

## 附录8（WRC-15，修订版）

确定共用同一频段的各对地静止卫星  
网络之间是否需要协调的计算方法

## 1 引言

按照第9.7款确定是否需要协调的计算方法是以被干扰系统的噪声温度随干扰发射电平的增加而增加这个概念为根据的。因此，应用时与这些卫星网络的调制特性以及所使用的精确频率无关。

本方法对由某已知系统的干扰发射而引起的卫星链路等效噪声温度的视在增量做了计算（见下述§2），该增量与卫星链路等效噪声温度之比用百分比表示，并将其与门限值相比较（见下述§3）。

## 2 计算受发射干扰而引起的卫星链路等效噪声温度的视在增量

考虑了两种可能的情况：

情况I： 使用网络和干扰网络在同一传输方向上共用一个或几个频段；

情况II： 使用网络和干扰网络在相反传输方向上共用一个或几个频段（双向使用）。

这两种情况包括了从间距小的到接近地球两极间距位置的所有卫星间相对的位置。

## 2.1 参数

设A为S卫星所属网络R的卫星链路，而A'为S'卫星所属网络R'的卫星链路。有关A'卫星链路的各符号均带有一撇，而与A卫星链路有关的则不带一撇。

（卫星链路A的）各参数定义如下：

$T$ ： 折算到地球站接收天线输出端的卫星链路等效噪声温度（K）；

$T_s$ ： 折算到空间电台接收天线输出端的空间电台接收系统的噪声温度（K）；

$T_e$ ： 折算到地球站接收天线输出端的地球站接收系统的噪声温度（K）；

$\Delta T_s$ ： 由一种干扰发射引起的S卫星接收系统折算到该卫星接收天线输出端的噪声温度的视在增量（K）；

$\Delta T_e$ ： 由一种干扰发射引起的地球站e<sub>R</sub>中接收系统折算到该电台接收天线输出端的噪声温度的视在增量（K）；

$P_s$ : 送至S卫星天线的每赫兹最大功率密度（当载频小于15 GHz时，在最坏的4 kHz频段内取平均值，或当载频大于15 GHz时，在最坏的1 MHz的频段内取平均值）（W/Hz）；

$g_s(\eta)$ : 在 $\eta$ 方向上S卫星的发射天线增益（功率比值）；

$\eta_A$ : 自S卫星起，计算A卫星链路的接收地球站 $e_R$ 的方向；

$\eta_e'$ : 自S卫星起，计算A'卫星链路的接收地球站 $e'_R$ 的方向；

注— $p_s g_s(\eta_e')$ 的积是在A'卫星链路接收地球站 $e'_R$ 方向上，S卫星的每赫兹最大等效全向辐射功率。

$\eta_s'$ : 自S卫星起，计算S'卫星的方向；

$P_e$ : 送至发射地球站 $e_T$ 天线每一赫兹的最大功率密度（当载频小于15 GHz时，在最坏的4 kHz频段内取平均值，或当载频大于15 GHz时，在最坏的1 MHz频段内取平均值）（W/Hz）；

$g_s(\delta)$ : S卫星接收天线在 $\delta$ 方向上的增益（功率比值）；

$\delta_A$ : 自S卫星起，计算A卫星链路发射地球站 $e_T$ 的方向；

$\delta_e$ : 自S卫星起，计算A'卫星链路发射地球站 $e'_T$ 的方向；

$\delta_s'$ : 自S卫星起，计算S'卫星的方向；

$\theta_r$ : 考虑了电台在经度上的精度保持的容限后，两个卫星间顶心角的间隔<sup>1</sup>，以度为单位。

注—顶心角 $\theta_r$ 只能用于处理第I种情况；

$\theta_g$ : 考虑了电台在经度上的精度保持的容限后，两个卫星间的地心角间隔，以度为单位。

注—地心角 $\theta_g$ 只能用于处理第II种情况；

$g_t(\theta_r)$ : 地球站 $e_T$ 的发信天线在S'卫星方向上的增益（功率比值）；

$g_r(\theta_r)$ : 地球站 $e_R$ 接收天线在S'卫星方向上的增益（功率比值）；

$k$ : 波尔兹曼常数（ $1.38 \times 10^{-23}$  J/K）；

<sup>1</sup> 附件I给出了计算顶心角间隔的方法。

$l_d$ : 自S卫星至接收地球站 $e_R$ 所估算的卫星链路A下行链路的自由空间传输损耗<sup>2</sup>（功率比值）；

注 – 自S卫星或S'卫星至接收地球站 $e_R$ 或者 $e'_R$ 所估算的任何下行链路的自由空间传输损耗，可认为等于 $l_d$ ；

$l_u$ : 自地球站 $e_T$ 至S卫星所估算的卫星链路A的上行链路自由空间的传输损耗<sup>2</sup>（功率比值）；

注 – 自地球站 $e_T$ 或 $e'_T$ 至S卫星或S'卫星所估算的任何上行链路自由空间的传输损耗，可认为等于 $l_u$ 。

$l_s$ : 自S'卫星到S卫星所估算的卫星间链路的自由空间传输损耗<sup>2</sup>。（功率比值）

$\gamma$ : 自S卫星接收天线输出端至地球站 $e_R$ 接收天线输出端所估算的被干扰的某一卫星链路的传输增益（功率比值，通常小于1）；

## 2.2 一般方法

在下面各公式里，计算 $l_d$ 、 $l_u$ 和 $l_s$ 所使用的频率是在所考虑的方向上两个网络公用频段的平均频率。在给定的方向上，如果两个网络的频段指配没有重叠，则相应的数值（ $\Delta T_s$ 或 $\Delta T_e$ ）应等于零。对于一个网络在附录4的数据没有公布的情况下，对该网络指配的频段应认为是附录4内提供的频率范围。

### 2.2.1 第I种情况 – 使用网络和干扰网络在同一传输方向上共用同一个频段

$g_1(\theta_t)$ 和 $g_4(\theta_t)$ 是各有关地球站的增益。如果既无已测数据又无相关主管部门所接受的ITU-R的相关建议书可用时，应使用附件III给出的各辐射图。

#### 2.2.1.1 卫星上载有简单变频转发器

由以下各式给出参数 $\Delta T_s$ 和 $\Delta T_e$ ：

$$\Delta T_s = \frac{p'_e g'_1(\theta_t) g_2(\delta_{e'})}{k l_u} \quad (1)$$

$$\Delta T_e = \frac{p'_s g'_3(\eta_e) g_4(\theta_t)}{k l_d} \quad (2)$$

用符号 $\Delta T$ 代表自A'链路干扰发射引起的，折算到接收地球站 $e_R$ 的接收天线输出端的整个卫星链路的等效噪声温度视在增量。

该增量系由同时进入A链路的卫星接收机和地球站接收机的干扰发射所引起，因此可表示为。

$$\Delta T = \gamma \Delta T_s + \Delta T_e \quad (3)$$

<sup>2</sup> 附件II 给出了自由空间传输损耗的计算方法。

由此得出：

$$\Delta T = \gamma \frac{p'_e g'_1(\theta_t) g_2(\delta_{e'})}{kl_u} + \frac{p'_s g'_3(\eta_{e'}) g_4(\theta_t)}{kl_d} \quad (4)$$

附件IV给出在第I种情况下应用本附录所提供的方法进行计算的例子。

同理，使用如下方程式得出受到A卫星链路干扰影响的整个卫星链路等效噪声温度增量 $\Delta T'$ ，该值是折算到 $e'_R$ 接收地球站的接收天线输出端的：

$$\Delta T'_{s'} = \frac{p_e g_1(\theta_t) g'_2(\delta_e)}{kl_u} \quad (5)$$

$$\Delta T'_{e'} = \frac{p_s g_3(\eta_{e'}) g'_4(\theta_t)}{kl_d} \quad (6)$$

$$\Delta T' = \gamma \frac{p_e g_1(\theta_t) g'_2(\delta_e)}{kl_u} + \frac{p_s g_3(\eta_{e'}) g'_4(\theta_t)}{kl_d} \quad (7)$$

#### 2.2.1.2 需对上行链路和下行链路分别处理的情况

如果卫星的调制方式有改变，如果没有提供所考虑的卫星网络的发射增益，或如果从卫星上开始发射，则噪声温度的视在增量必定与所研究的特定链路（无论空间电台还是地球站均适用）的整个收信系统的噪声温度有关。此时，不使用整个卫星链路的等效噪声温度和传输增益，而分别按要求使用上述（1）和（2）式（见第3.2节）。（WRC-03）

#### 2.2.2 第II种情况 – 使用网络和干扰网络在相反传输方向上共用相同频段（双向使用）

下面的计算方法仅适用于各卫星间的干扰发射。

在相反传输方向上使用同一频段（双向使用）的各地球站间的干扰应该按照地球站和地面电台间协调所使用的类似协调程序处理。

第II种情况的所有方程式中都应使用地心角 $\theta_g$ 。

##### 2.2.2.1 卫星上载有简单变频转发器

折算到A链路的卫星接收天线输出端的噪声温度增量 $\Delta T_s$ 由下式给出：

$$\Delta T_s = \frac{p'_s g'_3(\eta_s) g_2(\delta_{s'})}{kl_s} \quad (8)$$

而链路等效噪声温度视在增量由下式给出：

$$\Delta T = \gamma \Delta T_s \quad (9)$$

由A链路的卫星干扰发射引起的A'链路的等效噪声温度增量 $\Delta T'$ 由下式表示:

$$\Delta T' = \gamma' \Delta T_s' = \frac{\gamma' p_s g_3(\eta_s') g_2'(\delta_s)}{k l_s} \quad (10)$$

### 2.2.2.2 上行链路和下行链路需分别处理的情况

在这种情况下, 直接使用(8)式和 $T_s$ 以求得增加的百分数。以类似的方法可得到由A链路的卫星的干扰发射引起的A'链路的噪声温度增量 $\Delta T_s'$ 。

### 2.2.3 极化隔离的考虑

只有负责每个网络的各主管部门都同意这个方法并已通知或公布其极化, 以便按照第9.7款的规定进行协调时, 才考虑本段提到的极化隔离系数。此时, 应由下式确定卫星链路等效噪声温度视在增量:

$$\text{第I种情况} \quad \Delta T = \frac{\gamma \Delta T_s}{Y_u} + \frac{\Delta T_e}{Y_d}$$

$$\text{第II种情况} \quad \Delta T = \frac{\gamma \Delta T_s}{Y_{ss}}$$

式中,  $\Delta T_s$ 和 $\Delta T_e$ 的值于§2.2.1和§2.2.2中给出, 而极化隔离系数 $Y_u$ 、 $Y_d$ 和 $Y_{ss}$ 各值由下表给出:

极化		极化隔离系数 (功率比值) $Y$
R网络	R'网络	
LHC	RHC	4
LHC	L	1.4
RHC	L	1.4
LHC	LHC	1
RHC	RHC	1
L	L	1

表中:

LHC: 左旋圆 (逆时针向)  
RHC: 右旋圆 (顺时针向)  
L: 线性

### 2.3 卫星链路等效噪声温度增量的计算中所应考虑的各卫星链路的确定 (仅用于第I种情况)

必须确定拟建的卫星网络的干扰发射对现有的或正在规划中的任何一个其他卫星网络的链路所引起的卫星链路等效噪声温度的最大增量。

对于每个受干扰网络的卫星接收天线来说，应把干扰网络的“地对空”业务区叠加到在地球表面图上绘制出的空间电台接收天线增益等值线上来确定位置最不利的干扰网络发射地球站。位置最不利的发射地球站就是在受干扰网络的卫星接收天线增益最大方向的那个站。

对于每个受干扰网络的“空对地”业务区，应该用同样的方法确定该网络的位置最不利的接收地球站。这种接收地球站就是在干扰网络卫星发射天线增益最大方向的那个站。

## 2.4 使用附录4所提供的资料

当一个主管部门决定使用附录4提供的资料和§2.2.1.1和§2.2.2.1给出的计算程序，以便形成意见时，对所提供的 $\gamma$ 和 $T$ 两组数值需进行计算。从这些计算中得出的 $\Delta T/T$ 两个值中较大的一个就是应该使用的值。（WRC-15）

## 3 对已计算出的噪声温度增量百分比和门限值的比较

### 3.1 卫星上载有简单变频转发器

用百分比表示 $\Delta T/T$ 和 $\Delta T'/T'$ 的计算值，应与6%<sup>3</sup>的门限值进行比较。

- 如果由A'卫星链路对A卫星链路的任何干扰发射所引起的、用百分数表示的 $\Delta T/T$ 的计算值不大于门限值，则A'链路对A链路的干扰不需要进行协调。
- 如果用百分数表示的 $\Delta T/T$ 的计算值大于门限值，则需要协调。

用百分比所表示的 $\Delta T'/T'$ 与门限值的比较也应类似的方法进行。

### 3.2 要求上行链路和下行链路分别处理的情况

- a) 在干扰只影响一个链路即上行链路或下行链路时，用百分比表示的 $\Delta T_e/T_e$ 的值或 $\Delta T_s/T_s$ 的值应该与6%<sup>3</sup>的门限值进行比较。
- b) 在干扰同时影响上行链路和下行链路，其间卫星的调制方式有改变的情况下，或在没有提供传输增益和等效噪声温度的选用值的情况下，用百分比表示的 $\Delta T_e/T_e$ 或 $\Delta T_s/T_s$ 的值应分别与6%<sup>3</sup>的门限值进行比较。（WRC-03）

<sup>3</sup> 在应用附录30和附录30A时，使用6%以外的值。

## 4 窄带和FM-TV载频的考虑

本附录所描述的计算方法可能低估了慢扫描电视载频对某些窄带载频（单载波单路（SCPC））造成的干扰。

为便于在卫星系统间进行协调并减少协调程序所牵涉的主管部门的数目，凡使用SCPC的主管部门，其频率指配已在频率登记总表中登记，或者正在进行协调的，应该将其进行SCPC传输时在它们系统中所使用的无线频道告诉负责通知其新的频率指配的主管部门，使通知的主管部门进行FM-TV传输时可以避免使用这些频道。

对此特殊情况，主管部门应参阅ITU-R关于指导促进随后协调的有关文件。

相反，引入应用SCPC传输新系统的主管部门应从其他主管部门寻求它们进行FM-TV传输的适当资料。

### 附件1

#### 两个对地静止卫星间的顶心角间隔的计算

从一给定的地球站来确定两个对地静止卫星的顶心角间隔，可用下列公式：

$$\theta_t = \arccos \left[ \frac{d_1^2 + d_2^2 - \left( 84\,332 \sin \frac{\theta_g}{2} \right)^2}{2d_1 \cdot d_2} \right]$$

式中 $d_1$ 和 $d_2$ 分别是自地球站至两个卫星间的距离（km），而作为距离 $d$ 系用附件II所述的方法计算， $\theta_g$ 如在第2.1段中所规定。

### 附件2

#### 自由空间传输损耗的计算

自由空间传输损耗 $L$ 可以用下式进行计算：

$$L = 20 (\log f + \log d) + 32.45 \quad \text{dB}$$

式中：

$f$ ： 频率（MHz）

$d$ ： 距离（km）。

a) 地球站和对地静止卫星间的距离 $d$ 由下式所示:

$$d = 42\,644 \sqrt{1 - 0.2954 \cos \psi} \quad \text{km}$$

式中:

$$\cos \psi = \cos \zeta \times \cos \beta$$

式中:

$\zeta$ : 地球站的纬度;

$\beta$ : 卫星和地球站间的经度差。

注 - 如果 $\cos \psi < 0.151$ , 则卫星在水平面以下。

b) 两个对地静止卫星间的距离 $d_s$ 确定如下:

$$d_s = 84\,332 \sin \frac{\theta_g}{2} \quad \text{km}$$

式中:

$\theta_g$ : 按第2.1段所规定的地心角间隔。

### 附件3

#### 未公布地球站天线辐射方向性图时使用的辐射方向性图

如果既无测量数据, 又无有关主管部门接受的ITU-R的相关建议书可用, 则各有关主管部门可用如下所示的参考辐射图 (dBi):

a) 当  $\frac{D}{\lambda} \geq 100$  时 (最大增益  $\geq 48$  dBi左右):

$$G(\varphi) = G_{max} - 2.5 \times 10^{-3} \left( \frac{D}{\lambda} \varphi \right)^2 \quad \text{对于} \quad 0 < \varphi < \varphi_m$$

$$G(\varphi) = G_1 \quad \text{对于} \quad \varphi_m \leq \varphi < \varphi_r$$

$$G(\varphi) = 32 - 25 \log \varphi \quad \text{对于} \quad \varphi_r \leq \varphi < 48^\circ$$

$$G(\varphi) = -10 \quad \text{对于} \quad 48^\circ \leq \varphi \leq 180^\circ$$

<sup>4</sup> 如果  $\frac{D}{\lambda}$  不是已知的, 可从式  $20 \log \frac{D}{\lambda} \approx G_{max} - 7.7$  中得出, 式中  $G_{max}$  是天线主瓣增益, 用dBi表示。



式中:

$D$ : 天线直径  
 $\lambda$ : 波长

用同一单位表示

$\varphi$ : 用度表示的天线主轴偏离角, 视情况等于 $\theta_r$ 或 $\theta_g$ ,

$G_1$ : 第1个旁瓣增益 $=2+15 \log \frac{D}{\lambda}$

$$\varphi_m = \frac{20\lambda}{D} \sqrt{G_{max} - G_1} \quad (\text{度})$$

$$\varphi_r = 15.85 \left( \frac{D}{\lambda} \right)^{-0.6} \quad (\text{度})$$

b) 当 $\frac{D}{\lambda} < 100^4$ 时 (最大增益 $< 48$  dBi左右):

$$G(\varphi) = G_{max} - 2.5 \times 10^{-3} \left( \frac{D}{\lambda} \varphi \right)^2 \quad \text{对于} \quad 0 < \varphi < \varphi_m$$

$$G(\varphi) = G_1 \quad \text{对于} \quad \varphi_m \leq \varphi < 100 \frac{\lambda}{D}$$

$$G(\varphi) = 52 - 10 \log \frac{D}{\lambda} - 25 \log \varphi \quad \text{对于} \quad 100 \frac{\lambda}{D} \leq \varphi < 48^\circ$$

$$G(\varphi) = 10 - 10 \log \frac{D}{\lambda} \quad \text{对于} \quad 48^\circ \leq \varphi \leq 180^\circ$$

为更符合实际使用的天线辐射图上述图形可视情况进行修改。

#### 附件4

### 实施附录8的实例

## 1 概述

本例是在第1种情况下 (见第2.2.1节) 设想有二个相同的卫星网络, 每个具有一个简单变频转发器和一个球面覆盖天线。

所有顶心角 $\theta_i$ 假定等于 $5^\circ$ 。

对该角间隔以及对 $D/\lambda$ 大于100的地球站天线来说, 在另一个网络的卫星方向上参考辐射图 (32 - 25  $\log \theta_r$ ) 给出的增益为14.5 dBi。

下述第2节提供了输入数据, 除参数 $T$ 和 $\theta_i$ 外均用dB表示。第3节也用dB进行计算。

应该注意的是，由于两个卫星都使用球面波束，实际上，在卫星上的天线实际上不能区分有用信号和无用信号，因此，这就构成极端不利情况。

2 输入数据

下表所示的网络参数值系引自附录4所发表的数值。

	符号*	数值	单位
上行链路 用6 175 MHz	$P_e'$	-37	dB(W/Hz)
	$G_1'(\theta_i)$	14.5	dB
	$G_2(\delta_{e'})$	15.5	dB
	$L_u$	200	dB
下行链路 用3 950 MHz	$P_s'$	-57	dB(W/Hz)
	$G_3(\eta_e)$	15.5	dB
	$G_4(\theta_t)$	14.5	dB
	$L_d$	196	dB
	$10 \log \gamma$	-15	dB
	$T$	105	K
	$\theta_t$	5	度

\* 除T外的所有大写符号以对数表示。

3  $\frac{\Delta T}{T}$  的计算

从(1)式得

$$\begin{aligned} 10 \log \Delta T_s &= P_e' + G_1'(\theta_i) + G_2(\delta_{e'}) + 228.6 - L_u \\ &= -37 + 14.5 + 15.5 + 228.6 - 200 = 21.6 \end{aligned} \quad \text{dBK}$$

因此，

$$\Delta T_s = 145 \quad \text{K}$$

从(2)式得

$$\begin{aligned} 10 \log \Delta T_e &= P_s' + G_3(\eta_e) + G_4(\theta_t) + 228.6 - L_d \\ &= -57 + 15.5 + 14.5 + 228.6 - 196 = 5.6 \end{aligned} \quad \text{dBK}$$

因此：

$$\Delta T_e = 3.6 \quad \text{K}$$

从(3)式得

$$\begin{aligned}\Delta T &= \gamma \Delta T_s + \Delta T_e \\ &= 0.032 \times 145 + 3.6 = 8.2 \quad \text{K}\end{aligned}$$

这样

$$\frac{\Delta T}{T} \times 100 = \frac{8.2 \times 100}{105} = 7.8 \quad \%$$

## 4 结论

在上述例子中，卫星链路的等效噪声温度增量的百分比为7.8%。因为该值超过6%的门限值，所以两个网络间需要协调。