

国 际 电 信 联 盟

ITU-R

国际电联无线电通信部门

ITU-R M.2082-0 建议书

(11/2015)

**有助于在2 483.5-2 500 MHz频段内根据
功率通量密度协调触发限值在卫星
移动业务和卫星无线电测定业务
与固定业务之间开展协调
的方法和技术实例**

**M 系列
移动、无线电测定、业余
和相关卫星业务**



国际电信联盟

前言

无线电通信部门的职责是确保卫星业务等所有无线电通信业务合理、平等、有效、经济地使用无线电频谱，不受频率范围限制地开展研究并在此基础上通过建议书。

无线电通信部门的规则和政策职能由世界或区域无线电通信大会以及无线电通信全会在研究组的支持下履行。

知识产权政策 (IPR)

ITU-R的IPR政策述于ITU-R第1号决议的附件1中所参引的《ITU-T/ITU-R/ISO/IEC的通用专利政策》。专利持有人用于提交专利声明和许可声明的表格可从<http://www.itu.int/ITU-R/go/patents/en>获得，在此处也可获取《ITU-T/ITU-R/ISO/IEC的通用专利政策实施指南》和ITU-R专利信息数据库。

ITU-R 系列建议书

(亦可在线查询<http://www.itu.int/publ/R-REC/en>)

系列	标题
BO	卫星传送
BR	用于制作、存档和播出的录制；电视电影
BS	广播业务（声音）
BT	广播业务（电视）
F	固定业务
M	移动、无线电定位、业余和相关卫星业务
P	无线电波传播
RA	射电天文
RS	遥感系统
S	卫星固定业务
SA	空间应用和气象
SF	卫星固定业务和固定业务系统间的频率共用和协调
SM	频谱管理
SNG	卫星新闻采集
TF	时间信号和频率标准发射
V	词汇和相关问题

说明： 该ITU-R建议书的英文版本根据ITU-R第1号决议详述的程序予以批准。

电子出版
2016年，日内瓦

© 国际电联 2016

版权所有。未经国际电联书面许可，不得以任何手段复制本出版物的任何部分。

ITU-R M.2082-0 建议书

有助于在2 483.5-2 500 MHz频段内根据功率通量密度
协调触发限值在卫星移动业务和卫星无线电
测定业务与固定业务之间开展协调
的方法和技术实例

(2015年)

范围

本建议书提供了有关固定业务与在2 483.5-2 500 MHz频段操作的卫星移动和卫星无线电测定业务协调的信息。建议书包含卫星移动和卫星无线电测定业务系统可能造成的干扰估算值。本建议书审议了放松WRC-12在议项1.18下达成一致的触发固定业务协调的功率通量密度值造成的影响。

本建议书有助于根据《无线电规则》第9.14款与那些要求以超出《无线电规则》附录5中确定的门限pfd限值进行RDSS或MSS系统操作的主管部门开展协调。

关键词

RDSS、MSS、FS、MS、协调触发值

缩略语/词汇

FDP 性能的部分衰减

pfd 功率通量密度

相关的建议书、报告

ITU-R F.758-6建议书

制定固定业务中的固定无线系统与其他业务中的系统之间频率共用或兼容标准的系统参数和考虑

ITU-R F.1108-4建议书

保护固定业务接收机免受工作于非同步轨道中的共用频带空间站来的发射标准的确定方法

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（空一地）与固定业务协调的系统专用方法

ITU-R M.1787-2建议书

关于在1 164 1 215 MHz、1 215-1 300 MHz和1 559-1 610 MHz频段运行的卫星无线电导航业务（空对地和空对空）系统和网络及发射空间电台技术特性的说明

国际电联无线电通信全会，

考虑到

- a) 2 483.5-2 500 MHz频段已在全球范围内作为主要业务划分给卫星移动业务（MSS）、卫星无线电测定业务（RDSS）、固定业务（FS）和移动业务；
- b) MSS将此频段用于对用户终端的下行链路（空对地）发射；
- c) 有必要通过使用《无线电规则》附录5给出的相关功率通量密度（PFD）值实现空间系统与使用FSS的主管部门之间的协调；
- d) pfd是促进确定MSS与地面业务之间共用标准所使用的技术参数之一；
- e) FSS网络使用数字调制技术，

注意到

- a) 对于非对地静止MSS系统与FSS系统之间共用的2 483.5-2 500 MHz频段，《无线电规则》附录5表5-2确定了以下pfd门限值：

$$\begin{aligned} & -126 \text{ dB(W/(m}^2 \cdot \text{MHz)) 用于 } 0^\circ \leq \theta \leq 5^\circ \\ & -126 + 0.65 (\theta - 5) \text{ dB(W/(m}^2 \cdot \text{MHz)) 用于 } 5^\circ \leq \theta \leq 25^\circ \\ & -113 \text{ dB(W/(m}^2 \cdot \text{MHz)) 用于 } \theta > 25^\circ \end{aligned}$$

其中， θ 为射频波地球表面到达角（度）；

- b) 对于2区的国家、1区的43个国家、澳大利亚和以色列，《无线电规则》附录5表5-2注9规定了以下有关非对地静止MSS系统与FSS系统之间共用的2 483.5-2 500 MHz频段的 pfd门限值：

$$\begin{aligned} & -124.5 \text{ dB(W/(m}^2 \cdot \text{MHz)) 用于 } 0^\circ \leq \theta \leq 5^\circ \\ & -124.5 + 0.65 (\theta - 5) \text{ dB(W/(m}^2 \cdot \text{MHz)) 用于 } 5^\circ \leq \theta \leq 25^\circ \\ & -111.5 \text{ dB(W/(m}^2 \cdot \text{MHz)) 用于 } \theta > 25^\circ \end{aligned}$$

- c) 对于非对地静止RDSS系统与FSS系统共用的2 483.5-2 500 MHz频段，《无线电规则》附录5表5-2规定了以下pfd门限值：

$$-129 \text{ dB(W/(m}^2 \cdot \text{MHz)) 用于 } 0^\circ \leq \theta \leq 90^\circ$$

- d) 对于2区的国家、1区的43个国家、澳大利亚和以色列，《无线电规则》附录5表5-2注9规定了以下有关非对地静止RDSS系统与FSS系统之间共用的2 483.5-2 500 MHz频段的pfd门限值：

$$-128 \text{ dB(W/(m}^2 \cdot \text{MHz)) 用于 } 0^\circ \leq \theta \leq 90^\circ$$

- e) 在自由空间传播条件下可获得有关上述pfd和到达角的数值；

- f) 1区须考虑到《无线电规则》第5.398A款的规定，

建议

1 根据有关主管部门之间达成的相互协议，可将附件1介绍的方法用于FS与MS和RDSS系统之间的协调并作为确定当《无线电规则》附录5表5-2所含pfd门限值超出时对FSS系统造成的影响的方法；

2 附件1所含方法的任何具体参数的不明之处应通过相互协议予以解决。

注 – 附件2提供了应用附件1所含方法的技术实例。

附件1

确定2 483.5-2 500 MHz频段中功率通量密度 协调触发值造成的固定业务 系统性能的部分衰减

1 范围

本附件描述的方法来自现有ITU-R建议书并参考了一般用于计算RDSS和MSS航天器因FSS地面电台造成的几种干扰的方法。

HIBLEO-X/HIBLEO-4 MSS和Galileo RDSS星座对FSS造成的集总干扰值见附件2后附资料。

2 方法¹

用于数字无线电中继系统的ITU-R F.1108建议书中的方法配合ITU-R M.1143建议书使用。ITU-R F.1108建议书使用数字FSS电台性能部分衰减（FDP）概念。FDP指由于干扰的存在，达不到控制性能标准的时间百分比出现部分提升。ITU-R F.758-6建议书建议指出，25%的FDP适用于在2 483.5-2 500 MHz频率范围内操作的系统。

SCP按如下步骤模拟非GSO卫星星座对FS网络的干扰。

2.1 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。在数字情况下，干扰功率扩大到1 MHz。

¹ 该案文源于ITU-R M.1143建议书

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：

$$I = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^S \frac{E_{ij}}{L_i} G^3(\alpha_{ij}) G^4(\theta_i) \frac{B_w}{B_{ij}} \frac{1}{F} \frac{1}{P_{ij}}$$

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
- E_{ij} : 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)
- $G^3(\alpha_{ij})$: 第 i 个可见被选卫星的第 j 个激活点波束指向第 i 个FS站的天线鉴别度
- α_{ij} : 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 i 个FS站之间的夹角 (度)
- L_i : 从第 i 个可见被选卫星至第 i 个FS站在给定参考频率上的自由空间损耗
- $G^4(\theta_i)$: 第 i 个FS站在第 i 个可见被选卫星方向上的天线增益
- θ_{ik} : 第 i 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 (1 MHz)
- F : FS站的馈送损耗
- P_{ij} : 第 i 个MSS卫星的第 j 个点波束与第 i 个FS站之间的极化隔离因子。

只有在第 i^{th} 个MSS (或RDSS) 卫星处于FSS电台天线的3dB波束内且FSS电台在第 i 个MSS (或RDSS) 卫星第 j 个点波束的3dB波束内的情况下采用极化优势 P_{ij} 。 P_{ij} 可根据ITU-R F.1245建议书注7中的算式予以计算。

2.2 计算环中的步长的大小和数量

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。

2.2.1 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 Δt 时考虑了地球的运动、卫星的倾斜以及FS站天线的俯仰。在 Δt 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。

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

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

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

其中：

- ω : 地球固定坐标中的卫星角速度（地心地球同步参考坐标系）
- ω_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）
- ω_e : 赤道上的地球旋转角速度
- I : 卫星轨道倾角
- θ_ε : FS站和卫星之间的地心角
- R : 地球半径
- h : 卫星纬度
- ε : FS天线仰角
- ϕ_{3dB} : FS站3 dB波束宽度
- N_{hits} : FS站3 dB波束宽度内击中的次数（ $N_{hits}=5$ ）
- Δt : 模拟时间步长。

2.3 适用干扰标准 – 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：

$$FDP = \sum_{I_i = \min}^{\max} \frac{I_i f_i}{N_T}$$

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 的时间周期部分
- N_T : 站接收系统噪声功率电平

$$N_T = k T B_w$$

其中：

k : 玻耳兹曼常数

T : FS电台等量接收系统噪声温度 (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%的适用标准进行比较。

附件2

技术实例干扰分析

1 MSS、RDSS和FS系统特性

1.1 2 483.5-2 500 MHz频段中MSS系统的特性

分析中考虑的非GSO MSS系统使用了表1所示特性。

表1

典型的卫星移动业务系统参数

系统名称	HIBLEO-4/HIBLEO-X
高度	1 414公里
倾角	52度
轨道平面数	8
每平面卫星数	以60度为间隔的6颗卫星
相位*	7.5度
天线类型	多波束
平均增益	15.0 dBi
平均3 dB带宽	25.3度
极化	左手圆
信号带宽	$13 \times 1.23 \text{ MHz} = 16.5 \text{ MHz}$
信号中心频率	2 491.75 MHz
用户终端接收机噪声温度	300 K
用户终端接收机天线增益	2.7 dBi
用户终端接收机天线带宽	126度

* 在其轨道平面的第 i 个卫星基准时间 $t = 0$ 时，从升交点测量的初始相位角 (ω_i)
($0^\circ \leq \omega_i < 360^\circ$)

1.2 RDSS系统的假设特性

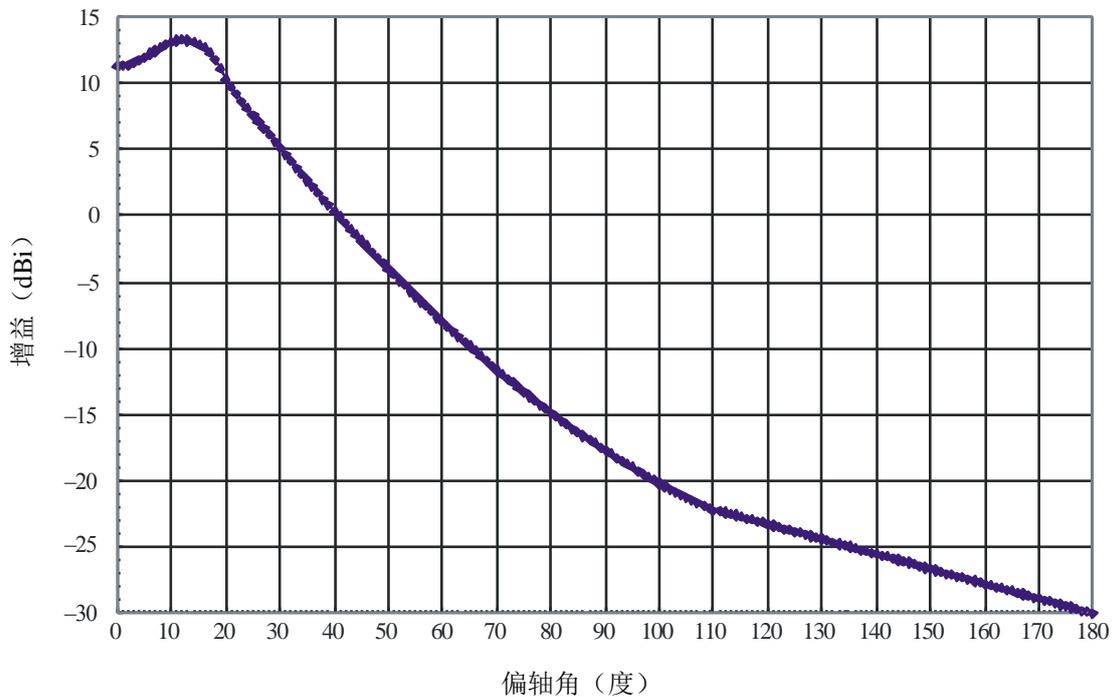
可以看到，Galileo系统旨在利用其星座提供RDSS应用。然而，该应用尚未公布确定的规范集。

为实现计算机仿真，人们假设Galileo RDSS应用具有与ITU-R M.1787建议书公布的卫星无线电导航业务（RNSS）应用类似的特性。

人们还假设，RDSS应用的航天器天线亦拥有等通量天线特性。假设天线的峰值增益为13.3 dBi。计算机仿真中使用的天线辐射图见图1。WRC-12的成果提供了用于地球表面所有到达角的 $-128 \text{ dBW/m}^2 \text{ MHz}$ 的pfd值，作为2 483.5-2 500 MHz频段内RDSS划分的协调触发值。基于该pfd值以及该天线具有最大为 ± 9 度相关增益的假设（符合RDSS航天器与地球表面之间25 239公里的倾斜范围），假设RDSS的e.i.r.p为40.46 dBW或30.16 dBW/MHz。

图1

Galileo S频段天线辐射图



M.2082-01

Galileo RDSS应用假设具有的以及计算机仿真中使用的其它特性见表2。

表2
典型RDSS系统的拟议特性

系统名称	Galileo RDSS
高度	23 616公里
倾角	56度
轨道平面数	3
每平面卫星数	总数为9, 每颗卫星间隔40度
相位*	13 1/3度
天线类型	等通量
平均增益	13.3 dBi
平均3 dB带宽	40度峰对峰
极化	右手圆 (RHCP)
信号带宽	16.5 MHz
信号中心频率	2 491.75 MHz
功率通量密度值	-128 dB (W/m ² . MHz)
每航天器隐含的e.i.r.p	40.5 dBW

* 在其轨道平面的第 I 个卫星基准时间 $t = 0$ 时, 从升交点测量的初始相位角 (ω_i)
($0^\circ \leq \omega_i < 360^\circ$)

1.3 点对点固定业务特性

固定业务电台的特性是根据ITU-R F.758建议书选定的, 见表3。

表3
点对点数字固定业务平均参数

平均路径长度	29.45公里
平均e.i.r.p.	29.5 dBW
平均天线增益	25 dBi ITU-R F.1245-1建议书
3 dB带宽	9.1度
平均天线高度	50.3米
仰角	0度
载波中心频率	2 491 MHz
载波带宽	14 MHz
系统噪声温度	438 K
馈线损耗	4 dB

点对点路径下的地形假设为平坦表面。沿FS路径的传播符合ITU-R P.525和ITU-R P.530建议书, 干扰符合ITU-R P.452建议书。

2 对FS系统的干扰水平确定

2.1 固定业务点对点干扰仿真

如以下后附资料所示，计算机仿真是使用上述表3给出的参数评估RDSS与MSS下行链路是否有可能对FS造成干扰的商用软件进行的。所使用的MSS参数见表1和表2中的RDSS参数。航天器天线和功率输出的选择确保在地球表面产生的功率通量密度（pfd）与《无线电规则》附录5给出的协调触发pfd值相同。选择进行仿真的固定业务电台地点为尼日利亚。仿真包括该区域的气候和多路径衰减效应。

每个MSS航天器的功率设定为在2 483.5-2 500 MHz频段产生 $-124.5 \text{ dBW/m}^2 \text{ MHz}$ 下行链路pfd。因而，每个RDSS航天器的功率设定产生的pfd为 $-128 \text{ dBW/m}^2 \text{ MHz}$ 。

干扰的计算是在10天范围内按照每20秒的时间递增的。对Galileo RDSS和HIBLEO-4/HIBLEO-X系统的地面跟踪重复间隔分别为10天和2天。因此，仿真时段包含两个卫星系统地面跟踪的整数重复值。干扰分析是基于固定业务链路FDP进行的。

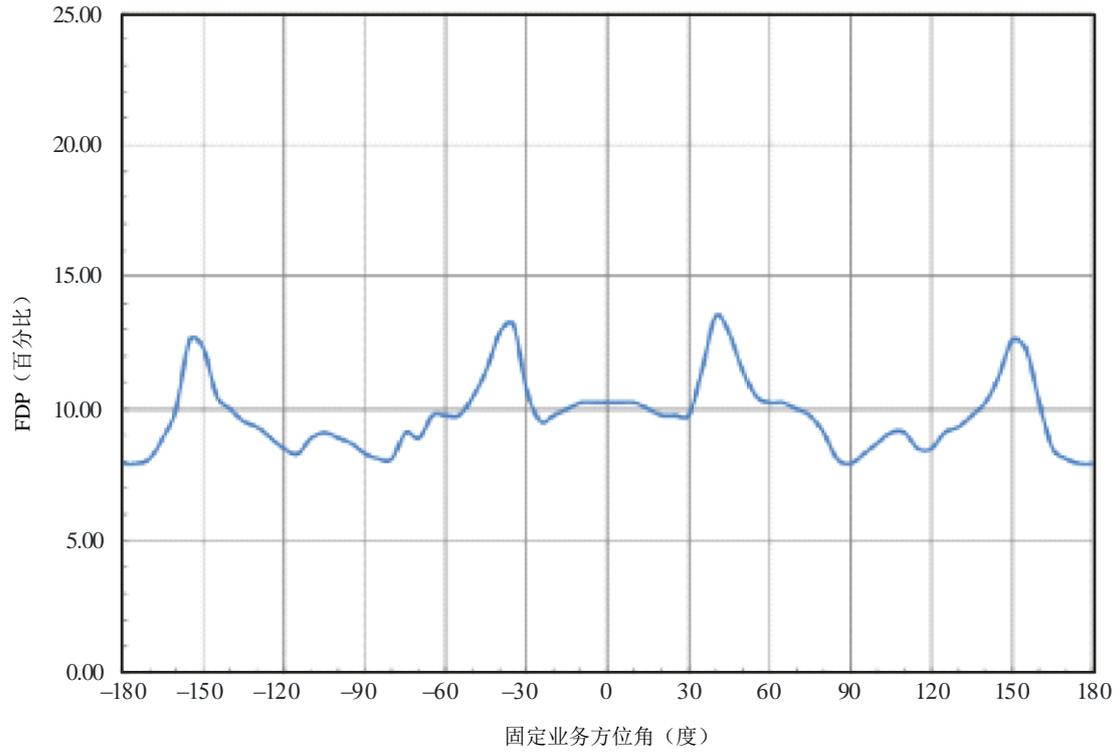
附件2 后附资料

仿真结果

计算机的仿真结果见图2至图5。如上所述，所使用的仿真时间足以使两个卫星系统的所有星座对固定业务系统产生干扰。对固定业务链路产生的干扰是在5度方位间隔确定的。FDP的确定基于算术平均值，而不是对数平均值。

图2

尼日利亚因RDSS和MSS系统复合发射干扰对仿真FSS链路产生的FDP%



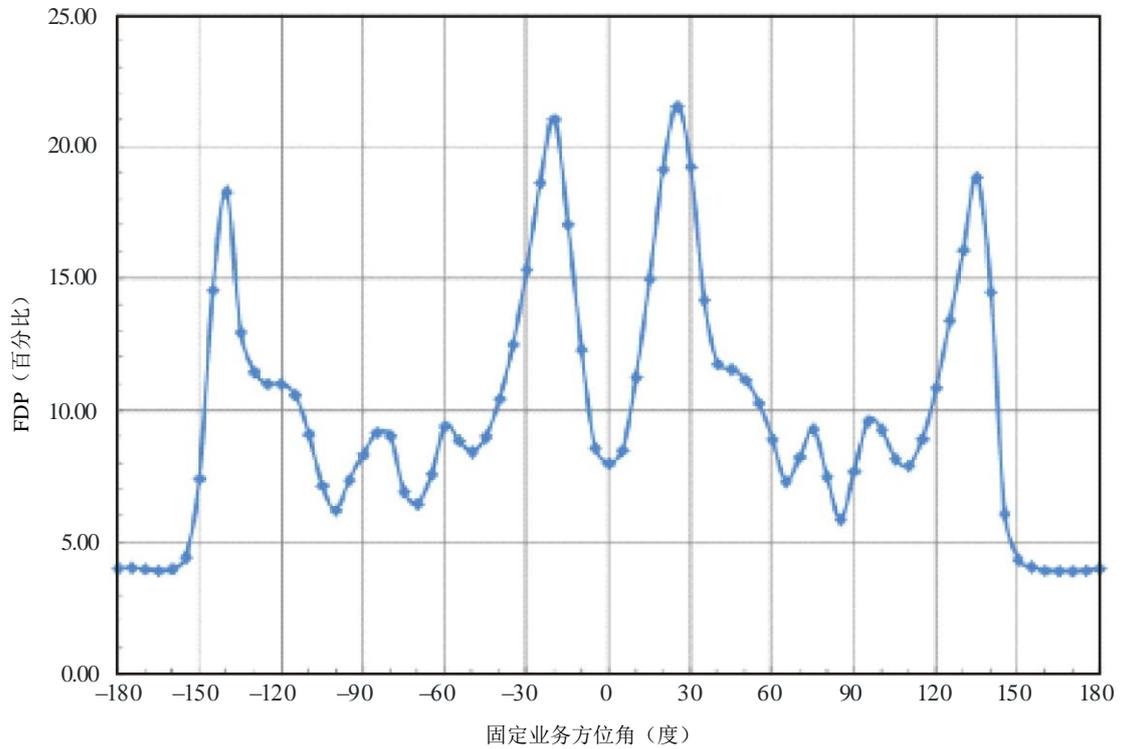
M.2082-02

在尼日利亚，该链路的FDP永远小于14%，比2 483.5-2 500 MHz频段内链路可接受值低25%。

图3显示了塞内加尔一条链路的计算机仿真结果。该链路的FDP在2 483.5-2 500 MHz频段内永远小于22%。

图3

因RDSS和MSS系统复合发射对塞内加尔仿真FSS链路造成的FDP%



M.2082-03

图4显示出肯尼亚一条链路的计算机仿真结果。该链路在2 483.5-2 500 MHz频段内的FDP永远小于19%。

图4

因RDSS和MSS系统复合发射对肯尼亚仿真FSS链路造成的FDP%

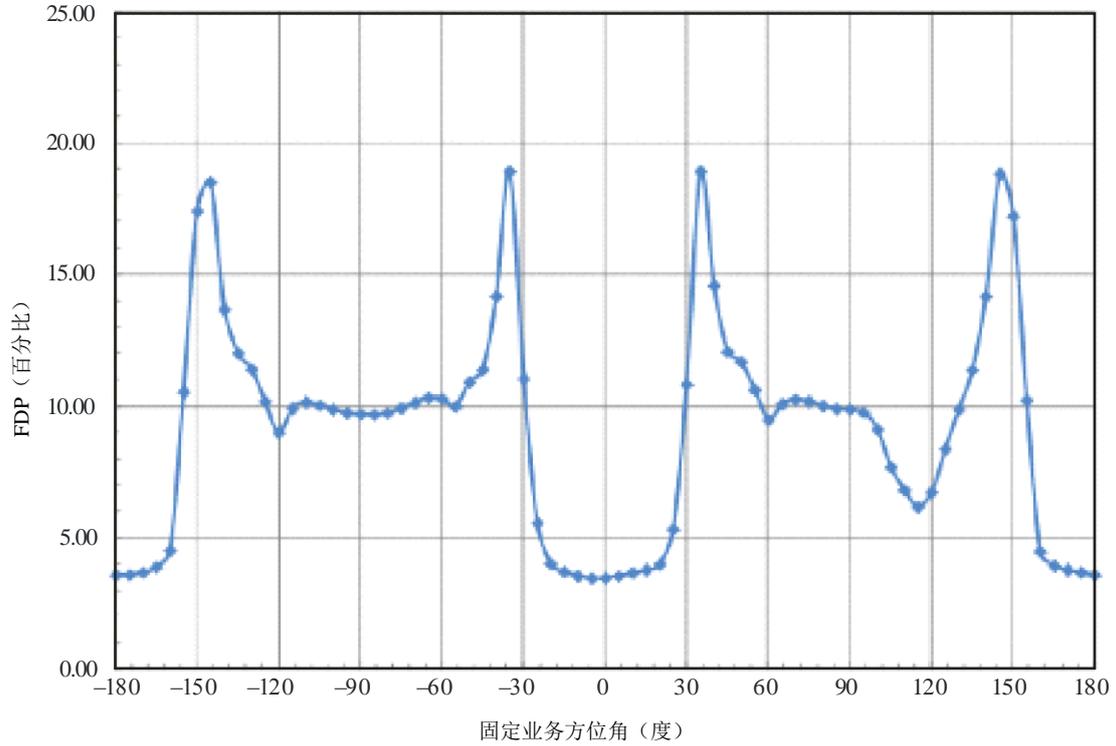
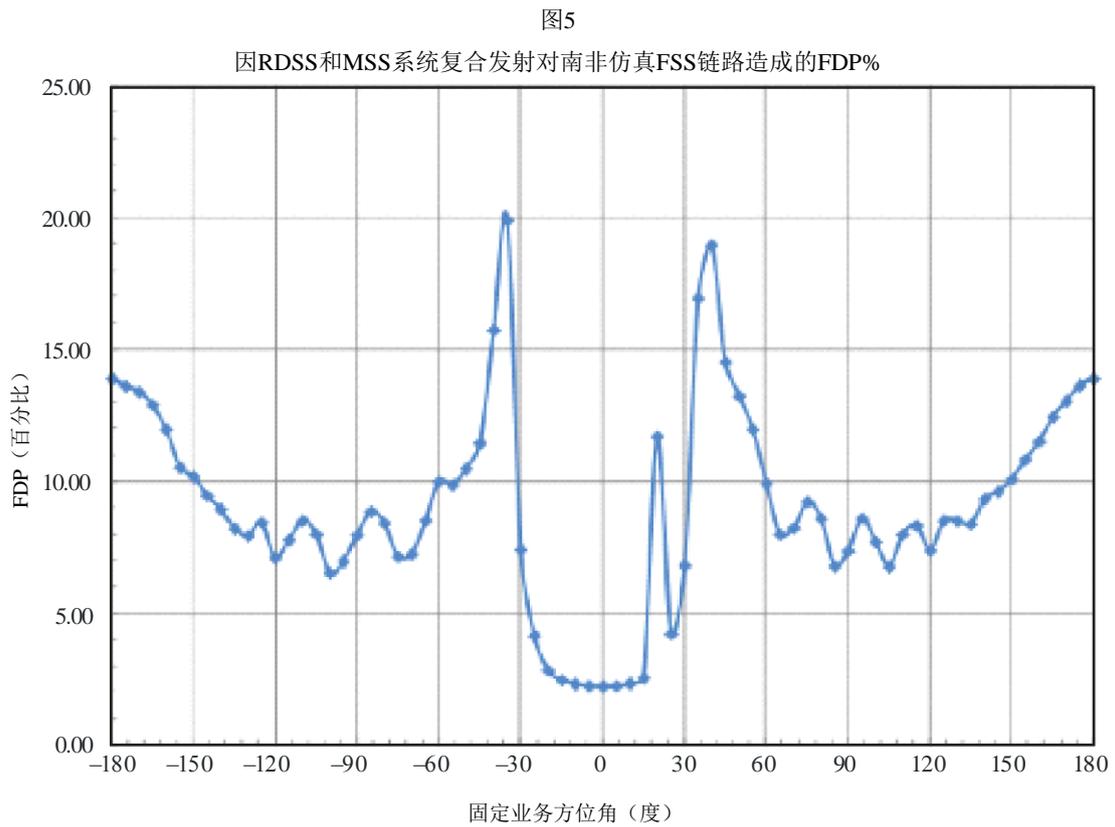


图5显示出南非的一条链路的计算机仿真结果。该链路在2 483.5-2 500 MHz频段内的FDP永远小于21%。



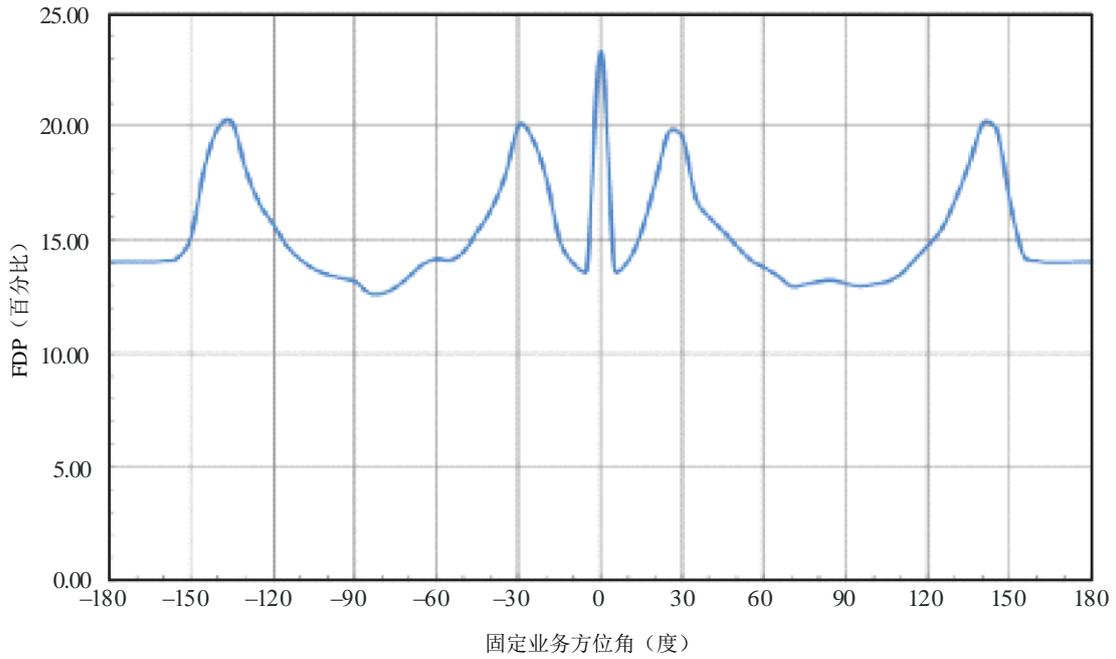
M.2082-05

固定业务天线仰角效应

第二套仿真包括将天线仰角设置为0.5度产生的效应。使用0.5度接收天线仰角重复了前一节所述仿真。这些仿真结果见图6至图9。

图6

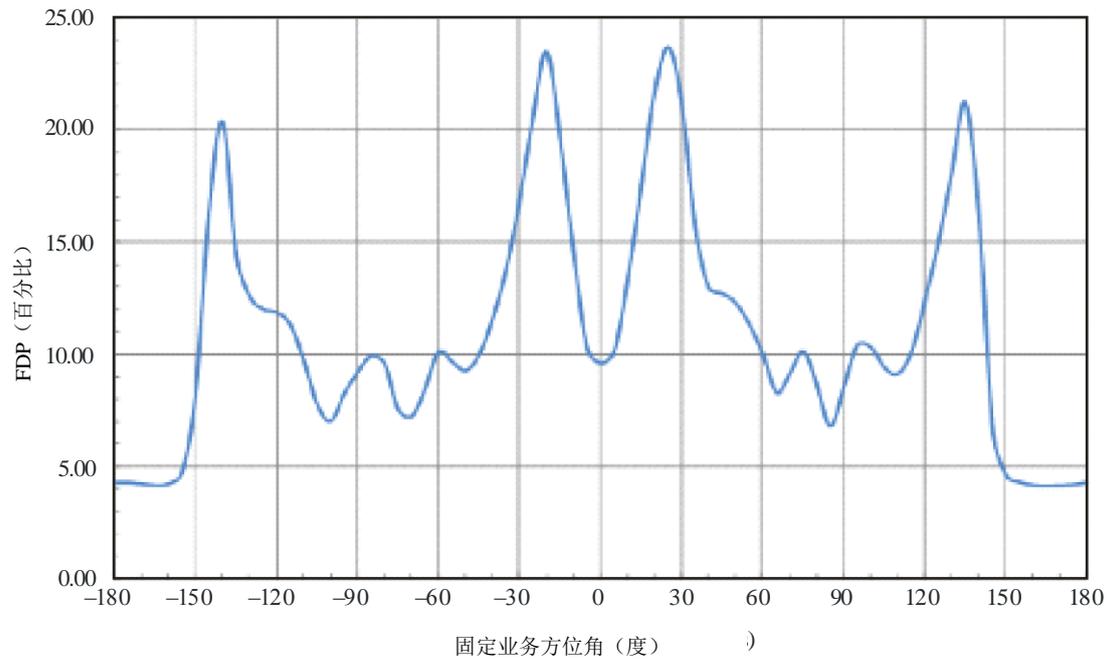
RDSS和MSS系统复合发射对尼日利亚仿真FSS链路造成的FDP%，
固定业务接收天线仰角 = 0.5度



M.2082-06

图7

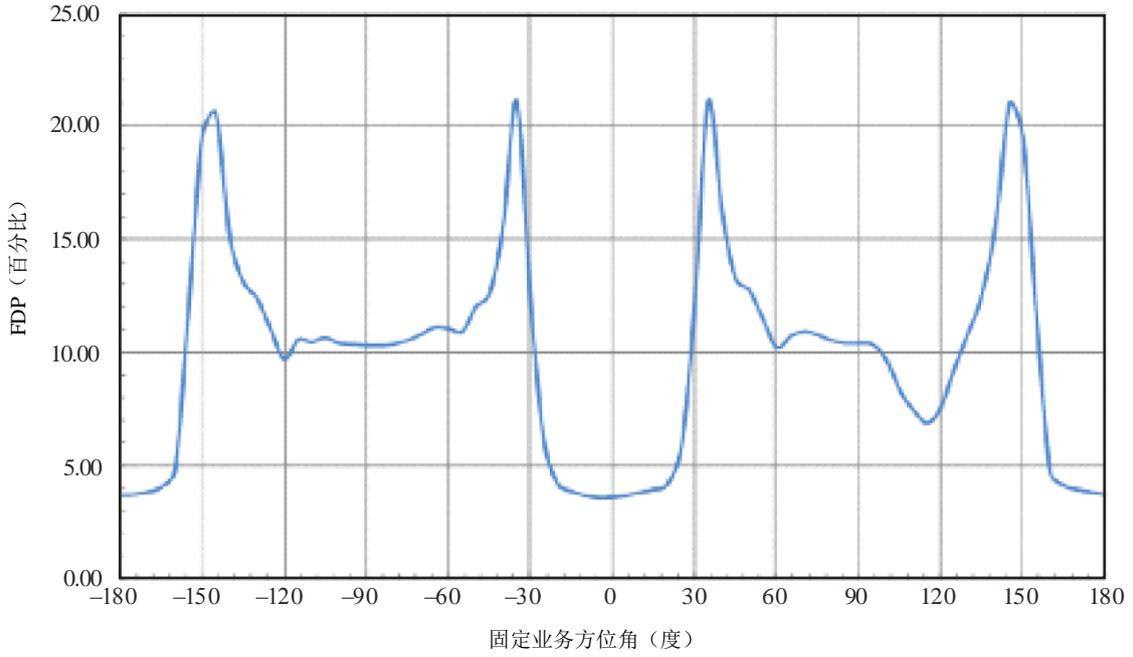
RDSS和MSS系统复合发射对塞内加尔仿真FSS链路造成的FDP%，
固定业务接收天线仰角 = 0.5度



M.2082-07

图8

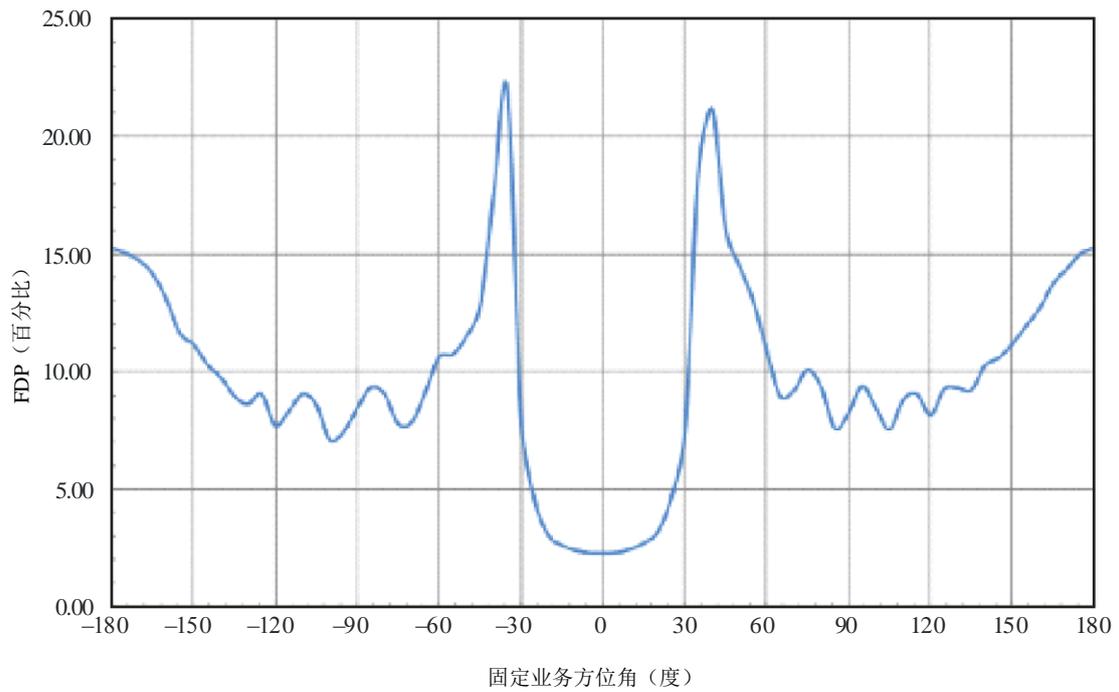
RDSS和MSS系统复合发射对肯尼亚仿真FSS链路造成的FDP%，
固定业务接收天线仰角 = 0.5度



M.2082-08

图9

RDSS和MSS系统复合发射对南非仿真FSS链路造成的FDP%，
固定业务接收天线仰角 = 0.5度



M.2082-09