \text{度}$$

仰角为一特定环形中的一个平均仰角。

图 1
将天空分为约9平方度的立体角之例



1583-01

根据此图，天空被分为2 334个区域，每个区域约为9平方度的立体角。表1提供了与此相对应的每个环形中的区域数目。

表 1
将天空分为约9平方度立体角的平面区域之例

环形的 较低 仰角(度)	环形的 立体角 (平方度)	累计 立体角 (平方度)	方位角 的步 (度)	环形中的 区域 数目	区域 立体角 (平方度)	区域 累计数目	立体角 的百分比 (%)	累计 立体角 数目(%)
0	1 079.51	1 079.51	3	120	9.00	120	5.23	5.23
3	1 076.55	2 156.05	3	120	8.97	240	5.22	10.45
6	1 070.64	3 226.69	3	120	8.92	360	5.19	15.64
9	1 061.79	4 288.49	3	120	8.85	480	5.15	20.79
12	1 050.04	5 338.53	3	120	8.75	600	5.09	25.88
15	1 035.41	6 373.93	3	120	8.63	720	5.02	30.90
18	1 017.94	7 391.87	3	120	8.48	840	4.94	35.84
21	997.68	8 389.55	3	120	8.31	960	4.84	40.67
24	974.68	9 364.23	3	120	8.12	1 080	4.73	45.40
27	949.01	10 313.24	3	120	7.91	1 200	4.60	50.00
30	920.75	11 233.99	4	90	10.23	1 290	4.46	54.46
33	889.95	12 123.94	4	90	9.89	1 380	4.31	58.78

表1 (完)

环形的 较低 仰角(度)	环形的 立体角 (平方度)	累计 立体角 (平方度)	方位角 的步 (度)	环形中的 区域 数目	区域 立体角 (平方度)	区域 累计数目	立体角 的百分比 (%)	累计 立体角 数目(%)
36	856.72	12 980.66	4	90	9.52	1 470	4.15	62.93
39	821.14	13 801.81	4	90	9.12	1 560	3.98	66.91
42	783.31	14 585.12	4	90	8.70	1 650	3.80	70.71
45	743.34	15 328.46	4	90	8.26	1 740	3.60	74.31
48	701.32	16 029.79	5	72	9.74	1 812	3.40	77.71
51	657.39	16 687.17	5	72	9.13	1 884	3.19	80.90
54	611.65	17 298.82	5	72	8.50	1 956	2.97	83.87
57	564.23	17 863.06	6	60	9.40	2 016	2.74	86.60
60	515.27	18 378.33	6	60	8.59	2 076	2.50	89.10
63	464.90	18 843.23	6	60	7.75	2 136	2.25	91.35
66	413.25	19 256.48	8	45	9.18	2 181	2.00	93.36
69	360.47	19 616.95	9	40	9.01	2 221	1.75	95.11
72	306.70	19 923.65	10	36	8.52	2 257	1.49	96.59
75	252.09	20 175.74	12	30	8.40	2 287	1.22	97.81
78	196.79	20 372.53	18	20	9.84	2 307	0.95	98.77
81	140.95	20 513.49	24	15	9.40	2 322	0.68	99.45
84	84.73	20 598.21	40	9	9.41	2 331	0.41	99.86
87	28.27	20 626.48	120	3	9.42	2 334	0.14	100.00

2 一区域的等效功率通量密度分布

首先，针对射电天文业务天线的指向进行一项随机选择。该天线将位于第1段中所定义的天空中的一个特定区域。之后，随机选择观测星座的起始时间。之后，再根据2 000秒的积分时间对每一时间抽样的epfd进行评估。此后，再针对所选择的指向和观测星座的起始时间，进行与此试验相对应的平均epfd的计算。

重复进行此操作，以便获得所考虑区域的epfd分布统计。此方法涉及到多次试验，其中每个试验均根据2 000秒的积分间隔计算平均epfd值。试验的次数越多，此分布情况越精确。需要进行足够次数的试验才能获得所需的可信值。尤其是，试验数目与2 000秒的积分时间的乘积应显著高于星座的阶段。而且，还有必要确保星座整个阶段有适当的统计抽样。一当发现在分布中没有进一步的显著变化，即可得出结论，试验的次数已经足够。此检查可作为模拟工作的一项不可分割的内容自动进行，或通过定期停止模拟工作人工进行。

3 数据损耗百分比方面的输出

第2段中所述的epfd的确定提供了天空中每一区域的epfd值分布。可将此与用于射电天文测量的门限值相比较。当超出这些值时，就会发生一些射电天文数据损耗。这种损耗的百分比被定义为，所有这些区域的损耗的总数除以试验次数。图2以一非GSO RNSS星座为例，介绍了整个天空每区域数据损耗百分比的情况。

图 2

天空中的数据损耗分布

