

ITU-R S.524-9 建议书

**卫星固定业务中以 6 GHz、13 GHz、14 GHz 及 30 GHz 频带发射的
对地静止卫星轨道网络中的地球站轴外等效全向辐射功率
(e.i.r.p.) 密度的最大允许电平**

(ITU-R 70/4 号研究课题和 ITU-R 259/4 号研究课题)

(1978-1982-1986-1990-1992-1994-2000-2001-2003-2006 年)

范围

本建议书提供了与在卫星固定业务中工作和以 6 GHz、13 GHz、14 GHz 及 30 GHz 频带发射的对地静止卫星网络相关联的地球站不能超过的最大轴外等效全向辐射功率 (e.i.r.p.) 密度电平。大量的注释提供了轴外 e.i.r.p. 电平应用的附加指南。

国际电联无线电通信全会，

注意到

- a) 卫星固定业务 (FSS) 的诸对地静止卫星网络是在相同的频带内工作的;
- b) 依照《无线电规则》(RR)，某些在 FSS 中的非对地静止卫星网络可以在与某些对地静止卫星网络相同的频带内工作;
- c) 卫星固定业务网络之间的干扰是导致网络中噪声的一个因素;
- d) 必需保护卫星固定业务网络免受其他同类网络的干扰;
- e) 必需规定来自地球站轴外 e.i.r.p 密度的最大允许电平，以促进对地静止卫星网络之间的协调，并且也适用于限制 GSO FSS 地球站对非 GSO 系统的上行链路的干扰功率;
- f) 相邻卫星网络的地球站对空间站接收机的干扰是地球站轴外 e.i.r.p. 密度的函数;
- g) 使用轴外性能最佳的天线将导致射频频谱和对地静止卫星轨道的最有效的使用;
- h) 轴外 e.i.r.p. 密度电平决定于旁瓣增益、发射机的输出功率电平和该功率的频谱分布，

注意到

- a) 附件 1 和附件 2 描述了推导出本建议书中各项限定值的根据，

建议

1 FSS 中工作于以 5 725-7 075 MHz 频带发射的 GSO 网络内的地球站应设计为：在偏离地球站天线主瓣轴 2.5° 或更大的任何角度 φ 上，在对地静止卫星轨道的 3° 范围内，任何方向的 e.i.r.p. 密度不得超过下列数值：

1.1 除下面 § 1.2 和 § 1.3 中所考虑之外的各系统的辐射：

偏离轴线角度	每 4 kHz 的最大 e.i.r.p.
$2.5^\circ \leq \varphi < 48^\circ$	$(35 - 25 \log \varphi)$ dB(W/4 kHz)
$48^\circ \leq \varphi \leq 180^\circ$	-7 dB(W/4 kHz);

1.2 话音激活 SCPC/FM 电话系统的辐射：

偏离轴线角度	每 40 kHz 的最大 e.i.r.p.
$2.5^\circ \leq \varphi < 48^\circ$	$(42 - 25 \log \varphi)$ dB(W/40 kHz)
$48^\circ \leq \varphi \leq 180^\circ$	0 dB(W/40 kHz);

1.3 话音激活 SCPC/PSK 电话系统的辐射：

偏离轴线角度	每 40 kHz 的最大 e.i.r.p.
$2.5^\circ \leq \varphi < 48^\circ$	$(45 - 25 \log \varphi)$ dB(W/40 kHz)
$48^\circ \leq \varphi \leq 180^\circ$	3 dB(W/40 kHz);

2 对于使用除建议 1.2 和 1.3 所考虑之外的辐射的、以 5 725-7 075 MHz 频带发射的、在 1988 年以后安装的新型地球站天线，其 e.i.r.p. 密度应不超过下列数值：

偏离轴线角度	每 4 kHz 的最大 e.i.r.p.
$2.5^\circ \leq \varphi \leq 7^\circ$	$(32 - 25 \log \varphi)$ dB(W/4 kHz)
$7^\circ < \varphi \leq 9.2^\circ$	11 dB(W/4 kHz)
$9.2^\circ < \varphi \leq 48^\circ$	$(35 - 25 \log \varphi)$ dB(W/4 kHz)
$48^\circ < \varphi \leq 180^\circ$	-7 dB(W/4 kHz);

3 FSS 中工作于以 12.75-13.25 GHz 和 13.75-14.5 GHz 频带发射的 GSO 网络内的地球站应设计为：在偏离地球站天线主瓣轴 2.5° 或更大的任何角度 φ 上，在对地静止卫星轨道的 3° 范围内，任何方向的 e.i.r.p. 密度不得超过下列数值：

3.1 除建议 3.2 中所考虑之外的各系统的辐射：

偏离轴线角度	每 40 kHz 的最大 e.i.r.p.
$2.5^\circ \leq \varphi \leq 7^\circ$	$(39 - 25 \log \varphi)$ dB(W/40 kHz)
$7^\circ < \varphi \leq 9.2^\circ$	18 dB(W/40 kHz)
$9.2^\circ < \varphi \leq 48^\circ$	$(42 - 25 \log \varphi)$ dB(W/40 kHz)
$48^\circ < \varphi \leq 180^\circ$	0 dB(W/40 kHz)。

3.2 对于有或无能量扩散的 FM-TV 辐射，发射的 FM-TV 载波的总的轴外 e.i.r.p. 应不超过下列数值：

偏离轴线角度	最大 <i>e.i.r.p.</i>
$2.5^\circ \leq \varphi \leq 7^\circ$	$(53 - 25 \log \varphi)$ dBW
$7^\circ < \varphi \leq 9.2^\circ$	32 dBW
$9.2^\circ < \varphi \leq 48^\circ$	$(56 - 25 \log \varphi)$ dBW
$48^\circ < \varphi \leq 180^\circ$	14 dBW

应始终使用节目材料或适当的测试图来调制有或无能量扩散的 FM-TV 辐射，以减少对其他网络的干扰。附件 1 的图 1 提供了用节目材料加能量扩散所调制的 FM-TV 载波的典型频谱分布的一个实例。如果 FM-TV 辐射未被调制，则应使用能量扩散以便于建议 3.1 中的电平被超过的量不大于 3 dB；

3.3 对于在对地静止卫星轨道的 3° 范围外的区域，在任何方向，建议 3.1 和 3.2 中给出的电平被超过的量不大于 3 dB；

4 FSS 中工作于以 27.5-30 GHz 频带发射的 GSO 网络内的地球站应设计为：在偏离地球站天线主瓣轴 2° 或更大的任何角度 φ 上，在对地静止卫星轨道的 3° 范围内，任何方向的 e.i.r.p. 密度应不超过下列数值：

偏离轴线角度	每 40 kHz 的最大 <i>e.i.r.p.</i>
$2.5^\circ \leq \varphi \leq 7^\circ$	$(19 - 25 \log \varphi)$ dB(W/40 kHz)
$7^\circ < \varphi \leq 9.2^\circ$	-2 dB(W/40 kHz)
$9.2^\circ < \varphi \leq 48^\circ$	$(22 - 25 \log \varphi)$ dB(W/40 kHz)
$48^\circ < \varphi \leq 180^\circ$	-10 dB(W/40 kHz)。

对于在对地静止卫星轨道的 3° 范围外的区域，在任何方向的上述电平被超过的量不大于 3 dB。

正在进行研究以修订该值；

5 下列注释应被视为本建议书的一部分：

注 1 — 上述建议 1.2 中的各项值适用于基带为 4 kHz 的话音电话的正常工作，是基于平均功率噪声分析的。

注 2 — 较低的旁瓣 e.i.r.p. 值可提高轨道利用率和易于协调，所以如果可行，鼓励各主管部门在实行时能达到较低的数值（例如通过使用在 GSO 平面内具有改善的模式性能的天线）。

注 3 — 建议 1-4 中的值是晴空条件下的最大值。在系统采用上行链路功率控制的情况下，这些电平包括超过执行上行链路功率控制所需的最小晴空电平的任何附加余量。当采用上行链路功率控制并出于降雨衰落需要时，在那一持续时间内可能超过建议 3 和 4 中所规定的电平。当不使用上行链路功率控制并且不满足上述建议 3 和 4 中给出的 e.i.r.p. 密度时，考虑到特定的要求（例如降雨衰落的影响）和涉及的卫星网络的参数，可以通过双边协调来商定不同的值。

注 4 — 考虑到涉及的两个卫星网络的特定参数, 对于偏离轴线角度小于 2.5° (对于 6 GHz、13 GHz 和 14 GHz 范围) 以及偏离轴线角度小于 2° (对于 30 GHz 范围), e.i.r.p. 密度电平可通过协调协定来确定。

注 5 — 在对地静止卫星轨道的 3° 范围外的轴外 e.i.r.p. 密度电平不适用于在 2000 年 6 月 2 日之前准备使用¹ 的地球站天线, 也不适用于在 2000 年 6 月 2 日之前已经收到完整的协调或通知信息的、在 FSS 中与卫星网络相关联的地球站。

使用 12.75-13.25 GHz 和 13.75-14.5 GHz 频带的非 GSO FSS 系统的上行链路应设计为: 在对地静止卫星轨道的 3° 范围内, 允许来自 GSO FSS 网络的地球站的干扰超过建议 3 中的轴外 e.i.r.p. 密度电平最大为 3 dB。

注 6 — 对于预计在同一 40 kHz 频带内持续和同时发射的地球站所在的 GSO 系统, 例如对于采用码分多址 (CDMA) 的 GSO 系统, 最大的轴外 e.i.r.p. 密度值应减少 $10 \log(N)$ dB, 其中 N 是在与地球站通信的接收卫星波束内的这些地球站的数量, 这些地球站预计在同一频带内同时发射。

注 7 — 工作于 27.5-30 GHz 频带内的地球站应设计为: 其 90% 的轴外 e.i.r.p. 峰值密度电平不超过建议 4 中给出的电平。考虑到对相邻卫星的干扰电平, 需要进一步研究以确定允许这些超出值的偏离轴线角度范围。轴外 e.i.r.p. 峰值密度的统计处理应使用 ITU-R S.732 建议书中的方法进行。

注 8 — 在 29.5-30 GHz 频带内, 建议 4 中给出的轴外 e.i.r.p. 密度电平不适用于与在 2000 年 6 月 2 日之前投入使用的 GSO 网络相关联的地球站。

注 9 — 从 2003 年 7 月 1 日起, 对于与 GSO 网络一起工作于 27.5-29.5 GHz 频带内的地球站, 建议 4 的应用需要考虑到现有的 GSO 网络。

注 10 — 由于距离增加和大气吸收的共同影响, 工作于 27.5-30 GHz 频带内的 FSS 地球站, 其具有对 GSO 的较低的仰角, 将需要与在较高仰角处的同一终端相关的较高的 e.i.r.p. 电平, 以在 GSO 处获得相同的功率谱密度 (pfd)。具有低仰角的地球站可能超过建议 4 中的电平下列数值 (见附件 2):

对 GSO 的仰角 (ϵ)	增加的 e.i.r.p. 密度 (dB)
$\epsilon \leq 5^\circ$	2.5
$5^\circ < \epsilon \leq 30^\circ$	$3 - 0.1 \epsilon$

注 11 — 在遥控指令的常规和紧急模式中, 发射给 GSO FSS 卫星的遥控指令和测距载波可能超过建议 3 中给出的电平。当在常规模式下工作时, 可能超过这些电平的数值为 16 dB。对于在 27.5-30 GHz 频带内运行遥控指令和测距载波的地球站, 需要进一步的研究。

¹ “准备使用”与天线已经安装但由于不可抗力已推迟了服务开通时间的情况有关。

注 12 — 在 27.5-29.0 GHz 频率范围内, 对于其天线直径小于 65 cm 的地球站, 最多可超过建议 4 中给出的轴外 e.i.r.p. 密度电平 3 dB, 只要最大的轴外 e.i.r.p. 密度不超过下列数值:

偏离轴线角度	每 2 MHz 的最大 e.i.r.p.
$2^\circ \leq \varphi \leq 7^\circ$	$(37 - 25 \log \varphi - 10 \log M)$ dB (W/2 MHz)
$7^\circ < \varphi \leq 9.2^\circ$	$(16 - 10 \log M)$ dB (W/2 MHz)
$9.2^\circ < \varphi \leq 48^\circ$	$(40 - 25 \log \varphi - 10 \log M)$ dB (W/2 MHz)
$48^\circ < \varphi \leq 180^\circ$	$(7 - 10 \log M)$ dB (W/2 MHz)。

其中 M 是在与地球站通信的卫星接收波束内的这些地球站的数量, 这些地球站预计在相同的 2 MHz 频带内同时发射并具有相同的极化。应注意, 对于这些情况, 为了在地对空方向上达到与可能由轴外 e.i.r.p. 引起的干扰相同的相邻卫星干扰, 将需要减少 e.i.r.p. 密度或者进行另外的轨道分离, 其值在建议 4 中规定。

注 13 — 适用于 48° 到 180° 偏离轴线角度的建议 4 中的电平旨在计算溢出效应。

附 件 1

1 引言

从一部地球站发射机进入其他网络的卫星接收机的干扰, 直接与干扰地球站天线的轴外频谱 e.i.r.p. 密度有关。这不仅是地球站天线旁瓣性能的一个函数, 而且还取决于发射机的功率电平和频谱密度, 它们又将受到卫星系统总体设计的影响。

确定轴外频谱 e.i.r.p. 密度的建议限定值, 可从两个观点着手进行:

- 限制进入另一颗卫星的干扰电平, 特别考虑到对采用大型地球站天线的一些网络的干扰;
- 确定地球站的轴向 e.i.r.p. 要求, 特别是对那些使用相对较小的天线并考虑这类天线预计可提供的轴向和轴外增益的地球站。

2 6 GHz 频带的轴外 e.i.r.p. 密度限定值的考虑

对上述两种观点进行研究而得出的结论是, 上行链路的发射在约 6 GHz 时, 建议的限定值应取下列形式。

在偏离地球站天线主瓣轴 2.5° 或更大的任何角度 φ 上, 在对地静止卫星轨道的 3° 范围内, 任何方向的每 4 kHz 的 e.i.r.p. 应不超过下列数值:

偏离轴线角度	每 4 kHz 的最大 e.i.r.p.
$2.5^\circ \leq \varphi \leq 25^\circ$	$(E - 25 \log \varphi)$ dB (W/4 kHz)
$25^\circ < \varphi \leq 180^\circ$	$(E - 35)$ dB (W/4 kHz)

其中, E 的值应在 32.0-38.5 的范围以内。 E 的值应尽可能的小, 而且因频带而异。对于有些卫星系统的应用, 可能希望通过在近轴角区 (例如 $\varphi \leq 7^\circ$) 采用更严格的 E 值 (例如 32), 而后放宽较大偏离轴线角度上的 E 值的方法, 制定出一种轴外 e.i.r.p. 密度的限定值。这种分段限定值的型式, 将在该值能更有效地限制对相邻卫星产生干扰的那些角度区上, 起抑制轴外辐射的作用。

从容许的干扰进入具有大型地球站天线的卫星网络的观点来看, 可以看出 E 值为 38.5 时, 将允许地球站在偏轴 5° 上辐射 21.0 dB (W/4 kHz) 的最大 e.i.r.p. 密度。

从具有小型天线的地球站合理要求的观点来看, 可考虑的情况有如下 4 种:

情况 1: 高密度 FM 载波 — 大型站;

情况 2: FM-TV — 小型站 (全球卫星天线);

情况 3: FM-TV — 广播卫星上行链路;

情况 4: 每载波单路 (SCPC) — 窄带。

假设:

- 卫星噪音温度 $\leq 3\ 000$ K;
- 卫星天线增益 ≥ 16 dB;
- 在偏离轴线角度小于 25° 时, 地球站天线符合 ITU-R S.465 建议书, 但大于 25° 时, 旁瓣包络线具有 -3 dBi 的恒定电平;
- $10 \log$ (地球站噪音温度) ≥ 19 。

(偏离轴线角度为 5° 时的最小功率密度数值示于表 1。)

表 1

典型载波的最小轴外 e.i.r.p. 密度

	FDM-FM 1332 路 36 MHz RF 带宽	FM-TV	FM-TV 广播卫星 上行链路	SCPC 全球
卫星 G/T (dB (K ⁻¹))	-7	-17	0	-17
上行链路 C/T (dB (W/K))	-125	-137	-134	-154
e.i.r.p. (dBW)	82	80	66	63
地球站天线发射增益 (dB)	60	53	46	53
输入到地球站天线的 RF 功率 (dBW)	22	27	20	10

表 1 (续)

	FDM-FM 1332 路 36 MHz RF 带宽	FM-TV	FM-TV 广播卫星 上行链路	SCPC 全球
输入到地球站天线的 RF 频谱密度 (dB(W/4 kHz))	-8	0	-4	0
$E_{5^{\circ}}$ (dB(W/4 kHz)) ⁽¹⁾	6.5	14.5	10.5	14.5

⁽¹⁾ 假设 $32 - 25 \log \phi$ 关系式时 5° 上的辐射。

情况 2 将发生最坏的干扰, 表 1 中 53 dB 增益对应于一副 10 m 直径的天线。所需的发射机功率约为 500 W。在扩谱得益为 27 dB (2 MHz) 时, 标称的发射功率密度将为 0 dB (W/4 kHz), 结果在 5° 处产生 14.5 dB (W/4 kHz) 的轴外辐射。

虽然情况 4 显示出轴外 e.i.r.p. 密度辐射具有相似的数值, 但仍务必考虑其他一些因素。每载波单路 (SCPC) 是低电平的载波, 其标称的地球站发射电平为 63.5 dB (W/路)。由于 TV 一般仅在低速率 (25 或 30 Hz) 上扩谱, 认为其总载波功率务必被看做是脉冲式的干扰。在此情况下, 5° 时, 上行链路的 C/I 将为 22 dB, 下行链路为 13 dB。显然, 在这些情况下的干扰无任何标准, 但在有些分析中, 对这类脉冲式干扰, 总的 C/I 已采用 20 dB。认识到这种情况的严重不相容性, 已得到的结论是, 由于下行链路是主要的, 采用卫星间隔或更严格的 e.i.r.p. 限制也无法合理地实现足够的保护。一种解决的方法是, 限制两种信号的使用, 以使不论在上行链路或下行链路中, 当涉及卫星固定业务时, 它们的频率也将被分开。可能使上述问题大为缓和的第二种解决方法是通过视频信号的变换对电视采用不同的载波能量扩散方法。

来自加拿大 TELESAT 系统的两个实例表明, 在 6 GHz 而偏离波束角度为 5° 时, 一个范围约为 17-18 dB (W/4 kHz) 的无用 e.i.r.p. 密度电平与来自 4-5 m 直径天线的 SCPC 传输和来自 10 m 直径天线的 TV 传输都有关。

至于情况 4, 日本已对 INTELSAT 系统的 SCPC-PSK 载波和 MARISAT 系统的 SCPC-FM 与 SCPC-PSK 载波就每 4 kHz 带宽的轴外 e.i.r.p. 密度进行了研究。根据上述研究的结果, 可得出的结论是, 在 INTELSAT 系统 B 标准站之间传输的情况下, 发射地球站的轴外 e.i.r.p. 密度的最坏值比 $35 - 25 \log \phi$ (dB (W/4 kHz)) 高 6 dB。

应当指出, 这些数字仅仅是现有系统的一个说明性实例。在任何情况下, 不应使一项建议书适合某一特定的现有系统, 但恰恰相反, 未来的系统应设计为能满足最后形式的建议书。

基于上面所述, 结论是应用下列准则, 在允许使用 4 m 或 5 m 这样小直径天线的地球站时, 对地静止卫星轨道在 6 GHz 上的利用可得到保护:

- 在频率分配中应极为谨慎, 以确保一个网络中的电视传输与采用邻近卫星的网络中的 SCPC 电话传输不使用相同的频率;

— 在所有其他情况下，地球站应在本节第 2 段中所述的相对静止卫星轨道方向遵守轴外 e.i.r.p. 频谱密度的限定值， E 的值在 32.0-38.5 范围内。

3 10-15 GHz 频带的轴外 e.i.r.p. 密度限定值的考虑

当考虑 10-15 GHz 的轴外 e.i.r.p. 密度限定值时，假设卫星接收天线一般将不提供广角覆盖是合理的，因此与较低频带时相比较，有可能使用较低的地球站 e.i.r.p.s，从而轴外辐射电平也较低。然而，这可能会被将变得更为严重的降雨衰落事实所抵消。

3.1 E 的计算方法

一般地说，从发射地球站进入偏离其预计传输 φ° 的被干扰空间站的干扰 I 由下式给出：

$$I = E - 25 \log \varphi - L_{FS} - L_{CA} - L_R + G_s \quad (1)$$

其中：

- E : 与参考带宽有关的限定值公式中尚待确定的常数
- L_{FS} : 发射频率上的自由空间损耗
- L_{CA} : 晴天大气衰耗
- L_R : 降雨衰耗（最坏情况 $L_R = 0$ ，在晴天大气条件下）
- G_s : 被干扰卫星在干扰地球站方向的天线增益。

单项上行链路干扰 I 可强制规定为等于被干扰空间站的上行链路热噪声的几分之一。在那种情况下：

$$I = 10 \log (k T B) - \Delta \quad (2)$$

其中：

- Δ : 热噪声与干扰功率之比
- T : 卫星接收机输入端的噪声温度
- B : 考虑中的带宽
- k : 玻耳兹曼常数。

于是，在 $L_R = 0$ 的情况下：

$$E - 25 \log \varphi = 10 \log k B + L_{FS} + L_{CA} - (G/T)_s - \Delta \quad (3)$$

其中， $(G/T)_s$: 卫星的品质因数(dB(K⁻¹))。

如果自由空间传播损耗为 207 dB (14 GHz)，晴天大气衰耗为 0.5 dB，这就简化为：

$$E - 25 \log \varphi = -21.1 - (G/T)_s + B - \Delta \quad (4)$$

于是，当参数 φ 、 $(G/T)_s$ 、 B 和 Δ 等给定时，就能求出定义地球站在 φ° 偏离轴线角度上的允许 e.i.r.p. 密度的参数 E 。

然而，在选择 10-15 GHz 频带的发射地球站辐射的轴外 e.i.r.p. 限定值时，还应考虑到其他一些因素。其中一个因素是需要考虑地球站在这些频率上的 e.i.r.p. 预算中的降雨余量；另一个因素是把轴外 e.i.r.p. 密度值约束到某些限定值可能对地球站的天线直径产生显著的影响。天线直径如何在 3 个不同上行链路降雨余量时随 E 值而变化的实例示于表 2a。

表 2a

在一个假设的电视工作方式中满足规定的轴外 e.i.r.p.密度值所需的地球站天线直径

E (dB(W/40 kHz))	天线直径 (m)		
	降雨余量 0 dB	降雨余量 3 dB	降雨余量 6 dB
33	12	17	24
36	8	12	17
39	6	8	12
42	4	6	8

推导出表 2a 时所做的一些假设:

- 仅用 2 MHz 峰峰能量扩散调制的 TV 载波;
- E 的参考带宽为 40 kHz;
- 地球站旁瓣增益由 $29 - 25 \log \phi$ (dBi) 给出;
- 地球站天线效率=57-65%;
- 14 GHz 工作;
- 晴天大气卫星输入端所需的 $C/T = -127$ dBW(K⁻¹);
- 卫星 $G/T = -3$ dB(K⁻¹)。

在高雨量地区 (巴西), 需要考虑不利传播条件对参数 E 的影响的实例示于表 2b。

表 2b

为应付大的传播衰落而设计的一些系统其轴外 e.i.r.p.密度增大的实例

载 波	E (dB(W/40 kHz))			
	晴空模型		深衰落模型	
	$A = 29$	$A = 32$	$A = 29$	$A = 32$
FM-TV	34	37	47	50

其中, 地球站旁瓣增益为 $A - 25 \log \phi$ (dBi)。

推导出表 2b 时所做的一些假设:

- 仅用 2 MHz 峰峰能量扩散调制的 TV 载波;
- 60° 地球站仰角;
- 上行链路可用率优于 99.9%;
- 14 GHz 工作。

3.2 影响 E 的诸因素

除了在“干扰”上行链路设计中所包括的降雨余量之外，尚有一些影响卫星业务 E 值的可变的因素：

a) “干扰”载波类型

认识到在放大多个 FM 载波的转发器中，功率频谱密度在不同容量的载波之间并无很大变化，因而干扰可能也无很大变化，要加以考虑的或许可局限于转发器传送下列信号的情况：

- 多个 FDM-FM 载波；
- 多个“高密度” FDM-FM 载波；
- 单个 FDM-FM 载波；
- 一个 PCM-PSK-TDMA 载波；
- SCPC-PCM-PSK 多个载波；
- FM-TV，单载波，有 2 MHz 的载波能量扩散；
- SCPC-FM 多个载波。

上述各个载波的上行链路所需的 e.i.r.p. 频谱密度，将进一步取决于它是被指定在大型还是在小型天线接收终端接收的。

b) “被干扰”载波类型

应考虑如同上述 a) 中情况的类似范围。

c) 干扰指标

ITU-R 研究项目已考虑了减小卫星间隔而增大干扰容限的可能性。

d) 卫星间隔

在 10-15 GHz 频率范围内，同覆盖区的卫星已实施 3° 间隔，但是对业务需求的增加已促使在某些位置考虑使用 2° 间隔。

e) “被干扰”卫星覆盖区

应考虑与典型的区域覆盖和国内覆盖相对应的卫星 G/T 值。

f) “干扰”地球站的旁瓣增益特性

随着设计已改进的地球站天线投入运行，轴外辐射将减小。

g) 在“被干扰”上行链路设计中所包含的降雨余量

全盘考虑所有这些因素将会涉及成千上万种的组合，并且 E 值范围相当广。

在导出此表时，假设将选择的地球站天线直径和发射机功率值是能同时满足“所需”上行链路 e.i.r.p. 和轴外 e.i.r.p. 限定值所要求的值。可能存在行不通的情况，例如小型可搬运式地球站被用来从一个卫星覆盖区中的不同地点提供短期性电视上行链路。

表 3 给出参数 E 与因素 c) 至 f) 之间的相互关系的例子。干扰载波和被干扰载波都是由电视信号进行调频并假设为相同的。选择了地球站天线尺寸和发射机功率的一些组合，以提供有用载波所需的 e.i.r.p. 而同时又恰好满足上行路径干扰指标。

应当指出, 本例假设了两个相同的卫星系统。如果把干扰和被干扰系统中的卫星具有不同的 G/T 值的情况包括进去, 结果将是 E 值的变化和地球站各参数的变化都较大。

表 3

FM-TV 对 FM-TV 干扰的最佳 E 值和相关参数

卫星 G/T (dB(K ⁻¹))		-3				-5			
卫星间隔 (度)		2		3		2		3	
干扰指标 (上行路径热噪声的%)		20	50	20	50	20	50	20	50
地球站旁瓣增益 32 - 25 log φ	天线 直径 (m)	10.7	6.8	6.4	4.1	26.9	17.1	16.2	10.3
	发射机功率 (W)	139	342	382	951	3.5	8.6	9.6	23.9
地球站旁瓣增益 29 - 25 log φ	天线 直径 (m)	7.6	4.8	4.6	2.9 ⁽¹⁾	19.0	12.1	11.5	7.3
	发射机功率 (W)	287	685	764	1 903 ⁽¹⁾	7.0	17.2	19.2	47.8
地球站旁瓣增益 26 - 25 log φ	天线 直径 (m)	5.3	3.4	3.2 ⁽¹⁾	2.0 ⁽¹⁾	13.4	8.5	8.1	5.1
	发射机功率 (W)	557	1 385	1 517 ⁽¹⁾	3 794 ⁽¹⁾	14.0	34.8	38.1	95.3
轴外 e.i.r.p. 参数 E (dB(W/40 kHz))		28.4	32.4	32.8	36.8	20.4	24.4	24.8	28.8

⁽¹⁾ 在这些情况下, 实际上可能要选择较大的天线和较低的发射机功率, 而且在这些情形之下, 干扰将完全在规定的限定值范围之内。

推导出表 3 时所做的一些假设:

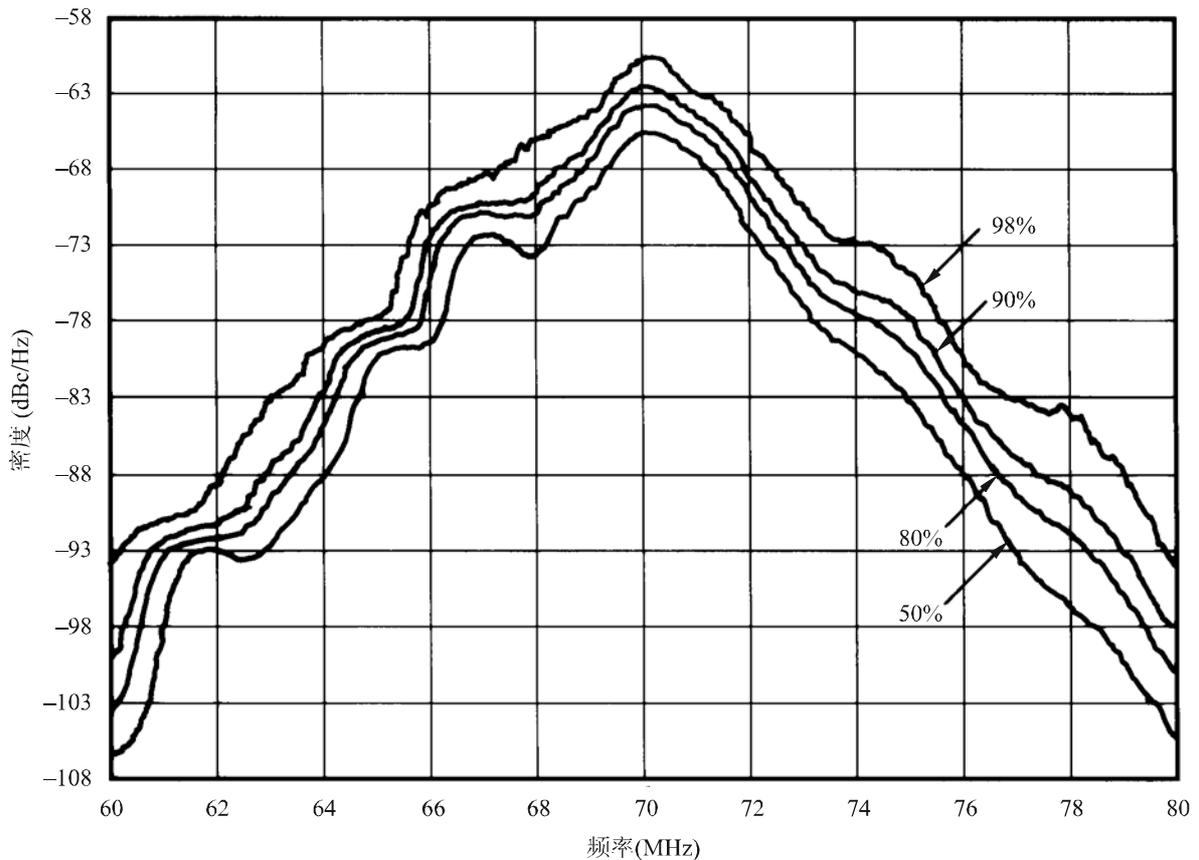
- “干扰”地球站和“被干扰”地球站仰角都为 15°;
- 14 GHz 工作;
- “干扰”上行路径和“被干扰”上行路径的卫星天线增益相同;
- 地球站天线效率 = 65%;
- 仅在“被干扰”上行路径上有 3 dB 的降雨衰减;
- “被干扰”TV 载波的上行路径 $C/T = -130$ dBW(K⁻¹);
- 仅以能量扩散信号调制 2 MHz 峰峰频偏。

3.3 已调 FM-TV 载波的频谱分布

为了研究由节目材料加能量扩散所调制的 FM-TV 载波进入窄带载波的干扰效应, 测量了 20 MHz NTSC TV 载波的频谱特性。图 1 示出以一个活动的视频信号加能量扩散所调制而引起 1 MHz 峰峰频偏的 TV 载波的频谱密度分布, 各个 % 时间未被超过。

图 1

由 NTSC 活动视频加 1 MHz 能量扩散所调制的 20 MHz FM-TV 载波的频谱分布



0524-01

4 29.5-30 GHz 频带的轴外 e.i.r.p.密度限定值的考虑（见注 1）

4.1 支持建议 4 的证据

在编写有关使用或计划使用 29.5-30 GHz 频带的 GSO/FSS 载波的 ITU-R 文件时，有两个数据源：其一是 ITU-R S.1328 建议书，另一个是主管部门响应在 WRC-2000 起草期间分别在 1998 年和 1999 年发布的 CR/92 和 CR/116 号通函（见注 2）而编辑的数据库（此后为方便起见，这被称为 CR/116 数据库）。

对于大多数 ITU-R S.1328 建议书的 GSO/FSS 载波，如果对于其正丢失的少数载波的地球站天线辐射图做出了实际的假定（例如 ITU-R S.580 建议书），则 ITU-R S.1328 建议书包含了足够的信息，使得可以计算上行链路地球站发射的轴外 e.i.r.p.频谱密度。对于每个载波，考虑到上行链路热噪声和内部干扰需要有合理的假设，也有足够的数据库可以计算由位于“有用的”卫星波束中心附近、但工作于相邻卫星且其轴外 e.i.r.p.密度等于本建议书的建议 4 中的限值的地球站产生的晴天大气 (C/N)₀ 降级。出于这一目的，对于这些推算出来的参数中的一个，无论 ITU-R S.1328 建议书是否缺乏足够的数据库，都假定上行链路热噪声温度为 800 K，上行链路 C/I 干扰率为 20 dB。

在设计为使用 29.5-30 GHz 频带的所有链路上的 CR/116 数据库中的信息完全足以用来计算上行链路降级。然而，对于任何 CR/116 链路，不能计算由发射的地球站辐射的地球站轴外 e.i.r.p.密度，因为除了其轴上 e.i.r.p.和指向误差，在数据库中没有包括那一地球站的其他数据（例如峰值天线增益和旁瓣图）。

对于每个在 29.5-30 GHz 频带内的 ITU-R S.1328 建议书载波，在图 2 中示出了由发射的地球站辐射的在 2° 偏离轴线角度上的 e.i.r.p.频谱密度。对于每个 ITU-R S.1328 建议书载波，来自自接近有用的卫星波束中心的地球站干扰产生的、以相应于建议 4 中的限值的电平发射给与 GSO 中有用的卫星分别间隔 2° 和 3° 的另一卫星的晴天大气总 (C/N)_↑ 降级在图 3 中示出。图 4 中所示的载波数对应于 ITU-R S.1328 建议书下的下列值：

图 2

29.5-30 GHz ITU-R S.1328 建议书载波在 2° 偏离轴线角度上产生的 e.i.r.p.密度

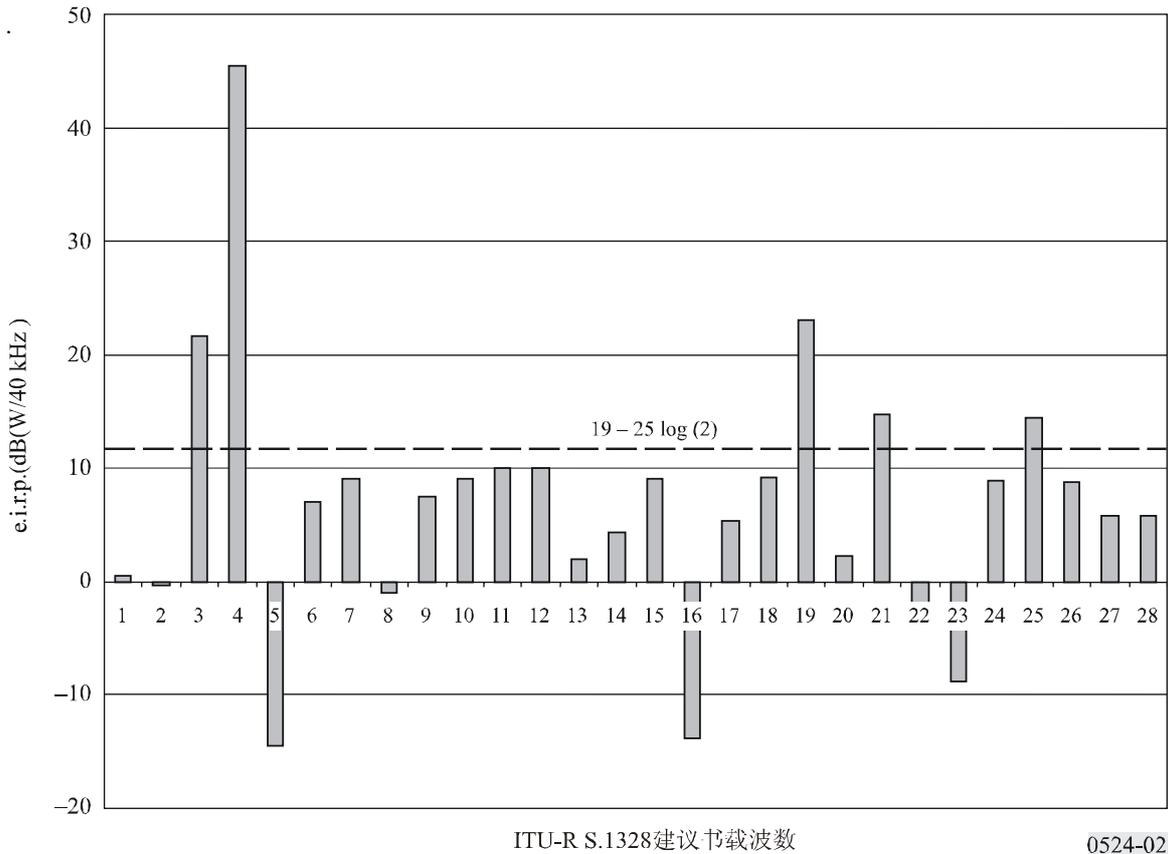
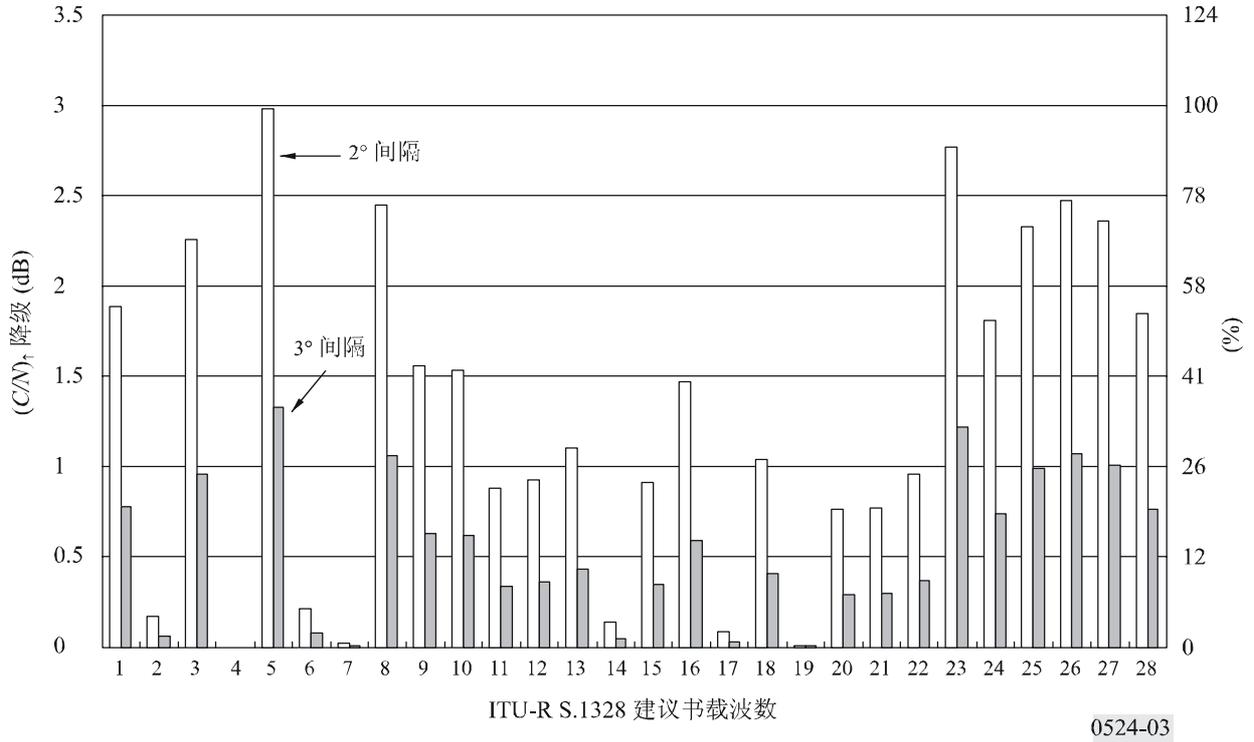


图 3

在轴外 e.i.r.p.限制电平上来自单项干扰的 29.5-30 GHz ITU-R S.1328 建议书载波的 (C/N)_r 的最大降级



0524-03

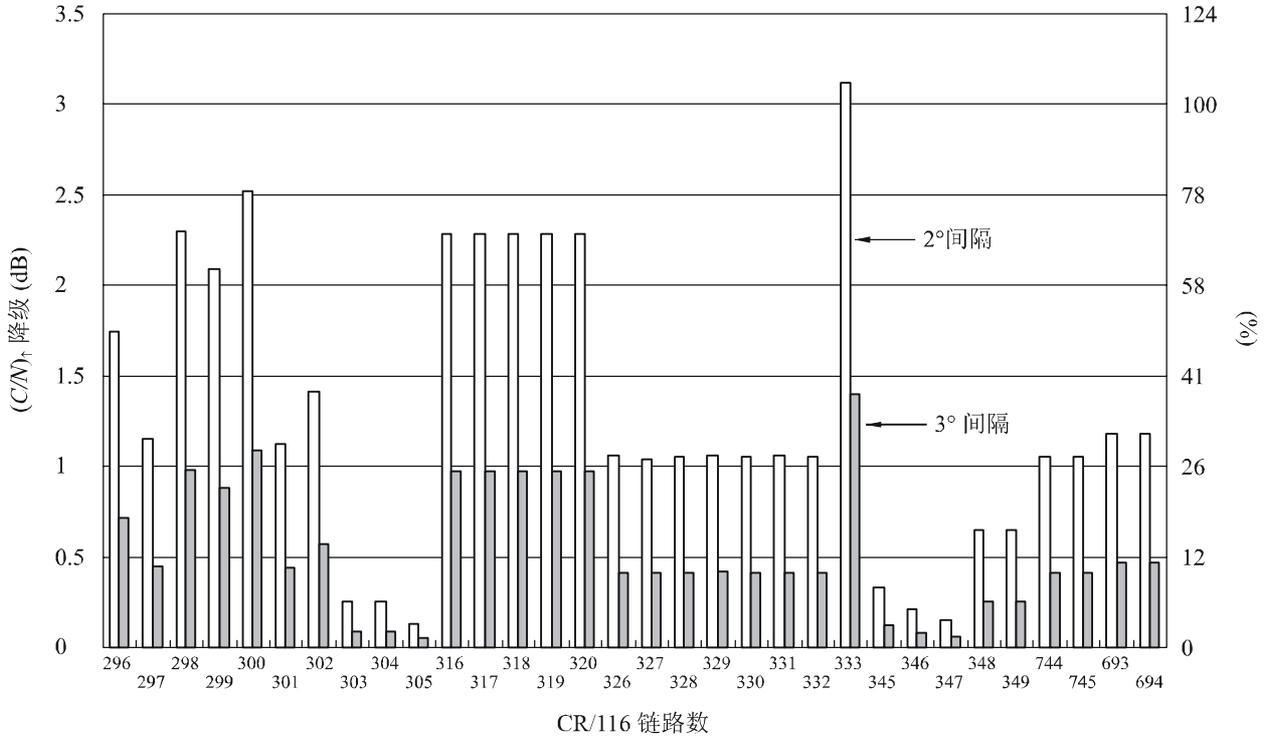
表 4

GSO 载波数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ITU-R S.1328 建议书 表格	1	1	1	1	2	3	3	3	4	4
ITU-R S.1328 建议书 系统	13 最小	13 最大	20	30	F	11	12	13	B	J
GSO 载波数	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
ITU-R S.1328 建议书 表格	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
ITU-R S.1328 建议书 系统	K	L	M	N	S	T	U	V	W	X(最大)
GSO 载波数	21	22	23	24	25	26	27	28		
ITU-R S.1328 建议书 表格	4	5	5	5	6	6	6	6		
ITU-R S.1328 建议书 系统	X(最小)	P Ka-1	P Ka-2	P Ka-3	Q Res. min	Q Res. max	Q Bus. min	Q Bus. max		

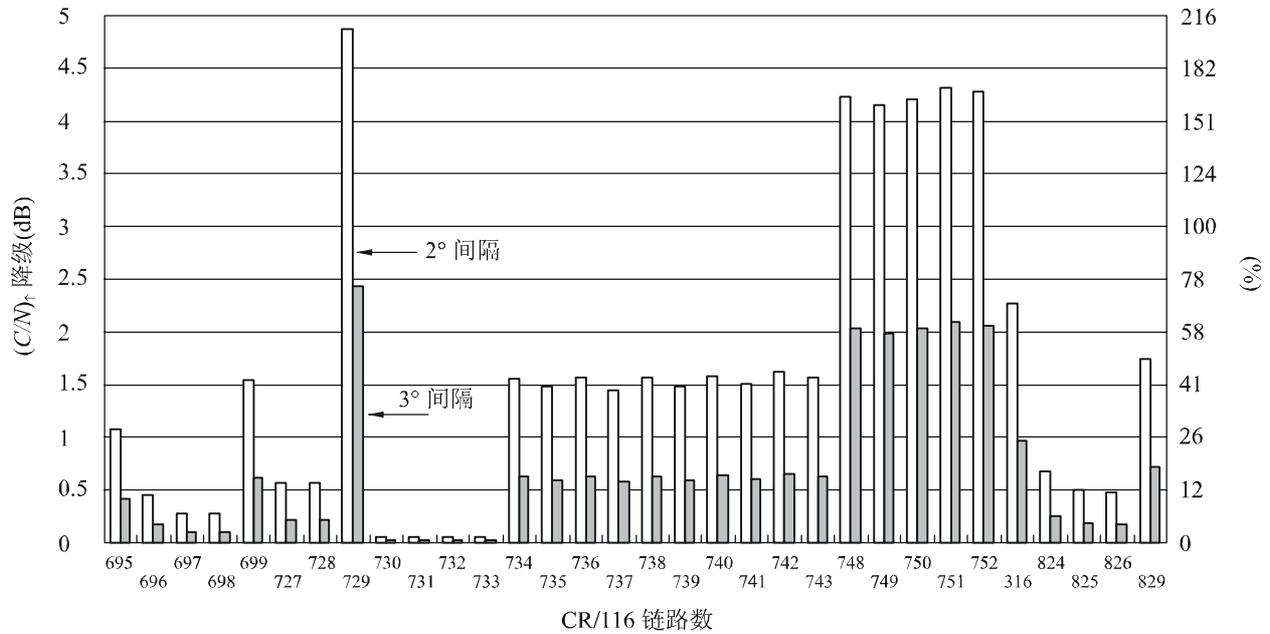
对于在 29.5-30 GHz 频带内的每个 CR/116 链路，由来自接近有用的卫星波束中心的地球站干扰产生的、以相应于建议 4 中的限值的电平发射给与 GSO 中有用的卫星分别间隔 2° 和 3° 的另一卫星的晴天大气总 $(C/N)_t$ 降级在图 4 中示出。示出的链路数是数据库中的值。

图 4

在轴外 e.i.r.p.限制电平上来自单项干扰的 29.5-30 GHz CR/116 链路的 $(C/N)_t$ 的最大降级



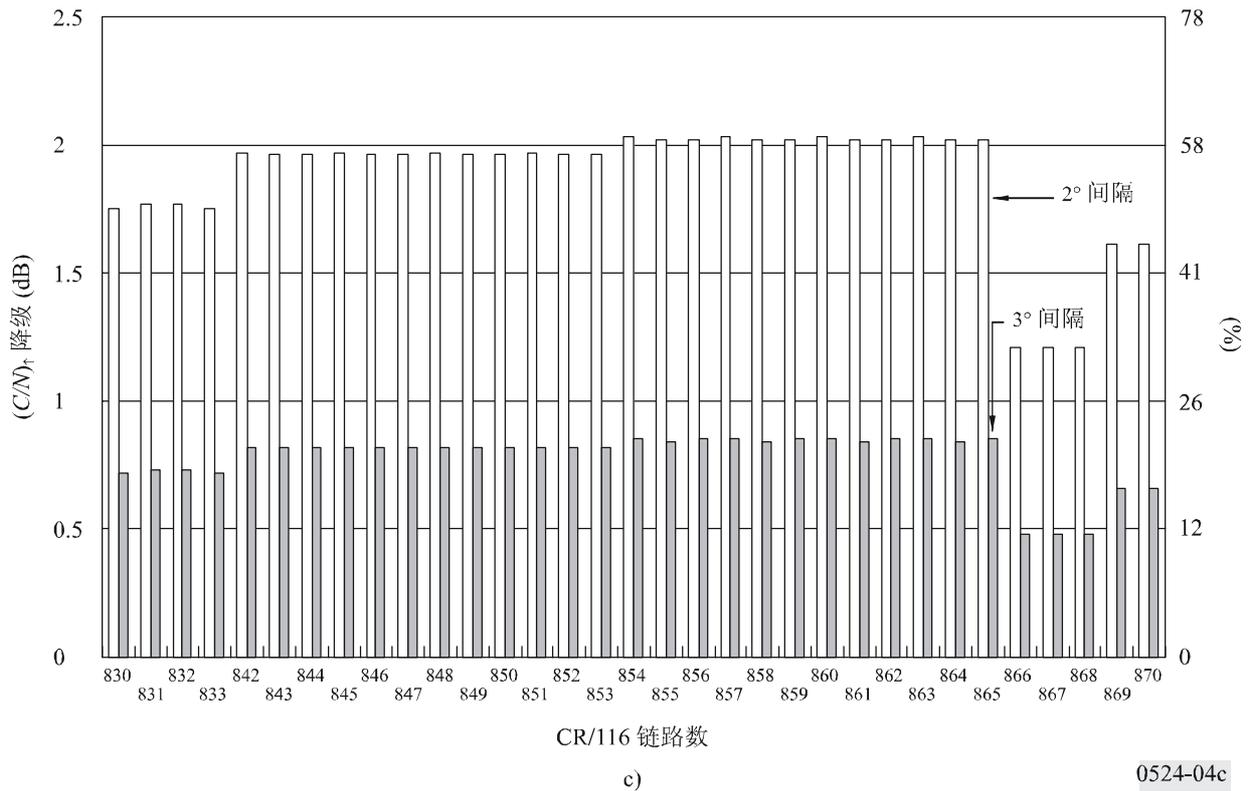
a)



b)

0524-04ab

图 4 (续)



在 2° 偏离轴线角度上, 建议 4 规定 e.i.r.p. 密度限值为 $11.47 \text{ dB(W/40 kHz)}$ 。对于图 2 中包括的 28 个载波, 可以看出 23 — 即 82% — 可满足这一限值, 且由于在 ITU-R S.1328 建议书中列出的 30 GHz 载波的最合适参考天线图是在 ITU-R S.465 或者 ITU-R S.580 建议书中定义的那些天线图, 二者都遵循近旁瓣的 $25 \log(\varphi)$ 律, 这指示在 29.5-30 GHz 频带内, 大部分现有和计划中的 GSO 地球站可能满足建议 4。因此可能得出结论, 建议 4 中的限值不是对这一频带内 FSS 发展的不合理的限制。

从图 3 中可以看来自为与有用的卫星间隔 2° 的卫星工作的地球站的在建议 4 限值处的干扰, 在 75% 的载波中将使得 $(C/N)_{\uparrow}$ 降级少于 58.5% (即 2 dB)。类似地, 图 3 也示出对于间隔 3° 的卫星, 对于大多数易受攻击的 ITU-R S.1328 建议书载波, $(C/N)_{\uparrow}$ 降级少于 36% (即 1.33 dB), 对于 82% 的 ITU-R S.1328 建议书载波, $(C/N)_{\uparrow}$ 降级少于 26% (即 1 dB)。

从图 4 中可以推断来自为与有用的卫星间隔 2° 的卫星工作的地球站的在建议 4 限值处的干扰, 将使得 $(C/N)_{\uparrow}$ 降级不超过 58.5% 或少于 CR/116 链路的 84%。类似地, 图 4 示出对于间隔 3° 的卫星, 对于大多数易受攻击的 CR/116 链路, $(C/N)_{\uparrow}$ 降级少于 75% (即 2.4 dB), 对于 92% 的 CR/116 链路, $(C/N)_{\uparrow}$ 降级少于 26.0% (即 1 dB)。

为了对上述两段的发现有正确的认识, 应考虑 4 个因素:

- 在大多数对地静止轨道中, 相邻同频、同覆盖范围卫星之间的间隔最小为 3° , 甚至在拥挤的弧段, 间隔通常不小于 2° ;

- 由发射多数 29.5-30 GHz 载波的地球站产生的近端旁瓣区域内的轴外 e.i.r.p.密度电平，除了那些受制于注 15 提到的 10%的旁瓣峰值的电平（见§ 4.2），将明显地低于建议 4 中的限值；
- 在有关 FSS 长期保护准则的建议书（如 ITU-R S.523、ITU-R S.735 和 ITU-R S.1323 建议书）中规定的 6%的噪声是由 RR 设置的协调触发电平；
- 在何处通常会在协调过程中接受的必需的更高干扰电平。

因此，考虑上述提到的上行链路降级结果提供了这样的证据，即建议 4 中的轴外 e.i.r.p.密度限值对 GSO FSS 上行链路免受来自其他 GSO FSS 网络的干扰提供了合理的保护，并允许增加对地静止轨道的有效利用率。

记住这些因素，上述结果支持这一结论，即建议 4 中的限值足以严格地允许相当近的卫星间隔，而不要求单独的系统接受上行链路干扰的不合理电平。

注 1 — 包含在本节中的过程是用来提供证据支持建议 4 的电平的，但是不是用于推算出建议 4 中给出的电平的，不提议将其作为可能在本建议书将来的修订版本中可能使用的新方法。

注 2 — CR/92 和 CR/116 号通函要求主管部门提供有关它们的 GSO FSS 链路的数据，由于来自非 GSO FSS 网络的干扰，它们可能对其性能有很大影响。

4.2 更多的考虑因素

4.2.1 引言

在确定轴外发射的合理电平时，重要的是要考虑两点。第一，轴外 e.i.r.p.密度的最大允许电平应不限制现有 GSO/FSS 系统的持续工作和将来 GSO/FSS 系统的发展。第二，轴外 e.i.r.p.密度务必包括适当的余量以对标准 ITU-R 方法允许 10%的天线旁瓣超出标准包络这一实际情况做出补偿。

建议 4 和相关的脚注考虑了这两个要求。本附件提供了有关在关于此课题的 ITU-R 研究中考虑的因素的背景信息，示出了工作于本建议书中提到的某些现有 30/20 GHz GSO/FSS 系统所需的轴外 e.i.r.p.密度的最大允许电平以及考虑到给这些现有系统以特权的需要。

4.2.2 现有和将来的 GSO/FSS 系统

有几个系统现在正工作于 30.0/19.7-20.2 GHz 频带内，且数量正在增加。将提供许多类型的服务来满足各类预期市场需要。因此，当考虑轴外 e.i.r.p.密度的合理电平时，必需不仅考虑现有系统也要考虑未来系统，以便于不会限制卫星系统可以提供的各种服务。

在表 5 中示出了 4 个系统类型实例。类型 1 和类型 2 是当前存在的；另外两个是计划中的。在日本，所有的 4 种类型的系统已经或将要工作于 29.5-30.0/19.7-20.2 GHz 频带内。

表 5

现有的和将来的 GSO/FSS 系统的参数

系统	类型 1	类型 2	类型 3	类型 4
业务类型	PSTN/ISDN	高速数据	SNG	ISDN
可用性 (%)	99.8/99.6	99.6	99.6	99.6
所需 C/N (dB)	11.5	9.0	8.0	12.8
所需带宽 (kHz)	25 024	100 000	21 000	8 800
传输天线直径 (m)	4.2	2.4	1.2	3.0
馈源的输入功率 (W)	150	150	15	15
馈源的输入功率密度 (dB(W/40 kHz))	-6.2	-12.2	-15.4	-11.7
雨天条件下馈源的最大输入功率密度 (dB(W/40 kHz))	-6.2	-12.2	-5.4	-1.7
晴空条件下的最大轴外 e.i.r.p. 密度 ⁽¹⁾ (dB(W/40 kHz); $1^\circ \leq \varphi \leq 20^\circ$)	$23 - 25 \log \varphi$	$17 - 25 \log \varphi$	$14 - 25 \log \varphi$	$18 - 25 \log \varphi$
接收天线直径 (m)	11.5/4.2	2.4	4.2	3.0
总计 $C/N + I$ (dB)	22.1/19.9	13.3	11.0	17.9

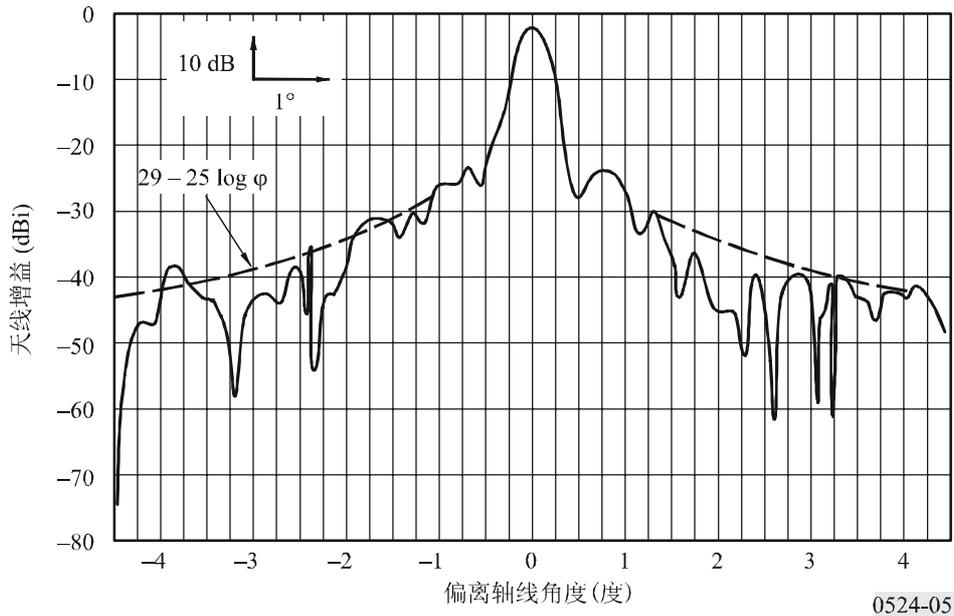
⁽¹⁾ 使用 $29 - 25 \log \varphi$ 天线旁瓣图计算值。

SNG: 卫星新闻采集。

4.2.3 天线旁瓣增益超出旁瓣图的余量

使用一个 $29 - 25 \log \varphi$ 天线旁瓣图来计算轴外 e.i.r.p. 密度, 如图 5 所示。然而, 这一旁瓣图是 ITU-R S.580 建议书中的设计指标, 它规定在对地静止卫星轨道的 3° 范围内, 在任何方向上的 90% 的旁瓣峰值的增益应不超过这一旁瓣包络。因此, 即使地球站天线遵循这一建议书, 10% 的旁瓣峰值可超过这一旁瓣包络。因此, 当计算实际的轴外 e.i.r.p. 密度时, 必需考虑到超出量的余量。图 5 中示出了对于 30/20 GHz 频带的使用在 2.4 m 直径天线的东/西平面内测量的辐射图实例。超出 ITU-R S.580 旁瓣包络的最大余量是大约 4 dB。这意味着对于此天线评估轴外 e.i.r.p. 密度至少需要 4 dB 余量。

图 5
天线辐射图测量实例



如果这一 4 dB 的余量与 10 dB 的上行链路功率控制范围一起使用，则在所有条件下，在前一节中提到的不制约这些 GSO/FSS 系统工作的轴外 e.i.r.p.密度的最大允许电平如下：

32 - 25 log (φ)	dB(W/40 kHz)	对于	$2.0^\circ \leq \varphi \leq 7.0^\circ$
11	dB(W/40 kHz)	对于	$7.0^\circ < \varphi \leq 9.2^\circ$
35 - 25 log (φ)	dB(W/40 kHz)	对于	$9.2^\circ < \varphi \leq 48^\circ$
-7	dB(W/40 kHz)	对于	$\varphi > 48^\circ$

在晴空条件下，在前一节中提到的不制约这些 GSO/FSS 系统工作的轴外 e.i.r.p.密度的最大允许电平如下：

27 - 25 log (φ)	dB(W/40 kHz)	对于	$2.0^\circ \leq \varphi \leq 7.0^\circ$
16	dB(W/40 kHz)	对于	$7.0^\circ < \varphi \leq 9.2^\circ$
30 - 25 log (φ)	dB(W/40 kHz)	对于	$9.2^\circ < \varphi \leq 48^\circ$
-12	dB(W/40 kHz)	对于	$\varphi > 48^\circ$

然而，需要进一步的研究来选择超出量的适当余量，因为应考虑不同类型的天线。

4.2.4 结论

本附件示出了几个 GSO/FSS 系统参数、一个测量的天线辐射图的例子和不制约这些 GSO/FSS 系统工作的轴外 e.i.r.p.密度的最大允许电平。

应选择轴外 e.i.r.p.密度的最大允许电平以便于不会限制由现有和未来卫星系统提供的各种服务。而且，轴外 e.i.r.p.密度务必包括实际旁瓣增益超出 ITU-R S.580 建议书中描述的天线旁瓣设计指标的适当的余量。

因此,当定义在对地静止卫星轨道的 3° 范围内、在任何方向工作于的29.5-30.0 GHz 频带内的GSO/FSS 地球站的轴外 e.i.r.p.密度的允许电平时,这些 GSO/FSS 系统参数和旁瓣包络应被作为可能采用的最小条件。这已在本建议书的注 7 中给出。

当新网络务必满足更严格的限值时,务必做出规定以确保这些更严格的限值不会强加给现有网络。这已在本建议书的注 8 和 9 中给出。

附 件 2

1 引言

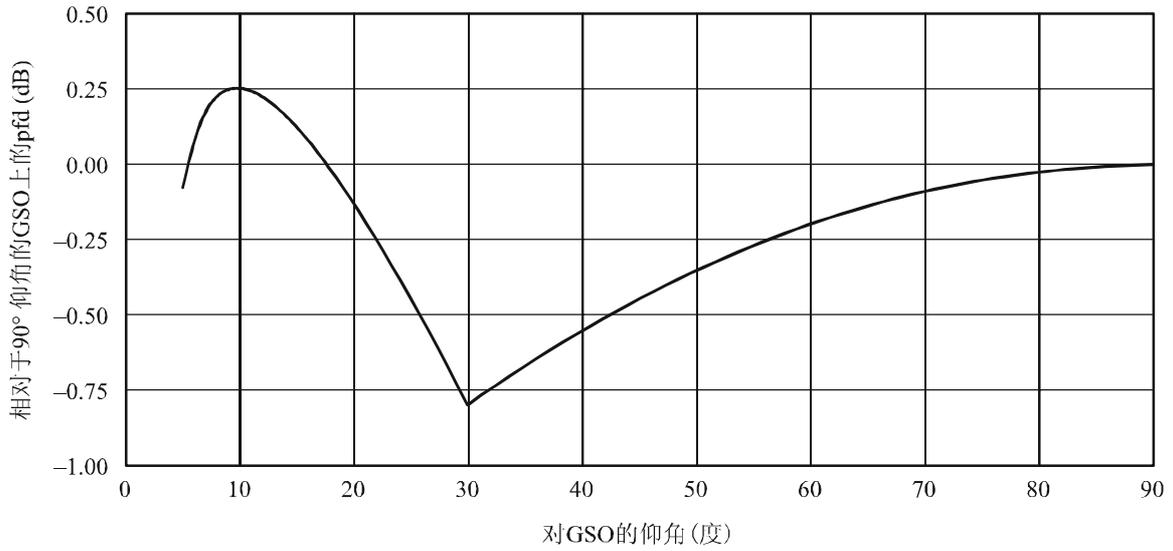
对于低仰角终端,使用注 10 中给出的公式来确定增量,在 27.5-30.0 GHz 频带内发射的最大轴外 e.i.r.p. 电平(见注 1)上,在 GSO 处接收的最大和最小的 pfd 之间的范围(从到 GSO 的仰角不超过 5° 的地球表面的任何一点)不会超过大约 1 dB。对于具有 30° 或更小的仰角的发射地球站终端,考虑到轴外 e.i.r.p.限值的提议模型,在检查的大气参数的范围上的 GSO 处的 pfd 变化少于发生在仰角的整个范围内的自由空间损耗(1.32 dB)单独产生的差值。

在 6 GHz 或 14 GHz 频带内,建议 1-3 中的轴外 e.i.r.p 限值与仰角无关。当与自由空间损耗单独产生的 GSO 处的 pfd 变化相比时,甚至在这些频带内的低仰角处的大气吸收都是很小的。使用注 10 中提议的模式,在 GSO 处接收的 pfd 变化将少于由自由空间损耗单独产生的 pfd 变化。因此,允许低仰角地球站终端在 30 GHz 处以提议的附加轴外 e.i.r.p 发射对研究的大气范围的影响,将对 GSO 卫星网络的同频上行链路的协调具有非常小的危险。在水蒸气密度 δ 大于约 7.5 g/m^3 的大气中,由于低仰角地球站终端实施提议的上行链路功率补偿而产生的 GSO 处的峰值 pfd 将少于未使用无链路功率补偿时 30° 以上仰角的峰值 pfd。

图 6、7 和 8 使用 ITU-R P.676 建议书示出在 GSO 处接收的 pfd 相对电平是仰角的函数。在所有检查的三种情况下,假定地面海拔为 0 m (amsl),大气压力为 1 013 hPa。

图 6

在 29.75 GHz 处计算的在 GSO 上接收的 pfd 的变化

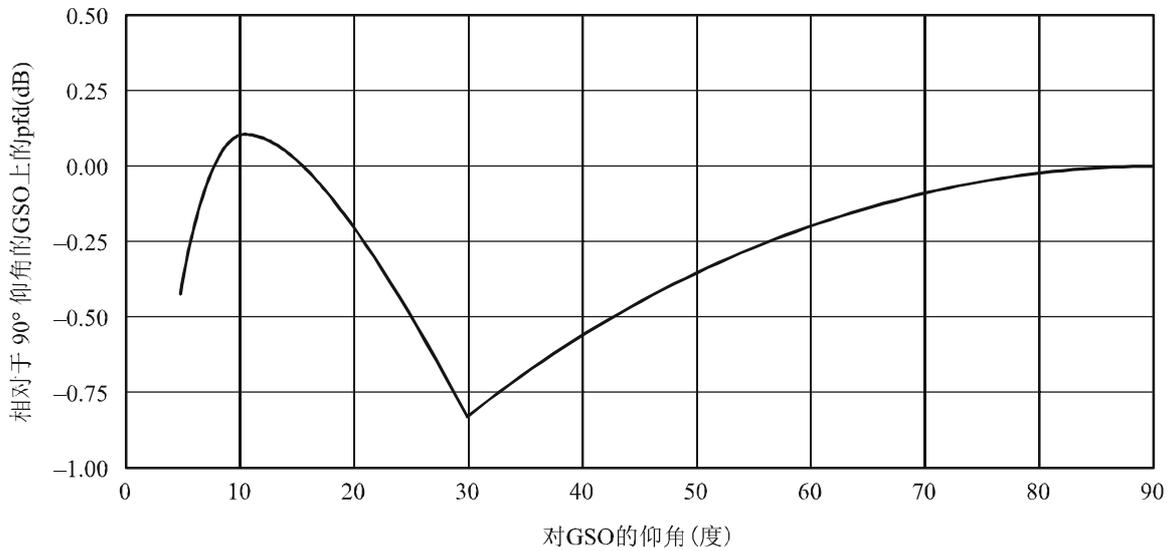


水蒸气密度 = 2.5g/m³
 表面温度 = 10°C

0524-06

图 7

在 29.75 GHz 处计算的在 GSO 上接收的 pfd 的变化

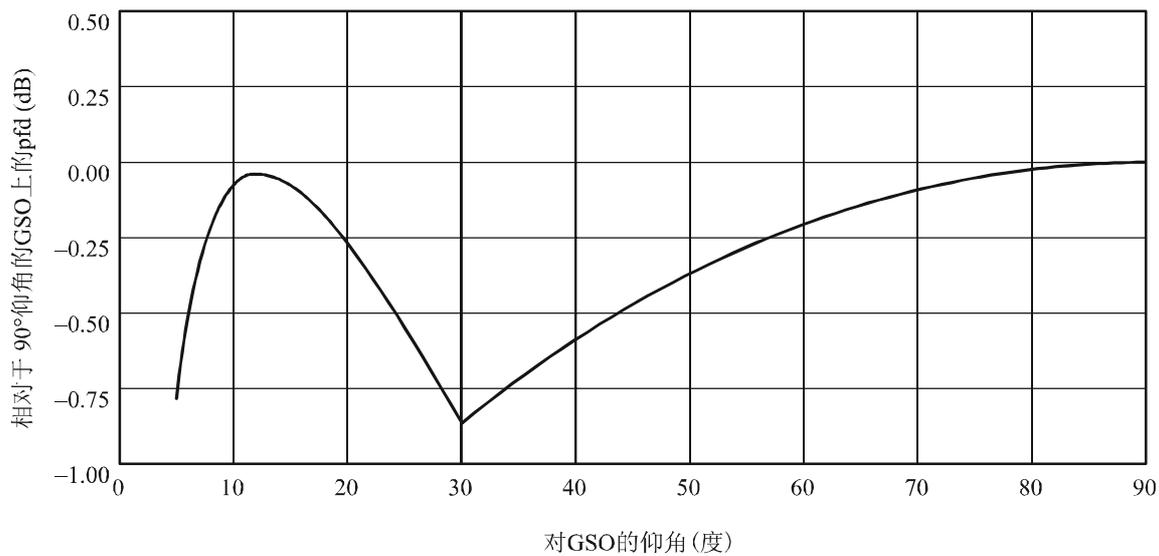


水蒸气密度 = 5.0g/m³
 表面温度 = 15°C

0524-07

图 8

在 29.75 GHz 处计算的在 GSO 上接收的 pfd 的变化



水蒸气密度 = 7.5g/m^3
表面温度 = 20°C

0524-08
