



中华人民共和国国家军用标准

FL 1610

GJB/Z 220—2024

卫星系统频谱兼容性分析指南

Guidance of spectrum compatibility analysis for satellite systems

2025—01—07 发布

2025—03—01 实施



中央军委装备发展部 颁布

目 次

前言	II
1 范围	1
2 引用文件	1
3 术语和定义	1
4 分析时机	1
5 分析目的	1
6 分析依据	1
7 地球静止轨道(GSO)卫星固定业务系统间兼容性分析	1
7.1 系统特性和仿真参数	1
7.2 干扰计算方法	2
7.3 干扰保护限值	7
7.4 有害干扰判定	7
8 地球非静止轨道(Non-GSO)卫星固定业务系统兼容性分析	8
8.1 概述	8
8.2 等效功率通量密度(EFPD)计算方法	8
8.3 EFPD 限值	8
9 GSO 卫星移动业务系统间兼容性分析	12
9.1 系统特性和仿真参数	12
9.2 干扰计算方法	13
9.3 有害干扰判定	15
10 Non-GSO 卫星地球探测业务系统间兼容性分析	15
10.1 概述	15
10.2 系统特性和仿真参数	15
10.3 干扰计算方法	16
10.4 干扰保护限值	17
10.5 有害干扰判定	17
11 卫星无线电导航业务系统间兼容性分析	17
11.1 系统特性和仿真参数	17
11.2 干扰计算方法	18
11.3 干扰保护限值	19
12 卫星间业务系统间兼容性分析	19
12.1 系统特性和仿真参数	19
12.2 协调原则	20
12.3 干扰计算方法	21

前 言

本指导性技术文件由信息支援部队装备部提出。

本指导性技术文件起草单位：中国航天科技集团有限公司第五研究院、战略支援部队航天系统部装备部、战略支援部队卫星通信中心、北京空间科技信息研究所。

本指导性技术文件主要起草人：孙 茜、江 帆、鲍晓月、彭 菲、张馨予、袁 俊、陈二虎、王洪锋、张 乐、金晓晨、张博翰、陶雪娇。

卫星系统频谱兼容性分析指南

1 范围

本指导性技术文件规定了卫星系统之间频谱兼容性分析所涉及的干扰场景建模、计算和评估方法等。

本指导性技术文件适用于使用相同频段的同类业务的两个及以上地球轨道卫星之间的频谱兼容共用分析与评估。

2 引用文件

下列文件中的有关条款通过引用而成为本指导性技术文件的条款。凡注日期或版次的引用文件，其后的任何修改单（不包含勘误的内容）或修订版本都不适用于本指导性技术文件，但提倡使用本指导性技术文件的各方探讨使用其最新版本的可能性。凡不注日期或版次的引用文件，其最新版本适用于本指导性技术文件。

GJB 421 卫星术语

GJB 7588 军用电磁频谱管理术语

3 术语和定义

GJB 421、GJB 7588 确立的术语和定义适用于本指导性技术文件。

4 分析时机

卫星系统频谱兼容性分析工作一般在卫星项目的可行性论证分析阶段，或发生频率纠纷、干扰问题时开展，也可根据需要开展。

5 分析目的

分析卫星频率和轨道资源的可用度，确保频率和轨道资源申报协调状态与项目立项、研制、发射、启用相匹配，保障卫星系统的顺利建设和后续在轨频率使用安全。

6 分析依据

分析依据如下：

- a) 国际电联 (ITU) 《无线电规则》；
- b) ITU 国际频率登记总表；
- c) ITU 相关技术建议书，包括 ITU—RS.740、S.741、S.1591、S.1418、SA.1026、SA.1027、M.1086、M.1831 等；
- d) 卫星系统任务要求。

7 地球静止轨道 (GSO) 卫星固定业务系统间兼容性分析

7.1 系统特性和仿真参数

GSO 卫星固定业务系统用于为指定地区内的多个固定位置的地球站之间提供远距离无线通信业务，一般由发射地球站、接收地球站及卫星组成，如图 1 所示。

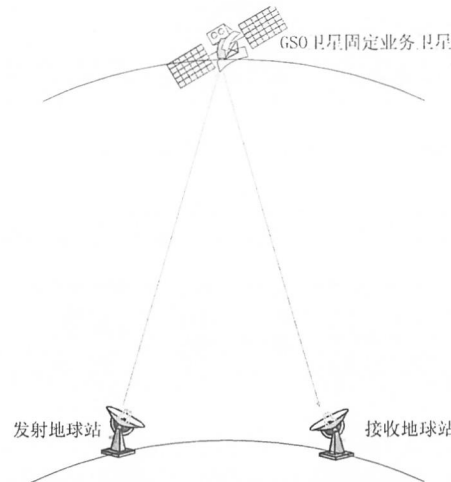


图1 GSO 卫星固定业务系统组成示意图

GSO 卫星固定业务系统的主要参数见表 1。表中各参数具体数值的选取，既可参考该卫星系统向 ITU 申报的数值，也可根据协调双方具体商定的结果选择实际数值。

表 1 GSO 卫星固定业务系统的主要参数

序号	参数类别	参数名称
1	卫星参数	轨道参数(标称轨道位置、东西位置保持精度)
2		发射天线的天线方向图
3		发射功率范围
4		接收天线的天线方向图
5	地球站参数	地理位置(经度, 纬度)
6		高度
7		发射天线的天线方向图
8		发射功率范围
9		接收天线的天线方向图
10	星地链路参数	信号中心频点
11		信号带宽
12		无线电波在卫星与地球站之间的传播距离
13		编码效率
14		调制阶数
15		滚降因子
16		解调门限(E_b/N_0)
17		系统设计余量

7.2 干扰计算方法

7.2.1 概述

GSO 卫星固定业务系统间的干扰计算既可采用载干比方法，也可采用干扰噪声比方法，推荐采用载干比方法。

7.2.2 同频同向干扰

7.2.2.1 上行链路干扰

7.2.2.1.1 干扰模式

被干扰卫星系统与干扰卫星系统在上行链路共用同一个频段。被干扰卫星系统地球站发射的上行信号为被干扰信号，干扰卫星系统地球站发射的上行信号为干扰信号，如图 2 所示。

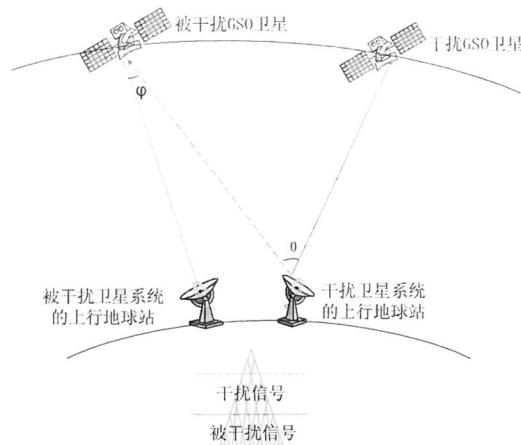


图 2 同频同向上行链路干扰模式示意图

7.2.2.1.2 有用信号功率计算

被干扰卫星系统地球站发射的上行信号为有用信号，其功率 C_u 按公式(1)计算。

$$C_u = P_e + G_{et} - (32.45 + 20 \lg f_u + 20 \lg d_u) + G_{sr} \dots\dots\dots (1)$$

式中：

- C_u ——上行链路的有用信号功率，dBW；
- P_e ——被干扰卫星系统的地球站发射功率，dBW；
- G_{et} ——被干扰卫星系统地球站天线的最大发射增益，dBi；
- f_u ——被干扰卫星系统地球站发射的上行信号载波频点，MHz；
- d_u ——无线电波在被干扰卫星系统地球站与被干扰卫星之间的传播距离，km；
- G_{sr} ——被干扰卫星接收天线在被干扰卫星系统地球站方向上的增益，dBi。

7.2.2.1.3 干扰信号功率计算

干扰卫星系统地球站发射的上行信号为干扰信号，其功率 I_u 按公式(2)计算。

$$I_u = P'_e + G'_{et} - (32.45 + 20 \lg f'_u + 20 \lg d'_u) + G'_{sr} \dots\dots\dots (2)$$

式中：

- I_u ——上行链路的单个干扰信号功率，dBW；
- P'_e ——干扰卫星系统的地球站发射功率，dBW；
- G'_{et} ——干扰卫星系统地球站发射天线在被干扰卫星方向上的增益，dBi；
- f'_u ——干扰卫星系统地球站发射的上行信号载波频点，MHz；
- d'_u ——无线电波在干扰卫星系统地球站与被干扰卫星之间的传播距离，km；
- G'_{sr} ——被干扰卫星接收天线在干扰卫星系统地球站方向上的接收增益，dBi。

7.2.2.1.4 干扰评估指标计算

干扰评估指标为上行链路的载干比，即被干扰卫星收到有用信号功率与干扰信号功率的比值，按公式(3)计算。

$$\begin{cases} (C/I)_u = C_u - I_u - 10 \lg(\beta) \\ \beta = N_r & (BW_D > BW_{1a}) \dots\dots\dots (3) \\ \beta = \frac{BW_D}{BW_{10}} & (BW_D \leq BW_{1a}) \end{cases}$$

式中:

$(C/I)_u$ ——上行链路的载干比, dB;

β ——带宽调整因子;

N_r ——与 BW_D 频率重叠的干扰信号数量, 个;

BW_D ——有用信号占用带宽, Hz;

BW_{I0} ——干扰信号占用带宽, Hz;

BW_{Ia} ——干扰信号分配带宽, Hz。

7.2.2.2 下行链路干扰

7.2.2.2.1 干扰模式

被干扰卫星系统与干扰卫星系统在下行共用同一个频段。被干扰卫星发射的下行信号为被干扰信号, 干扰卫星发射的下行信号为干扰信号, 如图3所示。

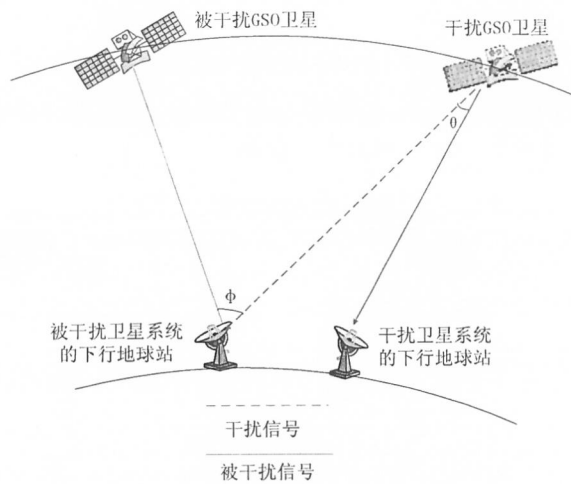


图3 同频同向下行链路干扰模式示意图

7.2.2.2.2 有用信号功率计算

被干扰卫星发射的下行信号为有用信号, 其功率 C_d 按公式(4)计算。

$$C_d = P_s + G_{st} - (32.45 + 20 \lg f_d + 20 \lg d_d) + G_{er} \dots\dots\dots (4)$$

式中:

C_d ——下行链路的有效信号功率, dBW;

P_s ——被干扰卫星的发射功率, dBW;

G_{st} ——被干扰卫星发射天线在被干扰卫星系统地球站方向上的增益, dBi;

f_d ——被干扰卫星发射的下行信号载波频点, MHz;

d_d ——无线电波在被干扰卫星与被干扰卫星系统地球站之间的传播距离, km;

G_{er} ——被干扰卫星系统地球站天线的最大接收增益, dBi。

7.2.2.2.3 干扰信号功率计算

干扰卫星发射的下行信号为干扰信号, 其功率 I_d 按公式(5)计算。

$$I_d = P'_s + G'_{st} - (32.45 + 20 \lg f'_d + 20 \lg d'_d) + G'_{er} \dots\dots\dots (5)$$

式中:

I_d ——下行链路的单个干扰信号功率, dBW;

P'_s ——干扰卫星的发射功率, dBW;

- G'_{st} ——干扰卫星发射天线在被干扰卫星系统地球站方向上的增益，dBi；
- f'_d ——干扰卫星发射的下行信号载波频点，MHz；
- d'_d ——无线电波在干扰卫星与被干扰卫星系统的地球站之间的传播距离，km；
- G'_{er} ——被干扰卫星系统地球站接收天线在干扰卫星方向上的增益，dBi。

7.2.2.2.4 干扰评估指标计算

干扰评估指标为下行链路的载干比值，即被干扰卫星系统的地球站收到有用信号功率与干扰信号功率的比值，按公式(6)计算。

$$(C/I)_d = C_d - I_d - 10 \lg \beta \dots\dots\dots (6)$$

式中：

$(C/I)_d$ ——下行链路的载干比值，dB。

7.2.2.3 上行和下行链路均被干扰

7.2.2.3.1 干扰模式

被干扰卫星系统与干扰卫星系统在上行和下行使用相同频率，其上、下行链路均有可能受到干扰，如图4所示。对于透明转发的卫星系统，应考虑上行干扰与下行干扰的累积影响；对于非透明转发的卫星系统，应分别评估上行干扰和下行干扰带来的影响。

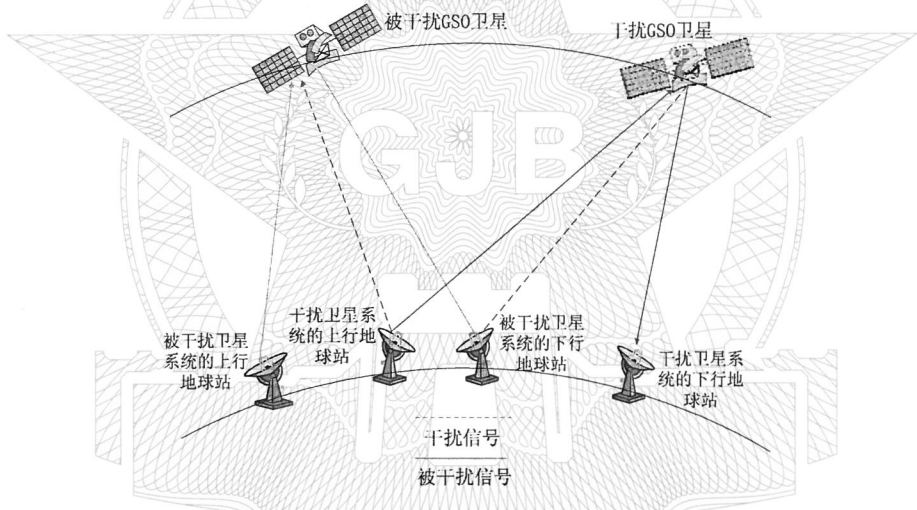


图4 同频同向上行和下行链路均被干扰模式示意图

7.2.2.3.2 干扰评估指标计算

干扰评估指标为被干扰卫星系统上行和下行链路的总载干比值，即被干扰卫星系统地球站收到的有用信号功率与干扰信号功率的比值，按公式(7)计算。

$$(C/I)_T = -10 \lg (10^{-(C/I)_u/10} + 10^{-(C/I)_d/10}) \dots\dots\dots (7)$$

式中：

$(C/I)_T$ ——被干扰卫星系统上行和下行链路的总载干比值，dB。

7.2.3 同频反向干扰

7.2.3.1 上行链路干扰

7.2.3.1.1 干扰模式

被干扰卫星系统上行链路和干扰卫星系统下行链路使用相同频段。被干扰卫星系统地球站发射的上行信号为被干扰信号，干扰卫星发射的下行信号为干扰信号，如图5所示。

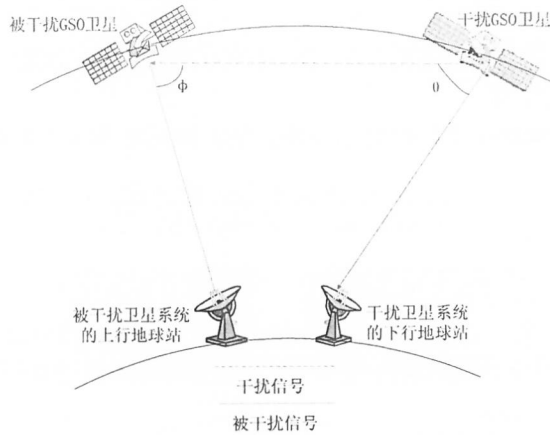


图5 同频反向上行链路干扰模式示意图

7.2.3.1.2 有用信号功率计算

被干扰卫星系统地球站发射的上行信号为有用信号，其功率 C_u 按公式(1)计算。

7.2.3.1.3 干扰信号功率计算

干扰卫星发射的下行信号为干扰信号，其功率 I_d 按公式(8)计算。

$$I_d = P'_s + G'_{ss} - (32.45 + 20 \lg f'_d + 20 \lg d'_{ss}) + G_{ss} \dots\dots\dots (8)$$

式中：

G'_{ss} ——干扰卫星发射天线在被干扰卫星方向上的增益，dBi；

d'_{ss} ——无线电波在干扰卫星与被干扰卫星之间的传播距离，km；

G_{ss} ——被干扰卫星接收天线在干扰卫星方向上的增益，dBi。

7.2.3.1.4 干扰评估指标计算

干扰评估指标为上行链路的载干比值，即被干扰卫星收到的有用信号功率与干扰信号功率的比值，按公式(9)计算。

$$(C/I)_{ud} = C_u - I_d - 10 \lg \beta \dots\dots\dots (9)$$

式中：

$(C/I)_{ud}$ ——上行链路的载干比值，dB。

7.2.3.2 下行链路干扰

7.2.3.2.1 干扰模式

被干扰卫星系统下行链路 with 干扰卫星系统上行链路使用相同频段。被干扰卫星发射的下行信号为被干扰信号，干扰卫星系统地球站发射的上行信号为干扰信号，如图6所示。

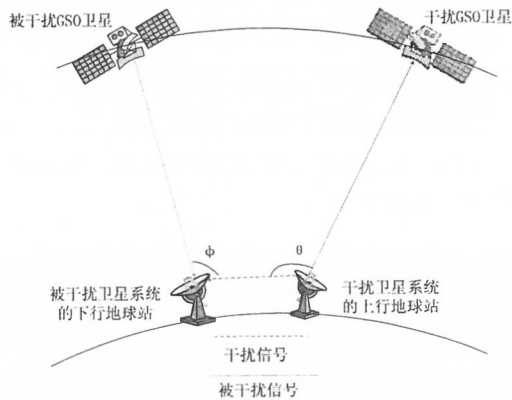


图6 同频反向下行链路干扰模式示意图

7.2.3.2.2 有用信号功率计算

被干扰卫星发射的下行信号为有用信号，其功率 C_d 按公式(4)计算。

7.2.3.2.3 干扰信号功率计算

干扰卫星系统地球站发射的上行信号为干扰信号，其功率 I_u 按公式(10)计算。

$$I_u = P'_e + G'_{ec} - L'_{ec} + G_{ec} \dots\dots\dots (10)$$

式中：

- G'_{ec} ——干扰卫星系统地球站发射天线在被干扰卫星系统地球站方向上的增益，dBi；
- L'_{ec} ——无线电波在干扰卫星系统地球站与被干扰卫星系统地球站之间的传播损耗，dB；
- G_{ec} ——被干扰卫星系统的地球站接收天线在干扰卫星系统的地球站方向上的增益，dBi。

7.2.3.2.4 干扰评估指标计算

干扰评估指标为下行链路的载干比值，即被干扰卫星系统地球站收到的有用信号功率与干扰信号功率的比值，按公式(11)计算。

$$(C/I)_{du} = C_d - I_u - 10 \lg \beta \dots\dots\dots (11)$$

式中：

- $(C/I)_{du}$ ——下行链路的载干比值，dB。

7.3 干扰保护限值

ITU 针对卫星固定业务的模拟信号和数字信号分别给出了干扰保护限值要求，其中模拟信号包括了调频电视信号和单载波调频信号，考虑到模拟调频电视信号已很少应用，表 2 给出了较为常用的单载波调频信号和数字信号类噪声干扰保护限值 $(C/I)_{TH}$ 。表 2 中给出的干扰保护限值要求通常较为严格，如协调双方达成一致，也可以选用其他保护限值。

表 2 GSO 卫星固定业务系统干扰保护限值 $(C/I)_{TH}$ 要求

序号	被干扰信号类型	干扰信号类型	干扰保护限值 $(C/I)_{TH}$ dB
1	单载波调频信号	类噪声干扰	$C/N + 12.2$
2	数字信号	类噪声干扰	$C/N + 12.2$

其中，系统载噪比 C/N 的选取，可参考被干扰卫星系统向 ITU 申报的具体数值，但对于有实际系统的卫星网络，建议使用实际参数，按公式(12)计算 C/N 。

$$\begin{cases} C/N = E_b / N_0 + R_b / B + \delta \\ R_b / B = 10 \lg \left(\eta \log_2 \frac{M}{1 + \varepsilon} \right) \dots\dots\dots (12) \end{cases}$$

式中：

- E_b / N_0 ——被干扰卫星系统在给定调制方式和编码方式、满足一定误比特率要求下能够解调信号所需的单位比特能量与噪声谱密度比值，dB；
- R_b / B ——频谱利用率(单位带宽上每秒可传输的比特数)，bit/s/Hz；
- δ ——系统设计余量，建议取 1dB~3dB。
- η ——编码效率；
- M ——调制阶数；
- ε ——滚降因子。

7.4 有害干扰判定

7.4.1 应先按表 2 计算干扰保护限值 $(C/I)_{TH}$ ，再计算来自相邻卫星系统的干扰载干比，具体要求如下：

- a) 对于上行同向干扰,按公式(3)计算来自相邻卫星系统的干扰载干比(C/I)_a;
 - b) 对于下行同向干扰,按公式(6)计算来自相邻卫星系统的干扰载干比(C/I)_a;
 - c) 对于上行、下行同时受到干扰,按公式(7)计算来自相邻卫星系统的干扰载干比(C/I)_a;
 - d) 对于上行链路受到的反向干扰,按公式(9)计算来自相邻卫星系统的干扰载干比(C/I)_a;
 - e) 对于下行链路受到的反向干扰,按公式(11)计算来自相邻卫星系统的干扰载干比(C/I)_a。
- 7.4.2 通过比较(C/I)_{TH}和(C/I)_a判定 GSO 卫星固定业务系统是否受到有害干扰,判定准则如下:
- a) 当(C/I)_a<(C/I)_{TH}时,判定 GSO 卫星固定业务系统可能受到了来自相邻卫星系统的潜在有害干扰;
 - b) 当(C/I)_a≥(C/I)_{TH}时,判定两个 GSO 卫星固定业务系统可兼容工作。

8 地球非静止轨道(Non-GSO)卫星固定业务系统兼容性分析

8.1 概述

Non-GSO 卫星固定业务系统的大规模申报与建设,面临着比 GSO 卫星固定业务系统更为严峻的频率和轨道资源竞争态势。ITU 正着手开展研究以解决同频 Non-GSO 卫星固定业务系统之间的兼容共用问题,但目前尚未给出解决办法,本章仅给出 Non-GSO 卫星保护 GSO 卫星的分析方法。

8.2 等效功率通量密度(EPFD)计算方法

ITU 为确保 Non-GSO 卫星固定业务系统能够对 GSO 卫星系统提供足够的保护,提出了等效功率通量密度(EPFD)这一干扰评估指标,按公式(13)计算。

$$EPFD = 10 \lg \left[\sum_{i=1}^{N_a} 10^{10} \frac{P_i G_t(\theta_i) G_r(\varphi_i)}{4\pi d_i^2 G_{r,max}} \right] \dots\dots\dots (13)$$

式中:

- EPFD ——等效功率通量密度, dB(W/m²);
- N_a ——从地球表面或 GSO 卫星处可以看到的 Non-GSO 卫星系统的发射台站数量;
- i ——Non-GSO 卫星系统发射台站序号;
- P_i ——第 i 个 Non-GSO 卫星系统发射台站天线输入口的功率, dBW;
- G_t(θ_i) ——第 i 个 Non-GSO 卫星系统发射台站在 GSO 卫星系统接收台站方向上的天线发射增益, dBi;
- d_i ——第 i 个 Non-GSO 卫星系统发射台站与 GSO 卫星系统接收台站之间的距离, m;
- G_r(φ_i) ——GSO 卫星系统接收台站在第 i 个 Non-GSO 卫星系统发射台站方向上的接收天线增益, dBi;
- G_{r,max} ——GSO 卫星系统接收台站的天线最大增益, dBi。

8.3 EPFD 限值

部分重点频段的 Non-GSO 卫星固定业务系统的 EPFD 限值见表 3~表 5。在实际协调过程中,部分卫星操作者认为只要满足 EPFD 限值要求,就能够保护 GSO 卫星在同频段的用频安全。

表 3 Non-GSO 卫星固定业务系统下行 EPFD 限值

频段 GHz	EPFD dB(W/m ²)	不超出 EPFD 值的 时间百分比	参考带宽 kHz	参考天线 直径 m	参考辐射模式
10.7~11.7(所有区) 11.7~12.2(2区) 12.2~12.5(3区) 12.5~12.75(1区和3区)	-175.4	0	40	0.6	参考 ITU-RS.1428-1
	-174	90			
	-170.8	99			
	-165.3	99.73			
	-160.4	99.991			
	-160	99.997			
	-160	100			

表 3(续)

频段 GHz	EPFD dB(W/m ²)	不超出 EPFD 值的 时间百分比	参考带宽 kHz	参考天线 直径 m	参考辐射模式
10.7~11.7(所有区) 11.7~12.2(2区) 12.2~12.5(3区) 12.5~12.75(1区和3区)	-181.9	0	40	1.2	参考 ITU-RS.1428-1
	-178.4	99.5			
	-173.4	99.74			
	-173	99.857			
	-164	99.954			
	-161.6	99.984			
	-161.4	99.991			
	-160.8	99.997			
	-160.5	99.997			
	-160	99.9993			
	-160	100	40	3	参考 ITU-RS.1428-1
	-190.45	0			
	-189.45	90			
	-187.45	99.5			
	-182.4	99.7			
	-182	99.855			
	-168	99.971			
	-164	99.988			
	-162	99.995			
-160	99.999	40	10	参考 ITU-RS.1428-1	
-160	100				
-195.45	0				
-195.45	99				
-190	99.65				
-190	99.71				
-172.5	99.99				
-160	99.998				
-160	100	40	1	参考 ITU-RS.1428-1	
-175.4	0				
-175.4	90				
-172.5	99				
-167	99.714				
-164	99.971	1000	1	参考 ITU-RS.1428-1	
-164	100				
-161.4	0				
-161.4	90				
-158.5	99				
-153	99.714				
-150	99.971				
-150	100				

表 3(续)

频段 GHz	EPFD dB(W/m ²)	不超出 EPFD 值的 时间百分比	参考带宽 kHz	参考天线直 径 m	参考辐射模式		
17.8~18.6	-178.4	0	40	2	参考 ITU-R S.1428-1		
	-178.4	99.4					
	-171.4	99.9					
	-170.5	99.913					
	-166	99.971					
	-164	99.977					
	-164	100					
	-164.4	0	1000	2	参考 ITU-RS.1428-1		
	-164.4	99.4					
	-157.4	99.9					
	-156.5	99.913					
	-152	99.971					
	-150	99.977					
	-150	100	40	5	参考 ITU-RS.1428-1		
	-185.4	0					
	-185.4	99.8					
	-180	99.8					
	-180	99.943					
	-172	99.943					
	-164	99.998					
-164	100	1000	5	参考 ITU-RS.1428-1			
-171.4	0						
-171.4	99.8						
-166	99.8						
-166	99.943						
-158	99.943						
-150	99.998						
-150	100	40	0.7	参考 ITU-RS.1428-1			
-187.4	0						
-182	71.429						
-172	97.143						
-154	99.983						
-154	100						
-173.4	0				1000	0.7	参考 ITU-RS.1428-1
-168	71.429						
-158	97.143						
-140	99.983						
-140	100	40	0.9	参考 ITU-RS.1428-1			
-190.4	0						
-181.4	91						
-170.4	99.8						
-168.6	99.8						
-165	99.943						
-160	99.943						
-154	99.997						
-154	100						

表 3(续)

频段 GHz	EPFD dB(W/m ²)	不超出 EPFD 值的 时间百分比	参考带宽 kHz	参考天线直 径 m	参考辐射模式
19.7~20.2	-176.4	0	1000	0.9	参考 ITU-RS.1428-1
	-167.4	91			
	-156.4	99.8			
	-154.6	99.8			
	-151	99.943			
	-146	99.943			
	-140	99.997			
	-140	100			
	-196.4	0	40	2.5	参考 ITU-RS.1428-1
	-162	99.98			
	-154	99.99943			
	-154	100			
	-182.4	0	1000	2.5	参考 ITU-R S.1428-1
	-148	99.98			
	-140	99.99943			
	-140	100			
	-200.4	0	40	5	参考 ITU-R S.1428-1
	-189.4	90			
	-187.8	94			
	-184	97.143			
	-175	99.886			
	-164.2	99.99			
	-154.6	99.999			
	-154	99.9992			
	-154	100			
	-186.4	0			
	-175.4	90			
	-173.8	94			
-170	97.143				
-161	99.886				
-150.2	99.99				
-140.6	99.999				
-140	99.9992				
-140	100				
3700~4200	-195.4	100	4	1.8	参考《无线电规则》 22.5C.12 条款
	-197.9	100		2.4	
	-201.6	100		3.7	
	-203.3	100		4.5	
	-204.5	100		5.5	
	-207.5	100		8	
	-208.5	100		10	
	-212.0	100		15	

表 4 Non-GSO 卫星固定业务系统上行 EPFD 限值

频段	EPFD dB(W/m ²)	不超出 EPFD 值 的时间百分比	参考带宽 kHz	参考天线 波束宽度	参考辐射模式
5925MHz~6725MHz	-183.0	100	4	1.5°	参考 ITU-RS.672-4, 计算时假设近轴旁瓣电平相对主瓣最大增益下降 20dB
12.5GHz~12.75GHz 12.75GHz~13.25GHz 13.75GHz~14.5GHz	-160	100	40	4°	
17.3GHz~18.1GHz(1 区和 3 区) 17.8GHz~18.1GHz(2 区)	-160	100	40	4°	
27.5GHz~28.6GHz	-162	100	40	1.55°	参考 ITU-RS.672-4, 计算时假设近轴旁瓣电平相对主瓣最大增益下降 10dB
29.5GHz~30GHz	-162	100	40	1.55°	

表 5 Non-GSO 卫星固定业务系统星间 EPFD 限值

频段 GHz	EPFD dB(W/m ²)	不超出 EPFD 值 的时间百分比	参考带宽 kHz	参考天线 波束宽度	参考辐射模式
10.7~11.7(1 区) 12.5~12.75(1 区) 12.7~12.75(2 区)	-160	100	40	4°	参考 ITU-RS.672-4, 计算时假设近轴旁瓣电平相对主瓣最大增益下降 20dB
17.8~18.4	-160	100	40	4°	

9 GSO 卫星移动业务系统间兼容性分析

9.1 系统特性和仿真参数

GSO 卫星移动业务系统用于为指定地区内的多个移动终端之间提供远距离无线通信业务，一般由卫星、信关站及用户终端组成，如图 7 所示。

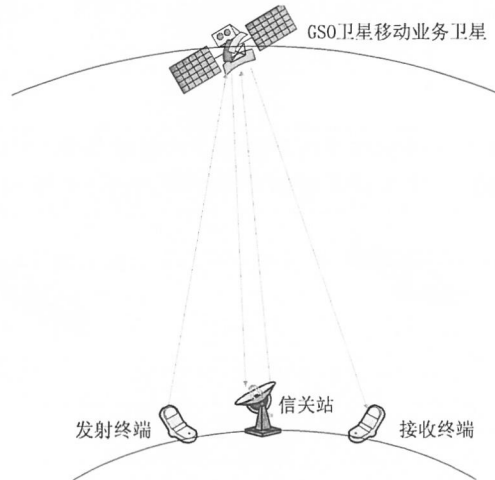


图 7 GSO 卫星移动业务系统组成示意图

GSO 卫星移动业务系统间兼容性分析包括卫星与信关站之间通信链路的兼容分析和卫星与移动终端之间通信链路的兼容分析，其中：

- a) 信关站作为固定地球站，其与卫星之间的通信链路属于卫星固定业务，应按第 7 章的要求进行兼容性分析；
- b) GSO 卫星移动业务系统用户链路的主要参数见表 6，表中各参数具体数值的选取，既可参考该

卫星系统向 ITU 申报的数值，也可根据协调双方具体商定的结果选择实际数值。

表 6 GSO 卫星移动业务系统用户链路的主要参数

序号	参数类别	参数名称
1	卫星参数	轨道参数(标称轨道位置、东西位置保持精度)
2		发射天线的天线方向图
3		发射功率范围
4		接收天线的天线方向图
5		接收系统等效噪声温度
6	用户终端参数	地理位置(经度, 纬度)
7		高度
8		发射天线的天线方向图
9		发射功率范围
10		接收天线的天线方向图
11		接收系统等效噪声温度
12	星地链路参数	信号中心频点
13		信号带宽
14		无线电波在卫星与地球站之间的传播距离

9.2 干扰计算方法

9.2.1 概述

GSO 卫星移动业务系统间的干扰计算既可采用干扰噪声比方法，也可采用载干比方法，推荐采用干扰噪声比方法。

9.2.2 上行链路干扰

9.2.2.1 干扰模式

被干扰卫星系统用户链路与干扰卫星系统用户链路在上行共用同一个频段。被干扰卫星系统用户终端发射的上行信号为被干扰信号，干扰卫星系统用户终端发射的上行信号为干扰信号，如图 8 所示。

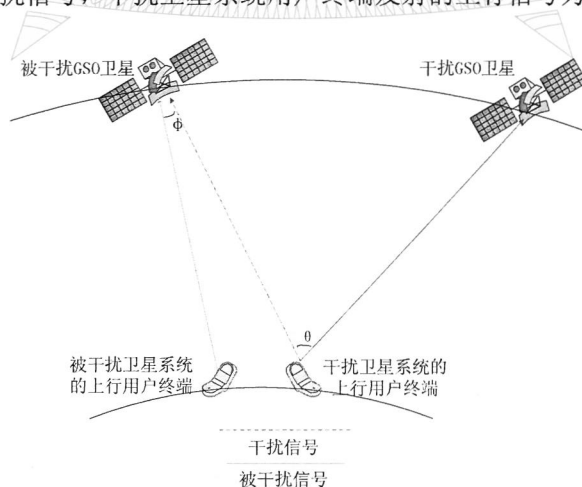


图 8 上行链路干扰模式示意图

9.2.2.2 干扰信号功率计算

干扰卫星系统用户终端发射的上行信号为干扰信号，其功率 I_u 按公式(2)计算。

9.2.2.3 被干扰链路系统噪声计算

被干扰链路卫星接收系统噪声功率 N_s 按公式(14)计算。

$$N_s = K + T_s + B \dots\dots\dots (14)$$

式中：

- N_s ——被干扰链路卫星接收系统噪声功率，dBW；
- K ——波尔兹曼常数，取为-228.6dBW/K/Hz；
- T_s ——被干扰链路卫星接收系统等效噪声温度，dBK；
- B ——噪声带宽，dBHz。

9.2.2.4 干扰评估指标计算

干扰评估指标为上行链路的干扰噪声比，即被干扰卫星收到的干扰信号功率与自身系统噪声的比值，按公式(15)计算。

$$(I/N)_u = I_u - N_s \dots\dots\dots (15)$$

式中：

- $(I/N)_u$ ——上行链路的干扰噪声比，dB。

9.2.3 下行链路干扰

9.2.3.1 干扰模式

被干扰卫星系统用户链路于干扰卫星系统用户链路在下行共用同一个频段。被干扰卫星发射的下行信号为被干扰信号，干扰卫星发射的下行信号为干扰信号，如图9所示。

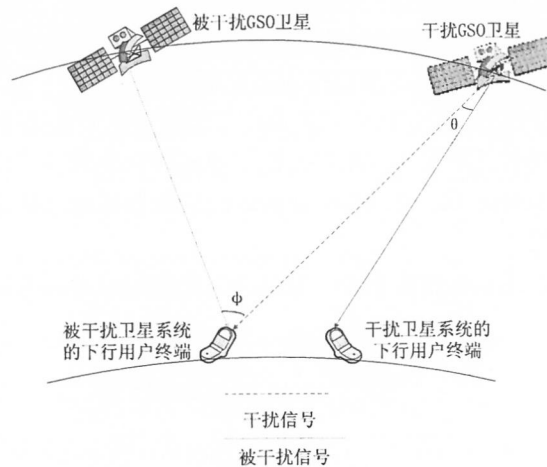


图9 下行链路干扰模式示意图

9.2.3.2 干扰信号功率计算

干扰卫星发射的下行信号为干扰信号，其功率 I_d 按公式(5)计算。

9.2.3.3 被干扰链路系统噪声计算

被干扰链路用户终端接收系统噪声功率 N_e 按公式(16)计算。

$$N_e = K + T_e + B \dots\dots\dots (16)$$

式中：

- N_e ——被干扰链路用户终端接收系统的噪声功率，dBW；

T_e ——被干扰链路用户终端接收系统的等效噪声温度，dBK。

9.2.3.4 干扰评估指标计算

干扰评估指标为下行链路的干扰噪声比，即被干扰卫星系统用户终端收到的干扰信号功率与自身系统噪声的比值，按公式(17)计算。

$$(I/N)_d = I_d - N_e \dots\dots\dots (17)$$

式中：

$(I/N)_d$ ——下行链路的干扰噪声比，dB。

9.3 有害干扰判定

9.3.1 应先计算来自相邻卫星系统的单入干扰噪声比，具体要求如下：

- a) 对于上行链路干扰，按公式(15)计算来自相邻卫星系统的单入干扰噪声比 $(I/N)_a$ ；
- b) 对于下行链路干扰，按公式(17)计算来自相邻卫星系统的单入干扰噪声比 $(I/N)_a$ 。

9.3.2 通过比较来自相邻卫星系统的单入干扰噪声比和干扰噪声比门限(一般取 -12.2dB)，判定 GSO 卫星移动业务系统用户链路是否受到有害干扰，判定准则如下：

- a) 当 $(I/N)_a > -12.2$ 时，判定 GSO 卫星移动业务系统的用户链路可能受到了潜在有害干扰；
- b) 当 $(I/N)_a \leq -12.2$ 时，判定两个 GSO 卫星移动业务系统的用户链路可以兼容工作。

10 Non-GSO 卫星地球探测业务系统间兼容性分析

10.1 概述

卫星地球探测业务系统由探测载荷和数据传输系统两部分组成，其中：

- a) 探测载荷分为光学探测载荷和微波探测载荷，ITU 目前没有考虑光学探测载荷的频率干扰问题，微波探测载荷对应于卫星地球探测业务有源或无源业务，用于探测并获取观测目标的各种数据。由于目前同频段在轨探测载荷数量不多，其频率兼容一般通过不同遥感卫星系统的飞行轨道进行空间隔离，现阶段暂不开展探测载荷之间的频率兼容分析。
- b) 目前卫星地球探测业务系统的数据传输系统使用相同频段，且国内对地面数传站实行资源集中、统筹建设的管理政策，客观上已经形成了多星近轨同频的应用态势，多颗卫星在轨道特性相似并共用相同频段进行数传应用时潜在干扰风险愈发增大。Non-GSO 卫星地球探测业务系统间兼容性分析只针对卫星地球探测业务系统的数据传输系统之间的频率兼容性分析。

10.2 系统特性和仿真参数

卫星地球探测业务系统的数据传输系统一般由卫星和接收地球站组成，如图 10 所示。

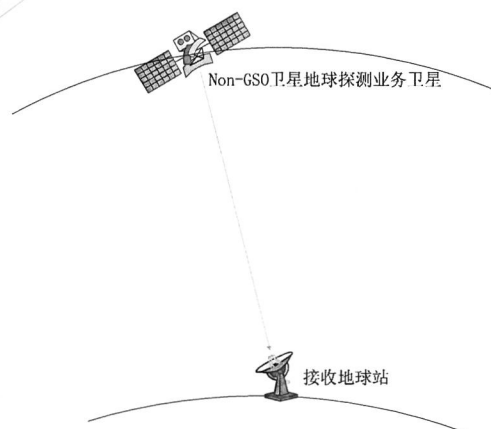


图 10 Non-GSO 卫星地球探测业务系统组成示意图

Non-GSO 卫星地球探测业务系统的主要参数见表 7。表 7 中各参数具体数值的选取，既可参考该卫星系统向 ITU 申报的数值，也可根据协调双方具体商定的结果选择实际数值。

表 7 Non-GSO 卫星地球探测业务系统的主要参数

序号	参数类别	参数名称
1	卫星参数	轨道参数(某历元时刻下的半长轴、偏心率、倾角、升交点赤经、近地点幅角和真近点角)
2		发射功率
3		发射天线的天线方向图
4	地球站参数	地理位置(经度, 纬度)
5		高度
6		接收天线的天线方向图
7		跟踪策略
8	星地链路参数	频段范围
9		无线电波在卫星与地球站之间的传播距离

10.3 干扰计算方法

10.3.1 干扰模式

被干扰卫星系统与干扰卫星系统在下行共用同一个频段。被干扰卫星发射的下行信号为被干扰信号，干扰卫星发射的下行信号为干扰信号，如图 11 所示。

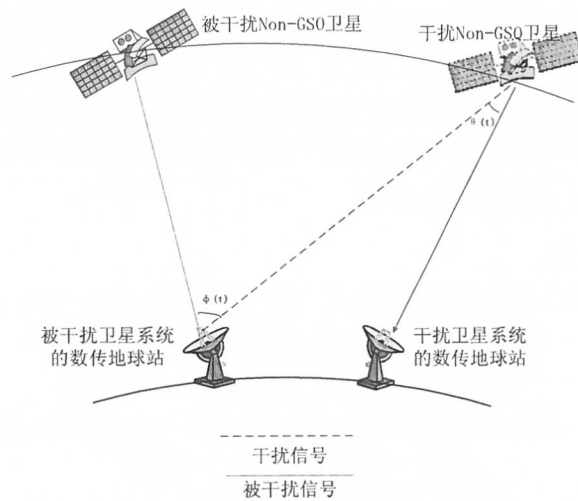


图 11 下行链路干扰模式示意图

10.3.2 干扰信号功率计算

干扰卫星发射的下行信号为干扰信号，其功率 $I_d(t)$ 按公式(18)计算。

$$I_d(t) = P'_s + G'_s(t) - (32.45 + 20 \lg f'_d + 20 \lg d'_d(t)) + G_e(t) \dots\dots\dots (18)$$

式中：

- $I_d(t)$ —— t 时刻的干扰信号功率，dBW；
- $G'_s(t)$ —— t 时刻干扰卫星发射天线在被干扰卫星系统的地球站方向上的增益，dBi；
- $d'_d(t)$ —— t 时刻无线电波在干扰卫星与被干扰卫星系统的地球站之间的传播距离，km；
- $G_e(t)$ —— t 时刻被干扰卫星系统的地球站接收天线在干扰卫星方向上的增益，dBi。

10.4 干扰保护限值

Non-GSO 卫星地球探测业务系统干扰保护限值要求见表 8。

表 8 Non-GSO 卫星地球探测业务系统干扰保护限值要求

频段 MHz	长期干扰		短期干扰	
	干扰信号保护限值	干扰超限时间百分比 阈值 (P_1)	干扰信号保护限值	干扰超限时间百分比 阈值 (P_2)
137~138 ^a	-147dBW/150kHz	20%	-137dBW/150kHz	0.0031%
400.15~401.00	-161dBW/177.5kHz	20%	-147dBW/177.5kHz	0.0031%
1698~1700	-149dBW/2668kHz	20%	-139dBW/2668kHz	0.0050%
1700~1710	-156dBW/2668kHz	20%	-139dBW/2668kHz	0.0016%
7750~7900	-151dBW/10MHz	20%	-127dBW/10MHz	0.0047%
8025~8400	-167dBW/10MHz	20%	-133dBW/10MHz	0.0025%
25500~27000	-160dBW/10MHz	20%	-116dBW/10MHz	0.0025%

^a 仰角不小于 25° 时开始工作, 其他情况仰角不小于 5° 时开始工作。

10.5 有害干扰判定

判定 Non-GSO 卫星地球探测业务系统是否受到有害干扰, 按公式(18)计算一定时间内(一般取一年)来自相邻卫星系统的干扰信号功率超出表 8 中长期干扰信号保护限值的时间百分比 P_I 和短期干扰信号保护限值的时间百分比 P_S , 分别与表 8 中长期干扰超限时间百分比阈值 P_1 和短期干扰超限时间百分比阈值 P_2 进行比较。其中:

- 当 $P_I \leq P_1$ 且 $P_S \leq P_2$ 时, 判定两个 Non-GSO 卫星地球探测业务系统可以兼容工作;
- 当 $P_I > P_1$ 且 $P_S > P_2$ 时, 判定 Non-GSO 卫星地球探测业务系统可能受到了潜在有害干扰。

11 卫星无线电导航业务系统间兼容性分析

11.1 系统特性和仿真参数

卫星无线电导航业务系统的频率轨道资源申报与使用均集中在 GSO 和 Non-GSO 的卫星无线电导航业务, 一般由卫星、用户接收机和地面监测控制站组成, 如图 12 所示。

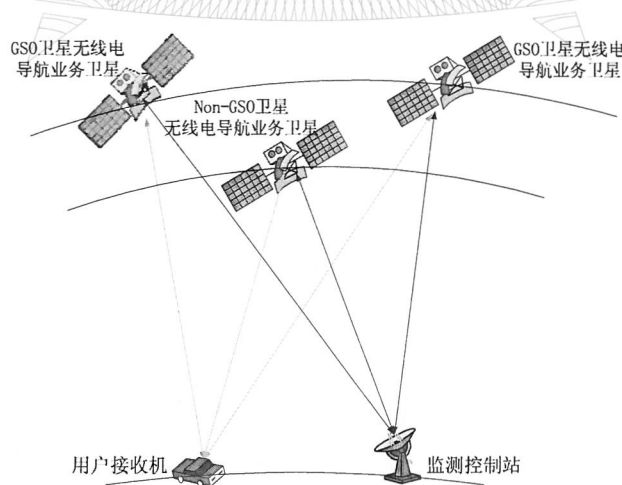


图 12 卫星无线电导航业务系统组成示意图

卫星无线电导航业务系统间兼容性分析包括卫星与地面监测控制站之间链路的兼容分析和卫星与用户接收机之间链路的兼容分析，其中：

- a) 地面监测控制站作为固定地球站，其与卫星之间的链路属于卫星固定业务，应按第 7 章的要求进行兼容性分析；
- b) 卫星无线电导航业务系统用户链路的主要参数见表 9，表中各参数具体数值的选取，既可参考该卫星系统向 ITU 申报的数值，也可根据协调双方具体商定的结果选择实际数值。

表 9 卫星无线电导航业务系统用户链路主要参数

序号	参数类别	参数名称
1	卫星参数	轨道参数 (GSO 卫星：标称轨道位置；Non-GSO 卫星：某历元时刻下的半长轴、偏心率、倾角、升交点赤经、近地点幅角和真近点角)
2		发射天线的天线方向图
3		发射功率范围
4		功率谱密度
5	用户接收机参数	接收机前端带宽
6		接收天线的天线方向图
7		噪声功率谱密度
8	星地链路参数	信号中心频点
9		信号带宽
10		信号多普勒频偏
11		无线电波在卫星与地球站之间的传播距离

11.2 干扰计算方法

在估算卫星无线电导航业务系统间干扰时使用等效载噪比来衡量多个干扰源对指定接收机的干扰情况。等效载噪比按公式 (19)~公式 (23) 计算。

$$C / N'_0 = 10 \lg \left(\frac{C}{N_0 + I_{ref} + I_{alt} + I_{rem}} \right) \dots\dots\dots (19)$$

$$I_{ref} = \sum_{m=1}^{M_{ref}} \sum_{n=1}^{N_{ref,m}} \frac{\gamma_{m,n}^x P_{m,n}^{ref}}{L_{m,n}^{ref}} \dots\dots\dots (20)$$

$$I_{alt} = \sum_{m=1}^{M_{alt}} \sum_{n=1}^{N_{alt,m}} \frac{\gamma_{m,n}^x P_{m,n}^{alt}}{L_{m,n}^{alt}} \dots\dots\dots (21)$$

$$I_{rem} = \sum_{m=1}^{M_{rem}} \sum_{n=1}^{N_{rem,m}} \frac{\gamma_{m,n}^x P_{m,n}^{rem}}{L_{m,n}^{rem}} \dots\dots\dots (22)$$

$$\int \gamma_{m,n}^x = \int_{-\infty}^{\infty} |\bar{H}(f)|^2 \bar{S}_x(f) \bar{S}_{m,n}(f) df \dots\dots\dots (23)$$

式中：

C / N'_0 ——被干扰卫星无线电导航业务系统指定接收机的等效载噪比，dB；

C ——有用信号功率，W；

N_0 ——指定接收机噪声功率谱密度，W/Hz；

I_{ref} ——来自同一系统内部除有用信号之外的所有干扰信号的等效功率谱密度，W/Hz，对于 CDMA 系统按公式 (20) 计算；

I_{alt} ——来自干扰卫星无线电导航业务系统的所有干扰信号的等效功率谱密度, W/Hz, 对于 CDMA 系统按公式(21)计算;

I_{rem} ——来自除被干扰和干扰卫星无线电导航业务系统之外的其余所有卫星无线电导航业务系统的所有干扰信号的等效功率谱密度, W/Hz, 对于 CDMA 系统可按公式(22)计算;

M_{ref} ——同一系统内部的可见卫星数量;

$N_{ref,m}$ ——来自同一系统内部的第 m 颗卫星发射的干扰信号数量;

$\gamma_{m,n}^x$ ——第 m 颗卫星的第 n 个干扰信号 x 的频谱分离系数, 1/Hz, 按公式(23)计算;

$P_{m,n}^{ref}$ ——同一系统内部的第 m 颗卫星的第 n 个干扰信号的最大干扰功率, W;

$L_{m,n}^{ref}$ ——同一系统内部的第 m 颗卫星的第 n 个干扰信号的处理衰减, 无量纲;

M_{alt} ——干扰系统中可见卫星数量;

$N_{alt,m}$ ——来自干扰系统内部的第 m 颗卫星发射的干扰信号数量;

$P_{m,n}^{alt}$ ——干扰系统的第 m 颗卫星的第 n 个干扰信号的最大干扰功率, W;

$L_{m,n}^{alt}$ ——干扰系统的第 m 颗卫星的第 n 个干扰信号的处理衰减, 无量纲;

M_{rem} ——除被干扰和干扰系统之外的其余所有卫星无线电导航业务系统中可见卫星数量;

$N_{rem,n}$ ——其余卫星无线电导航业务系统中第 m 颗卫星发射的干扰信号数量;

$P_{m,n}^{rem}$ ——其余卫星无线电导航业务系统中第 m 颗卫星的第 n 个干扰信号的最大干扰功率, W;

$L_{m,n}^{rem}$ ——其余卫星无线电导航业务系统中第 m 颗卫星的第 n 个干扰信号的处理衰减, 无量纲;

$\bar{H}(f)$ ——被干扰系统接收机标称等效转移函数;

$\bar{S}_x(f)$ ——有用信号的功率谱密度, W/Hz;

$\bar{S}_{m,n}(f)$ ——来自星群第 m 个卫星的第 n 个干扰信号的功率谱密度, W/Hz。

11.3 干扰保护限值

目前, 国际上几大卫星导航系统的运营商尚未就卫星无线电导航业务系统的干扰保护限值达成一致。一方面是由于影响因素多且复杂, 终端类型的不同, 信号速率、调制方式的不同, 定位精度的不同, 都会导致干扰保护限值的不同; 另一方面, 卫星导航系统的建设与运营集中在有限的几个国家, 缺乏广泛的国际研究基础, 在实际协调过程中各卫星导航系统往往会根据协调地位灵活调整干扰保护限值。

12 卫星间业务系统间兼容性分析

12.1 系统特性和仿真参数

卫星间业务系统用于为卫星之间提供通信链路, 其组成如图 13 所示。

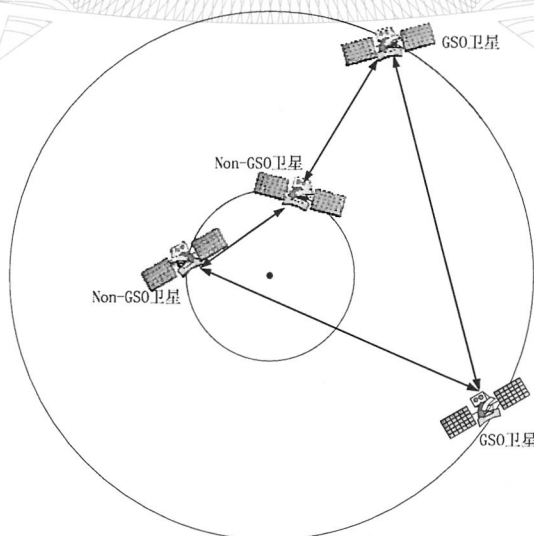


图 13 卫星间业务系统组成示意图

卫星间业务系统的主要参数见表 10。表 10 中各参数具体数值的选取，既可参考该卫星系统向 ITU 申报的数值，也可根据协调双方具体商定的结果选择实际数值。

表 10 卫星间业务系统的主要参数

序号	参数类别	参数名称
1	卫星参数	轨道参数 (GSO 卫星: 标称轨道位置; Non-GSO 卫星: 某历元时刻下的半长轴、偏心率、倾角、升交点赤经、近地点幅角和真近点角)
2		发射天线的天线方向图
3		发射功率范围
4		接收天线的天线方向图
5	星间链路参数	信号中心频点
6		信号带宽
7		无线电波在卫星与卫星之间的传播距离

12.2 协调原则

协调原则如下:

- a) 不同的 Non-GSO 与 Non-GSO 卫星间业务系统之间，只要频率重叠，就应进行协调或磋商。
- b) Non-GSO 与 GSO 卫星间业务系统与 GSO-GSO 卫星间业务系统之间，应根据卫星系统特性来判断是否需要协调。工作在 22.55GHz~23.55GHz, 24.45GHz~24.75GHz, 32.0GHz~33.0GHz 和 59.3GHz~71.0GHz 频段的 Non-GSO 与 GSO 卫星间业务系统与 GSO-GSO 卫星间业务系统之间的干扰场景示意图如图 14 所示。其中， S_{G1} 和 S_{G2} 同属于 GSO-GSO 卫星间业务系统， S_{N1} 和 S_{N2} 同属于 Non-GSO 与 GSO 卫星间业务系统。其中：
 - 1) 当 S_{G1} 、 S_{N2} 之间的连线与 S_{N1} 运行轨迹不相交，且 $\gamma \geq 3^\circ$ 时，Non-GSO 与 GSO 卫星间业务系统不需要与 GSO-GSO 卫星间业务系统进行协调；
 - 2) 当 S_{G1} 、 S_{N2} 之间的连线与 S_{N1} 运行轨迹不相交，且 $\gamma < 3^\circ$ 时，或 S_{G1} 、 S_{N2} 之间的连线与 S_{N1} 运行轨迹相交时，Non-GSO 与 GSO 卫星间业务系统需要与 GSO-GSO 卫星间业务系统进行协调。

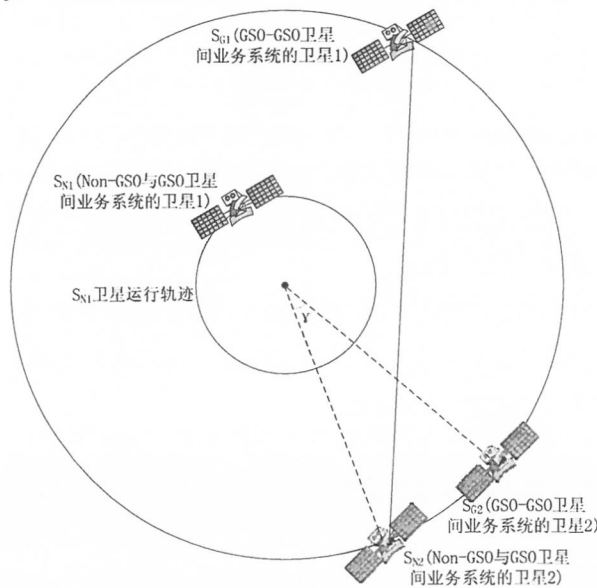


图 14 Non-GSO 与 GSO 卫星间业务系统与 GSO-GSO 卫星间业务系统的干扰场景示意图

12.3 干扰计算方法

12.3.1 干扰模式

对于 GSO-GSO 卫星间业务系统与 GSO-GSO 卫星间业务系统之间的单入干扰评估，被干扰卫星系统发射的信号为被干扰信号，干扰卫星系统发射的信号为干扰信号，如图 15 所示。

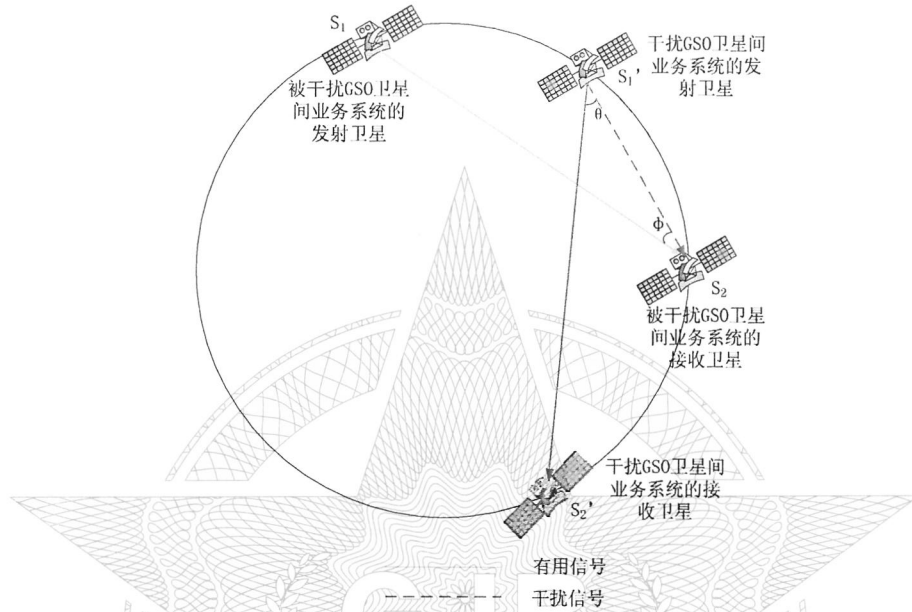


图 15 GSO-GSO 卫星间业务系统之间干扰场景示意图

12.3.2 有用信号功率计算

被干扰 GSO-GSO 卫星间业务系统的发射卫星 S_1 发射的信号为有用信号，其功率 C_{is} 按公式 (24) 计算。

$$\left\{ \begin{aligned} C_{is} &= P_{S_1} + G_{S_1} - (32.45 + 20 \lg f_{S_1} + 20 \lg d_{S_1 S_2}) + G_{S_2} \\ d_{S_1 S_2} &= 2R_{GSO} \sin \left(\frac{|V_{S_1} - V_{S_2}|}{2} \right) \end{aligned} \right. \dots\dots\dots (24)$$

式中：

- C_{is} ——有用信号功率，dBW；
- P_{S_1} ——被干扰 GSO-GSO 卫星间业务系统的发射卫星 S_1 的信号功率，dBW；
- G_{S_1} ——被干扰 GSO-GSO 卫星间业务系统的发射卫星 S_1 在接收卫星 S_2 方向上的天线增益，dBi；
- f_{S_1} ——有用信号的载波频点，MHz；
- $d_{S_1 S_2}$ ——无线电波在被干扰 GSO-GSO 卫星间业务系统的两颗卫星 S_1 、 S_2 之间的传播距离，km；
- G_{S_2} ——被干扰 GSO-GSO 卫星间业务系统的接收卫星 S_2 在发射卫星 S_1 方向上的天线增益，dBi；
- R_{GSO} ——GSO 轨道半径，取值 42164km；
- V_{S_1} ——被干扰 GSO-GSO 卫星间业务系统发射卫星 S_1 的轨道标称经度，(°)；
- V_{S_2} ——被干扰 GSO-GSO 卫星间业务系统接收卫星 S_2 的轨道标称经度，(°)。

12.3.3 干扰信号功率计算

干扰 GSO-GSO 卫星间业务系统的发射信号为干扰信号，其功率 I_{is} 按公式 (25) 计算。

$$\begin{cases} I_{is} = P_{S'_1} + G_{S'_1} - (32.45 + 20 \lg f_{S'_1} + 20 \lg d_{S'_1 S_2}) + G'_{S_2} \\ d_{S'_1 S_2} = 2r_{GSO} \sin \left(\frac{|V_{S'_1} - V_{S_2}|}{2} \right) \end{cases} \dots\dots\dots (25)$$

式中:

I_{is} ——干扰信号功率, dBW;

$P_{S'_1}$ ——干扰 GSO-GSO 卫星间业务系统的发射卫星 S'_1 的信号功率, dBW;

$G_{S'_1}$ ——干扰 GSO-GSO 卫星间业务系统的发射卫星 S'_1 在被干扰卫星间业务系统的接收卫星 S_2 方向上的发射增益, dBi;

$f_{S'_1}$ ——干扰信号的载波频点, MHz;

$d_{S'_1 S_2}$ ——无线电波在干扰 GSO-GSO 卫星间业务系统的发射卫星 S'_1 与被干扰卫星间业务系统的接收卫星 S_2 之间的传播距离, km;

G'_{S_2} ——被干扰 GSO-GSO 卫星间业务系统的接收卫星 S_2 在干扰卫星系统发射卫星 S'_1 方向上的接收增益, dBi;

$V_{S'_1}$ ——干扰 GSO-GSO 卫星间业务系统发射卫星 S'_1 的轨道标称经度, (°)。

12.3.4 干扰评估指标载干比计算

干扰评估指标为被干扰链路的载干比, 即被干扰卫星收到的有用信号功率与干扰信号功率的比值, 按公式(26)计算。

$$(C/I)_{is} = C_{is} - I_{is} - 10 \lg \beta \dots\dots\dots (26)$$

式中:

$(C/I)_{is}$ ——被干扰链路的载干比, dB。

中华人民共和国
国家军用标准
卫星系统频谱兼容性分析指南
GJB/Z 220—2024

*

国家军用标准出版发行部出版
(北京东外京顺路7号)
国家军用标准出版发行部印刷车间印刷
国家军用标准出版发行部发行
版权专有 不得翻印

*

开本 880×1230 1/16 印张 1¼ 字数 55 千字
2025年2月第1版 2025年2月第1次印刷

*

军标出字第 16361 号