

ITU-R RS.2095 报告

固定和移动业务与地球探测卫星业务（无源）共用 36-37 GHz 频带

(2007 年)

目 录

	页码
1 引言	2
2 EESS（无源）	2
2.1 应用	2
2.2 无源传感器参数	2
2.3 干扰标准	4
3 固定和移动业务参数	5
3.1 固定业务（FS）	5
3.2 移动业务（MS）	6
4 模拟研究	7
4.1 常规模拟方法	7
4.2 第 1 项模拟研究	7
4.3 第 2 项模拟研究	9
4.4 第 3 项模拟研究	11
4.4.1 P-P FS 系统	11
4.4.2 P-MP FS 系统	15
4.5 第 4 项模拟研究	17
4.6 共用研究结果的总结	20
4.6.1 FS 和 EESS（无源）之间的共用	20
4.6.2 MS 和 EESS（无源）之间的共用	22
5 抑制技术	22
5.1 EESS（无源）	22
5.2 FS	24
5.3 MS	26
6 总结和结论	26
7 支持文件	27

1 引言

本报告的目的是总结固定和移动业务与地球探测卫星业务（EESS）（无源）共用 36-37 GHz 频带的研究结果。

2 EESS（无源）

2.1 应用

36-37 GHz 频带是对测量降雨、降雪、海冰和水汽感兴趣的主要频带。这个频带也被称为窗口。这个频带对于准确了解水圈或者全球水循环至关重要。

对于地表参数的测量，必须选择一些辐射窗口信道来确定海洋和陆地表面对应的期望参数。

对于海洋表面，在海洋表面测量的主要参数是：盐度，风速，液态云，水汽和海洋表面温度。液态云通过在 36 GHz 测量取得。（6、10、18、24 以及 36 GHz）5 个频率对确定上面主要参数是必需的。

由于地表特征中的温度和空间（从冰雪覆盖地区到荒漠和热带雨林）的高度可变性，陆地表面的问题更为复杂。在这样的地表，反演的参数为：植被生物量，液态云水分，结合的水汽，土壤水分和地表粗糙度。用 36 GHz 可以反演云和雪覆盖地区液态水汽含量。研究表明这个频带对雪检测是最合适的频带，最近二十年一直在雪、海冰、土壤水分、微波植被指数以及陆地表面温度等气候学研究中使用。在 36 GHz 的测量已经表现出提取雪水当量的能力。航天遥感技术的使用提供了一种途径，是对传统的雪地基的测量补充并拓展到区域和全球范围。对于气候学和水文应用，一直需要确定雪水当量及其在广阔面积上的可变性。除了雪水当量，还可以基于微波辐射的物理性质从航天微波遥感测量获取雪深。

36-37 GHz 频带测量还为其他遥感仪器提供辅助参数。航天雷达高度计当前在全球海洋和陆地表面上运行，对海洋地理学和气候学应用非常重要。为了消除大气折射的影响，采用高精度的高度数据需要辅助有一套在 18.7、23.8 以及 36.5 GHz 附近的无源测量作为补充。那样的情况下，为了提高从高度计获取的数据精度，36 GHz 频带测量的目标是计算对流层延时。

需要指出的是上面的用途都是完全可以运行的。

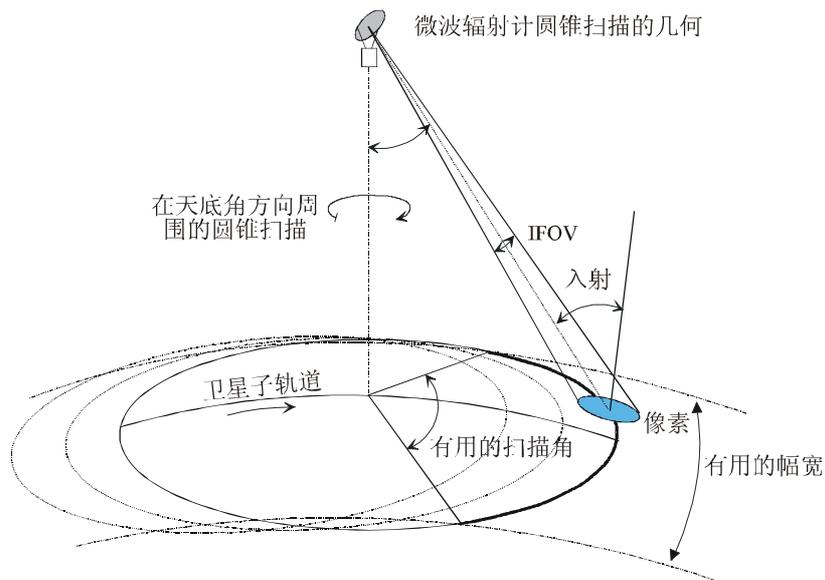
2.2 无源传感器参数

表 1 总结了图 1 中显示的正在或将在 36-37 GHz 频带内运行的无源传感器圆锥扫描的参数。

表 1
无源传感器参数

传感器类型	MADRAS	AMSR-E	CMIS
信道带宽 (GHz)	1	1	1
横向轨道像素大小 (像素直径) (km)	38	7.8	12
在脚印中心的倾角 i (度)	52.3	55	55.7°
到天底点漂移角或者半圆锥角 α (度)	44.5	47.5	47
极化方式	H	H, V	H, V
卫星的高度 (km)	817	705	833
最大天线增益 (dBi)	45	53	55
反射机直径 (m)	0.65	1.6	2.2
半功率天线波束宽 θ_{3dB} (度)	1.8	0.4	0.52
有效幅宽 (km)	1 607	1 450	1 782
天线模式	图 2	图 3	N/A

图 1
无源微波辐射计圆锥扫描的几何

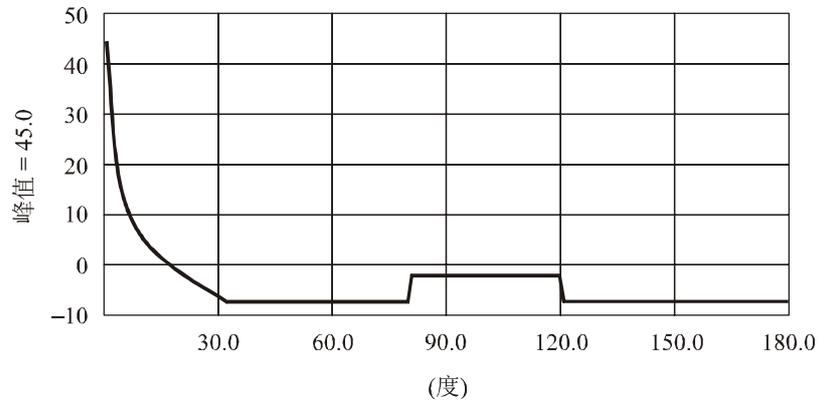


Rap 2095-01

根据下图模拟了无源传感器的天线。

图 2

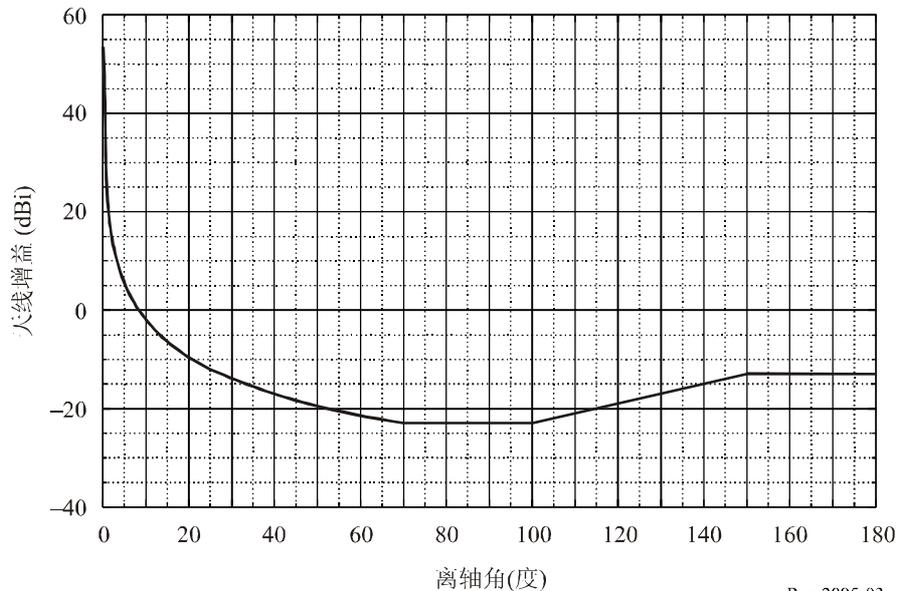
MADRAS 天线在 36 GHz 的增益模式



Rap 2095-02

图 3

AMSR-E 天线在 36 GHz 的增益模式



Rap 2095-03

2.3 干扰标准

ITU-R RS.1029 建议书 — 关于卫星无源遥感的干扰标准推荐了所有用于干扰评估或共用研究的容许干扰电平以及参考带宽。当前的无源传感器在 36-37 GHz 频带，容许干扰电平是 -156 dBW/100 MHz，未来的无源传感器是 -166 dBW/100 MHz，比当前运行的无源传感器更敏感。第一个数字给出的大约是 2003 年的共用情况，而第二个数字是在未来 5-10 年内对传感器技术上可实现的科学要求。ITU-R RS.1029 建议书还规定不应在 0.1% 的传感器观察区超出这些干扰电平，除非有其他说明，传感器观察区是指地球上 $10\,000\,000$ km² 的正方形测量面积。

3 固定和移动业务参数

3.1 固定业务 (FS)

在这个频带内的 FS 系统一般可以描述为点对点 (P-P) 或者点对多点 (P-MP) 的系统。

表 2 总结了这些研究中考虑到的能够在 36-37 GHz 内运行的 P-P 系统的参数。

表 2
P-P FS 电台参数

参 数	FS-1	FS-2
调制类型		O – QPSK
电台之间的距离 (一个跳进长度) (km)	大约 2	从 0.5 到 20 点对点
信道能力 (Mbit/s)		2.048; 8.448; 34.368
接收机敏感度 (BER 最大 10^{-6}) (dBW)		最大-117
发射机功率 (dBW)	-18.24 dBW/30 MHz (= 15 mW/30 MHz)	-13 到-7
天线增益 (dBi)	37	39-42
天线直径 (m)		0.4-0.5
天线类型		抛物线
天线模式		ITU-R F.1245 建议书
最大馈电损耗 (dB)		0.5
频率网格		ITU-R F.749 建议书

表 3 总结了在 36-37 GHz 内运行的一个地面 P-MP 电台可能类型的参数。

表 3
P-MP FS 电台参数

参 数	中央 (中枢) 站	客户终端站
调制类型	QPSK	
获取方法	时分复用 (TDM)	
带宽/载体 (MHz)	28	28
天线类型	扇区天线	面状
天线增益 (dBi)	17	39
天线波束宽 (度)	45	1.4
有源载体/扇区的数量	4	4
扇区的数量	8	-

表 3 (续)

参 数	中央 (中枢) 站	客户终端站
路径长度 (km)	0.1 – 6	
最大发射功率/载体 (dBW)	-5	-10
接收系统线损耗 (dB)	0	0

3.2 移动业务 (MS)

MS 在 36-37 GHz 频带运行的系统技术特征见表 4。对天线模式, 模拟中用到了 ITU-R F.1245 建议书 — 用于特定进程协调研究的点对点视距无线电延时系统天线平均辐射模式的数理模型并评估从 1 到大约 70 GHz 频率范围的干扰。

MS-1 和 MS-2 系统主要用于移动应用中的视频发射。它们对应的活动因子是 3%。

在欧洲国家, 36-37 GHz 频带被划分给 MS 和 FS 供政府应用。由于具体运行可以移动使用, 政府用的 MS-3 系统点对点链接可以视为 MS 系统。需要指出的是这种 MS 电台的特征与在动态模拟中假设的 FS 电台非常相似, 因此 FS 研究的结论一般假设可以用于 MS。

表 4
移动业务电台参数

参 数	MS-1	MS-2	MS-3
天线输入功率	-7 dBW/17 MHz (= 0.2W/17 MHz)	-3 dBW/17 MHz (= 0.5W/17 MHz)	-10 dBW (最大) -15 dBW (典型)
天线增益 (dBi)	37	37	44 (典型)
天线直径 (m)	0.3	0.3	0.3
天线类型	抛物线/卡塞格林	抛物线	抛物线
馈电损耗 (dB)	0	0	0
极化方式	H/V	H	H/V
3 dB 波束宽 (度)	2	2	1

注 1 — 由于移动使用没有特定仰角。这意味着发射天线有可能指向任何高度和方位角。然而天线在运行中是保持不变的。

注 2 — MS-1: 超过 30 个发射电台在运行, 而且可以预见在一些主管部门, 电台的数量不会迅速增加。MS-2: 不止一个发射电台在运行, 而且可以预见在一些主管部门, 电台的数量不会迅速增加。

4 模拟研究

4.1 常规模拟方法

这些共用研究使用动态模型模拟得到 ITU-R RS.1029 建议书要求的结果，关注在 1 000 万 km² 测量面积上超出容许干扰功率电平的百分比。这些动态模型模拟推出了基于这样的测量面积上接收到的干扰电平累积分布函数 (CDF)，因此这样的干扰统计能够直接与规定的干扰标准做比较。

4.2 第 1 项模拟研究

这项模拟假设在纬度 40° N 到经度 0° 和纬度 60° N 到经度 20° E 的范围内均匀配置 200 P-P FS 电台。发射机功率为 -10 dBW，天线增益为 41 dBi，对应一个 31 dBW 的 e.i.r.p.。传播模型中包含了大气的衰减，模拟的时间增量为 2 s。图 4 和表 5 给出的是 MADRAS 无源传感器模拟结果，图 5 和表 6 给出的是 AMSR-E 的模拟结果，图 6 和表 7 给出的是 CMIS 的模拟结果。

图 4

MADRAS 无源传感器的动态模拟

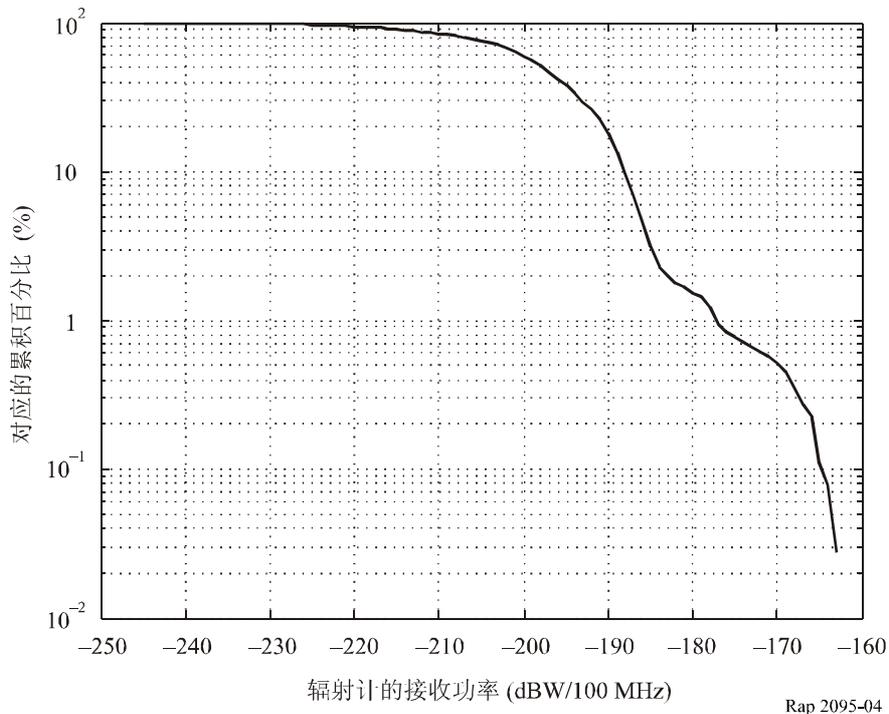


表 5

对应图 4 的动态模拟结果

累积百分比 (%)	1	0.2	0.1	0.02
在辐射计输入端 100 MHz 带宽 MADRAS 对应的接收功率 (dBW)	-177	-167	-166	-163

图 5

AMSR-E 无源传感器的动态模拟

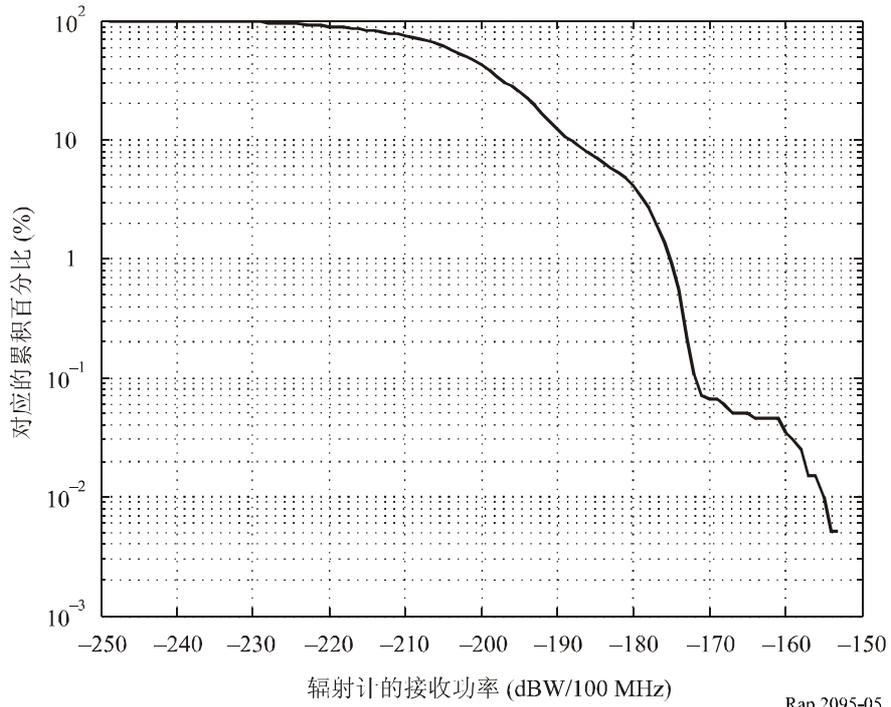


表 6

对应图 5 的动态模拟结果

累积百分比 (%)	10	1	0.1	0.05
在辐射计输入端 AMSR-E 对应的接收功率 (dBW)	-188	-175	-172	-156

图 6

CMIS 无源传感器的动态模拟：
200 个 P-P 电台在运行

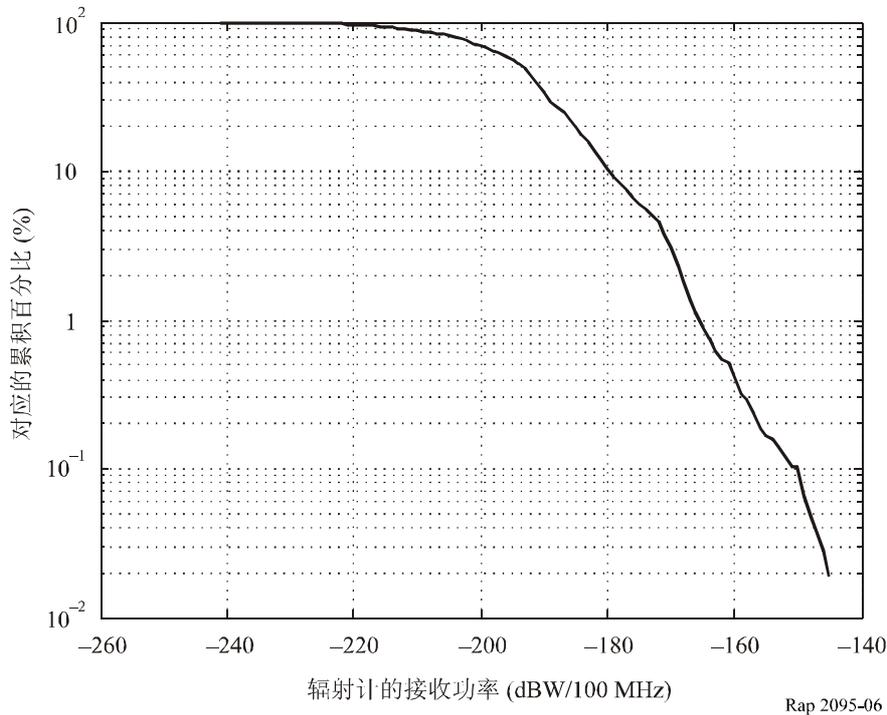


表 7

对应图 6 的动态模拟结果

累积百分比 (%)	10	2	1	0.1	0.02
在辐射计输入端 CMIS 对应的接收功率 (dBW)	-180	-166	-165	-152	-145

4.3 第 2 项模拟研究

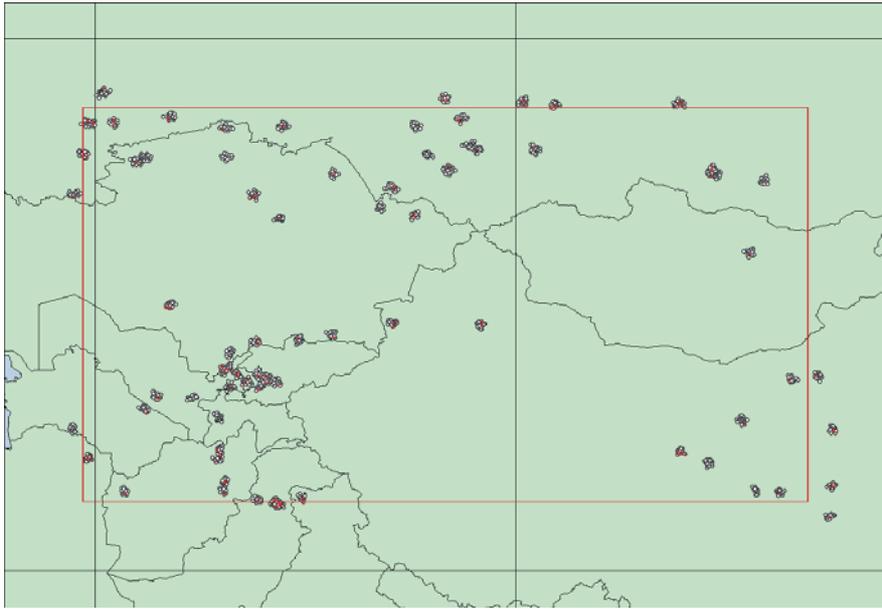
这项模拟设计用来得到 FS 电台配置密度与 EESS (无源) 干扰电平之间的关系。用 AMSR-E 无源传感器模拟推导, 每个 FS 电台假设有一个 -11 dBW 发射机功率, 使用 40.5 dBi 的天线, 其旁瓣与 ITU-R F.1245 建议书给出的 1.5° 波束宽 3 dB 的参考天线模式一致。

在这个模拟模型中, 假设 1 到 20 个两用 FS 链路随机分布在图 10 中亚洲中部模拟地区的 74 座城市周围以及图 7 中所示 10^7 km^2 的无源传感器测量面积, 以取得一个大范围的 FS 电台配置密度。图 10 中模拟的中亚 74 座城市中, 66 座城市本身位于 10^7 km^2 无源传感器测量面积内。在这个地区的 FS 电台密度 N_{FS} 通过下式计算:

$$N_{FS} = 2 (\text{电台/链路}) \times FS (\text{链路/城市}) \times 66 (\text{城市})$$

其中 FS 是假设特定干扰 CDF 下 FS 链路/城市的数量。

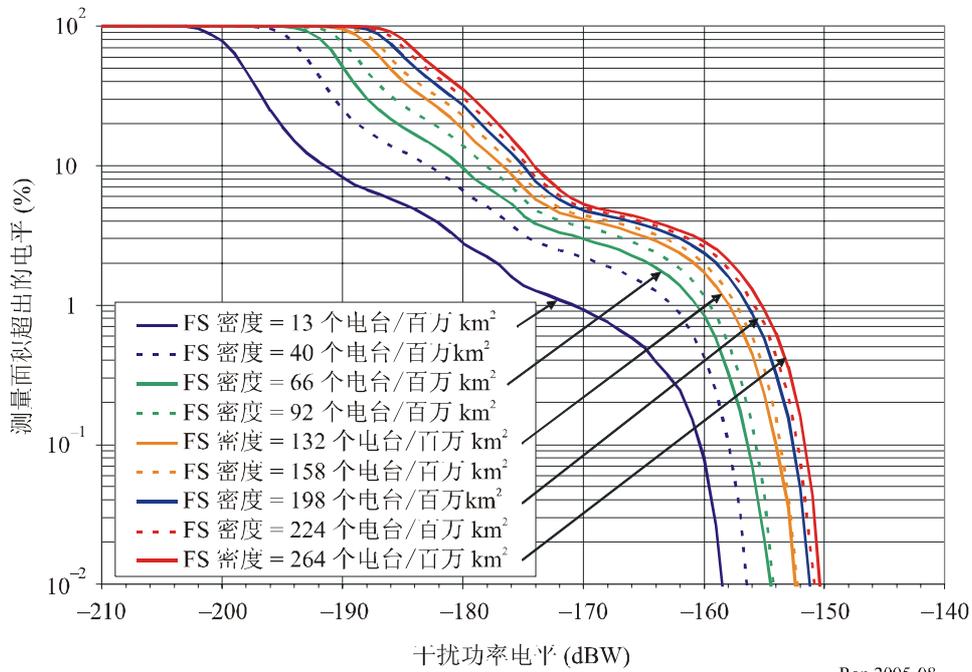
图 7
中亚测量面积



Rap 2095-07

该模拟产生的干扰 CDF 包括地表无源传感器波束在测量面积内与地球表面相交时间步长的计算，如图 8 所示。

图 8
动态模拟的干扰 CDF



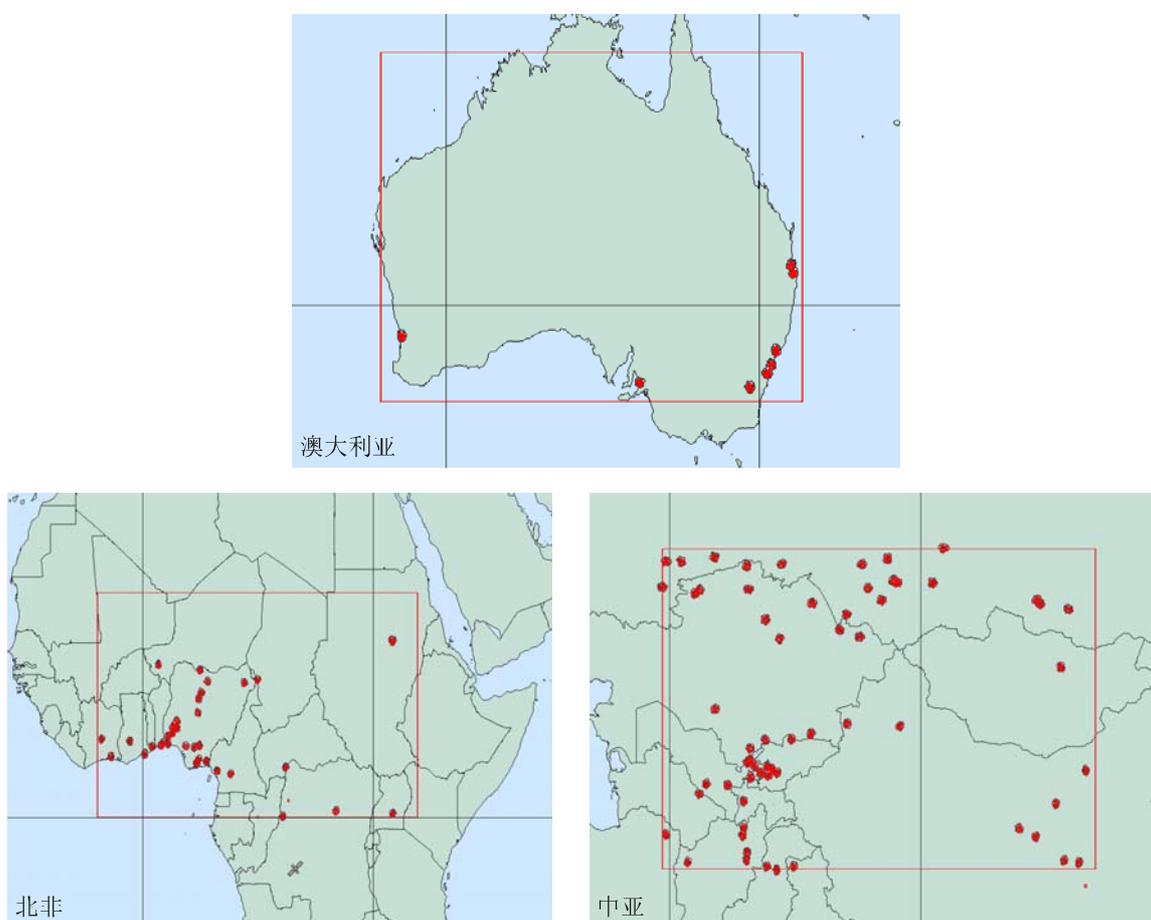
Rap 2095-08

4.4 第 3 项模拟研究

这项研究包括了 P-P 与 P-MP FS 系统。这项研究中包括通过三个不同的无源传感器在 10 000 000 km² 测量面积上的模拟用来发展干扰 CDF，如图 9 所示，为了与 ITU-R RS.1029 建议书比较，每一个都有不同的 FS 配置密度，建议书规定了在这个频带内的无源传感器容许干扰标准，即在 1 000 万 km² 测量面积上可以超出干扰电平的大概百分比。这些地区的 FS 电台密度是基于使用 ITU-R F.749 建议书附件 2 — 每个城市内在 38 GHz 频带内无线电中继系统的射频信道安排中所述的信道计划的假设。在自由空间传播条件下评估对无源电台的干扰，加上 ITU-R P.676 建议书中大气（气体）吸收的另外 0.32 dB 损耗 — 在地球到空间路径上大气气体造成的衰减。

图 9

FS 配置地区 — 城市模型



Rap 2095-09

4.4.1 P-PFS 系统

这些模拟研究中用到两类 FS 配置模型。通常假设 FS 系统主要配置在城市和郊区，极少数系统配置在农村。第一个场景是“城市模型”，在一个给定的模拟区内将 FS 电台分布在城市。然而一些主管部门提出在 36-37 GHz，FS 应用包括中间运行将分布到更广阔的范围，包括农村。由于这个原因，第二个场景可以视为“随机模型”，关注在特定的测量面积和均匀分布概率下，FS 系统随机分布在陆地范围。

表 8 给出在这些模拟假设的情况下，基于信道带宽的 P-P FS 配置密度。

表 8
P-P FS 配置密度

信道带宽 (MHz)	112	56	28	14	7
FS 电台/城市	4	8	15	29	57
FS 电台/澳大利亚	32	64	120	232	456
FS 电台/北非	148	296	555	1 073	2 109
FS 电台/中亚	248	496	930	1 798	3 534

这些模拟中的 P-P FS 电台假设与 FS-2 系统的参数一致，发射机功率-10 dBW，天线增益 41 dBi。每个配置场景模拟运行 16 天产生 CDF，无源传感器能够在测量区内采点的步长大小为 200 m/s。图 10-图 13 给出了 FS 系统对 AMSR-E 无源传感器干扰的 CDF。

图 10

对 AMSR-E 的 P-P FS 干扰
城市 and 随机模型 — 每个城市 4 个电台

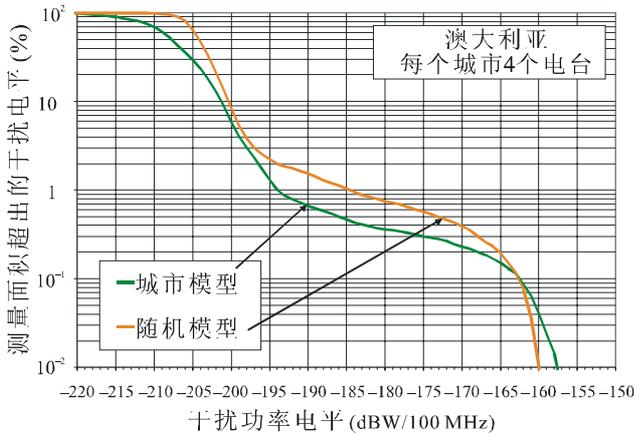


图 11

对 AMSR-E 的 P-P FS 干扰
城市 and 随机模型 — 每个城市 29 个电台

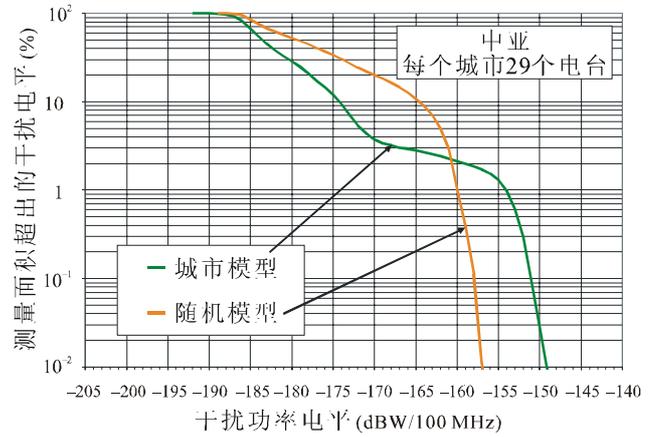
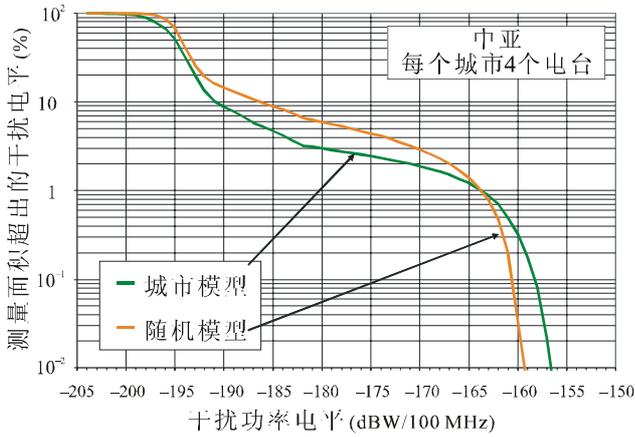
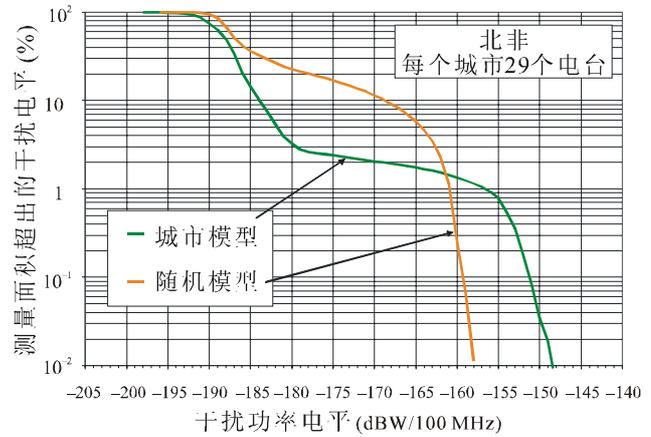
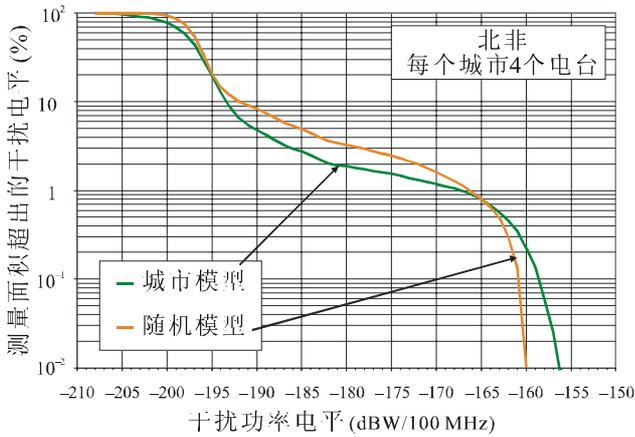
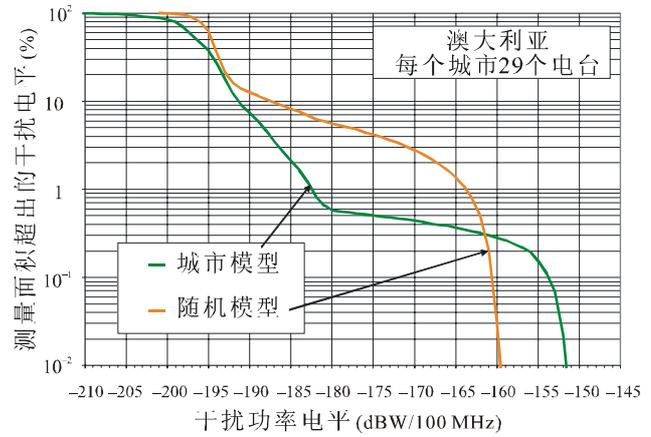


图 12

对 AMSR-E 的 P-P FS 干扰

城市模型 — 每个城市 4、8、15、29 和 57 个电台

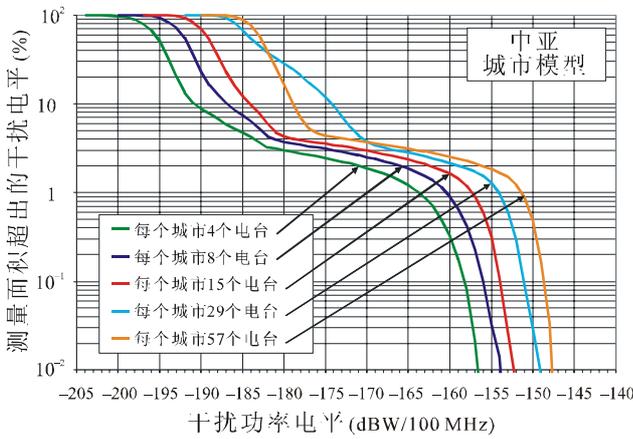
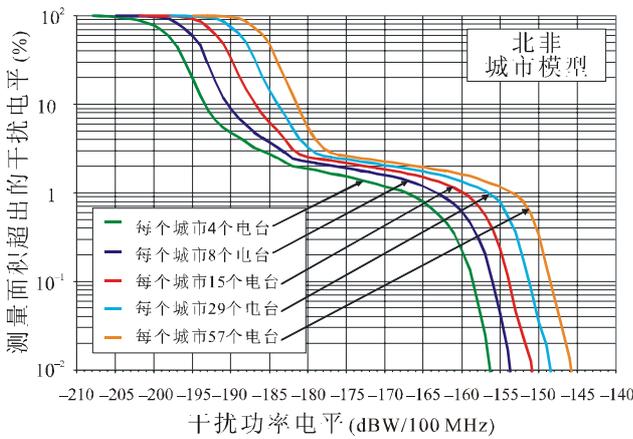
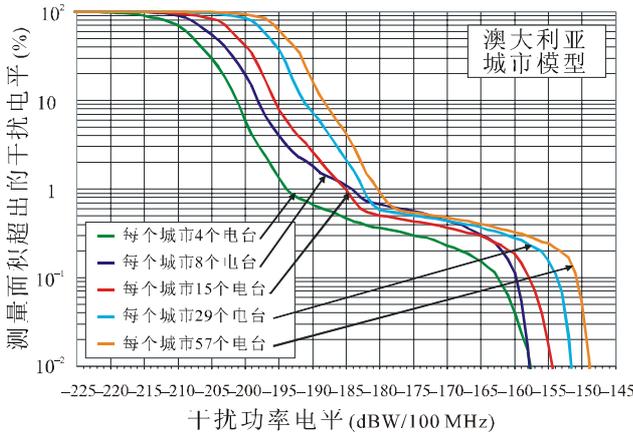
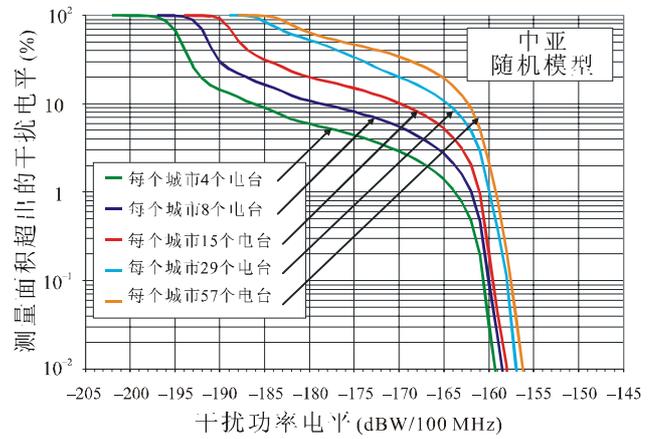
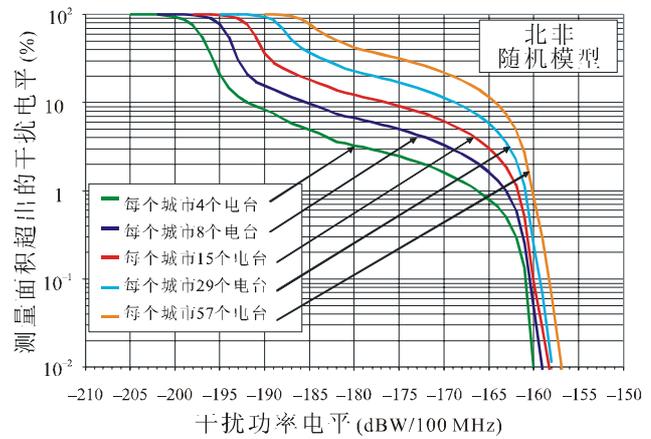
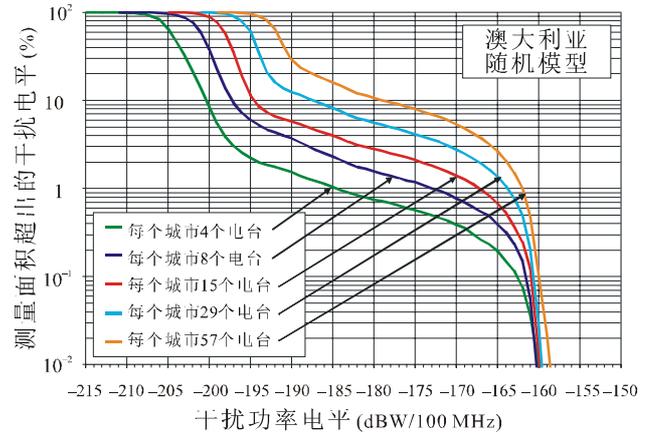


图 13

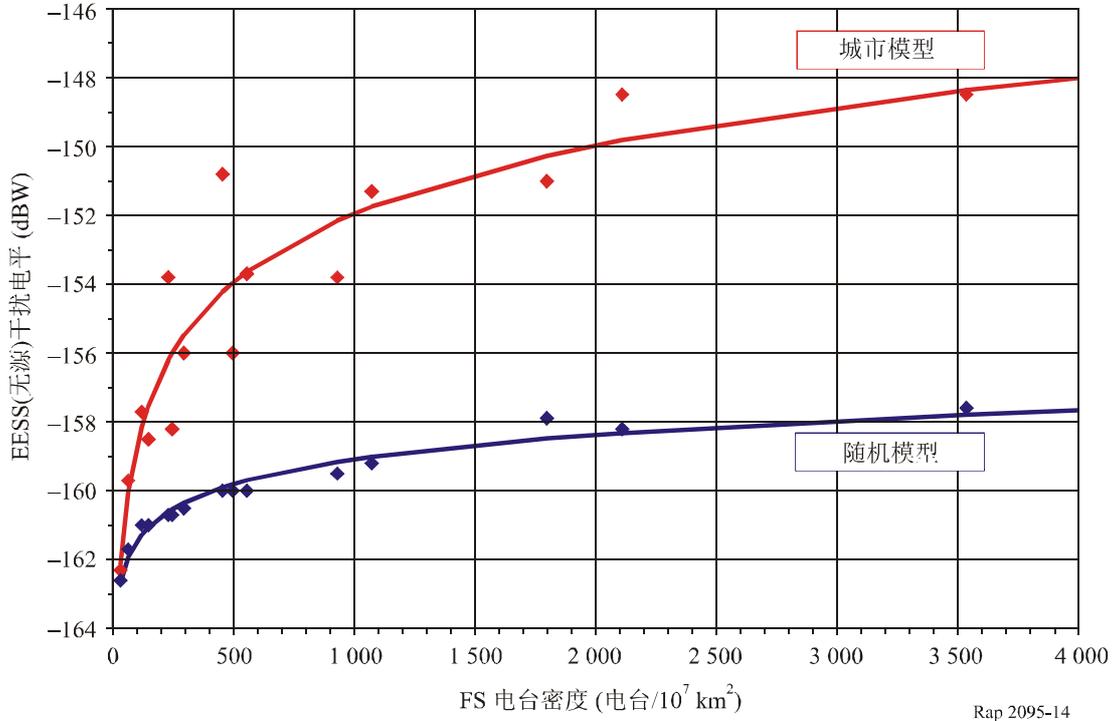
对 AMSR-E 的 P-P FS 干扰

随机模型 — 每个城市 4、8、15、29 和 57 个电台



对图 12 和图 13 的每个 CDF，探测了几乎 0.1% 的 $10^7/\text{km}^2$ 测量面积上的超过的无源传感器干扰功率，这些值在图 13 中用单独的点来表示，图 13 包括图 14 中是在测量面积内 FS 电台的无源传感器干扰功率密度。另外计算了平滑（是适合的）城市模型和随机分布 FS 配置模型的功率函数 ($y = a \cdot x^b$)。

图 14
与 FS 电台密度有关的无源传感器干扰电平



4.4.2 P-MP FS 系统

进行了附加研究以分析了有如图 9 所示的两个配置区的表 3 中描述的 P-MP FS 发射链路。这其中每个区的 FS 配置密度是基于使用 ITU-R F.749 建议书附件 4 中所述每个城市内频率信道计划的假设。表 9 给出了在这些假设情况下模拟产生的 FS 配置密度。

表 9
P-MP 模拟的 FS 配置密度

	澳大利亚	中亚
信道带宽 (MHz)	28	28
FS 电台/城市	8	62
中基站/城市	32	248
用户电台/城市	256	1 984

假设这些模拟中的 FS 电台与表 3 P-MP 系统的参数一致。

每个配置场景模拟运行 16 天产生 CDF，无源传感器能够在测量面积采点的步长大小为 200 m/s。图 15、图 16 和表 10 给出了 P-MP FS 系统对 AMSR-E 无源传感器干扰的 CDF。

图 15
在澳大利亚 P-MP FS 对 AMSR-E 干扰

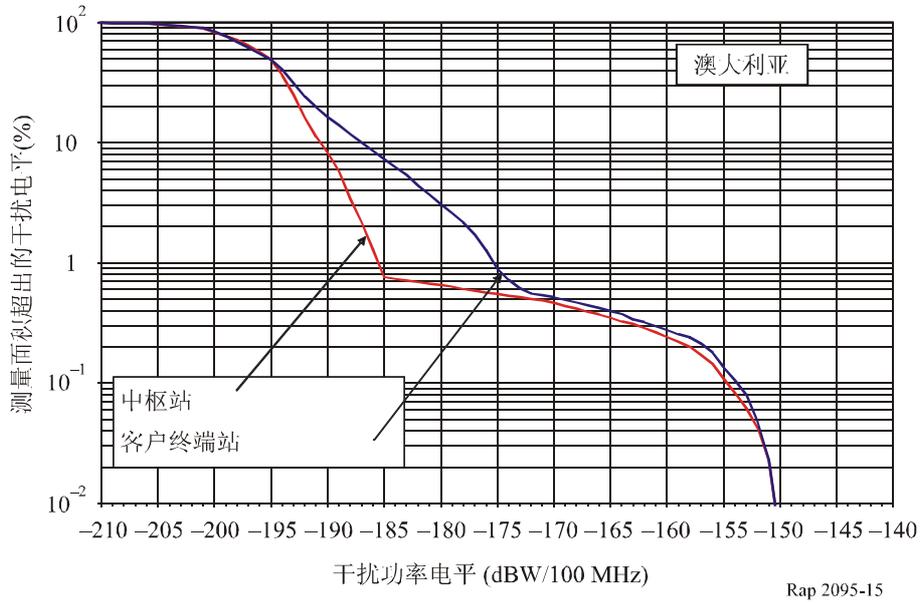


图 16
在中亚 P-MP FS 对 AMSR-E 干扰

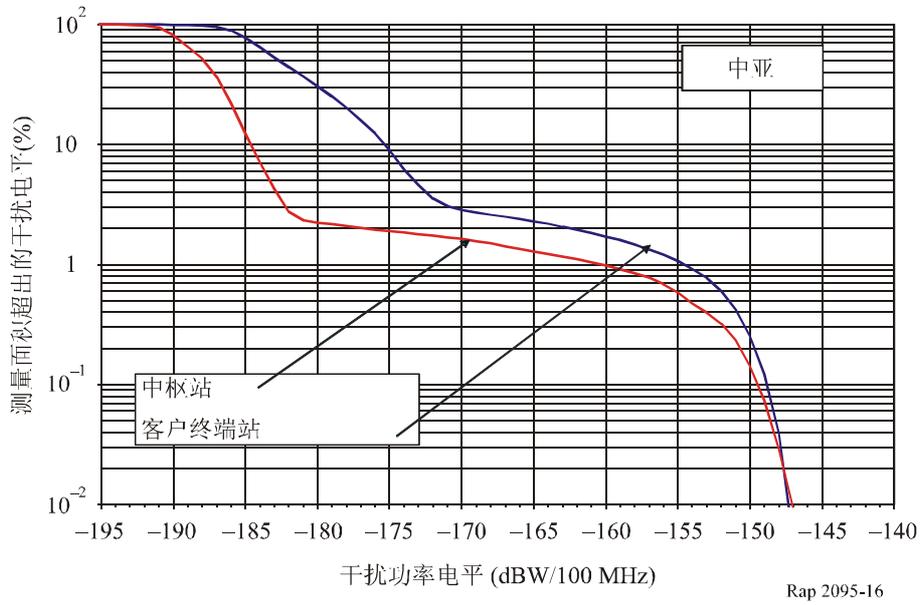


表 10

图 15 和图 16 中动态分析的结果

	澳大利亚		中亚	
	仅中枢	仅客户	仅中枢	仅客户
0.1%面积超出的干扰电平 (dBW/100 MHz)	-154.7	-153.8	-149.4	-148.7
极化方式不匹配 ⁽¹⁾	-2		-2	
容许干扰电平 (dBW/100 MHz)	-156		-156	
容许电平超出量 (dBW/100 MHz)	-0.7	0.2	4.6	5.3

⁽¹⁾ 无源传感器主波束极化存在高度交叉极化拒绝,但是 FS 天线旁瓣没有很好地定义极化方式,极化方式不匹配因子考虑了接收中损耗的这部分的干扰能量。

4.5 第 4 项模拟研究

这项研究分析了移动系统和 EESS (无源) 辐射计之间在这个频带的情形。

表 1 和表 4 假设共用研究。对 EESS (无源) 参数,使用 AMSR-E 参数。表 4 中的 MS-2 参数是当前报告的世界范围内使用的最高功率应用,被用于移动系统。模拟运行了一个月,时间增量为 0.5 s。表 11 列出了模拟中用到的其他参数。这里,在自由空间传播条件下评估了对无源电台的干扰,不包括大气(气体)吸收。

表 11

模拟的移动业务电台参数

参 数	值
仰角 (度)	-90~90
方位角 (度)	0~360 (注 1)
电台的数量	49 (注 2)
分布	均匀
活动因子	见表 12

注 1 — 每个电台方位角在 360° 内随机赋值。

注 2 — 假设测量面积内每个地区电台数量与人口成正比,使用国家的电台数量(见图 17)。

注 3 — 这是从日本的移动业务电台统计中获取的。它是电台在 36-37 GHz 频带内运行小时数与当年总小时数之比。

表 12
不同活动因子对应的移动业务电台的数量

活动因子 (%)	移动业务电台的总数
2	1
2.97	2
10	5
20	10
50	25
100	49

图 17
移动电台配置
(活动因子 100%，49 个电台)

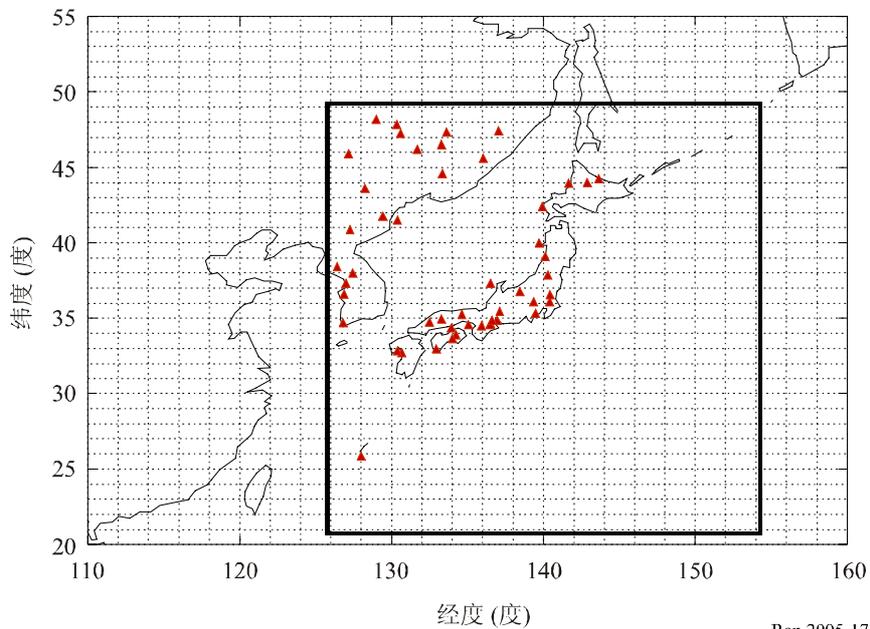


图 18 给出了模拟研究的结果。这张图显示了 EESS（无源）传感器干扰时间比率，表 12 列出了活动因子干扰电平 CDF。

从图 18 得到的图 19 表明，CDF 干扰电平是干扰电平活动因子的函数。模拟结果不是严格的直线，因为移动业务电台的分布是根据活动因子随机赋值的，移动业务电台天线的方向也是随机赋值的。图 19 中近似直线表明 60% 的活动因子满足 -156 dBW/100 MHz 的容许干扰电平，20% 的活动因子满足 -166 dBW/100 MHz 的容许干扰电平。

图 18
不同活动因子的干扰 CDF 曲线

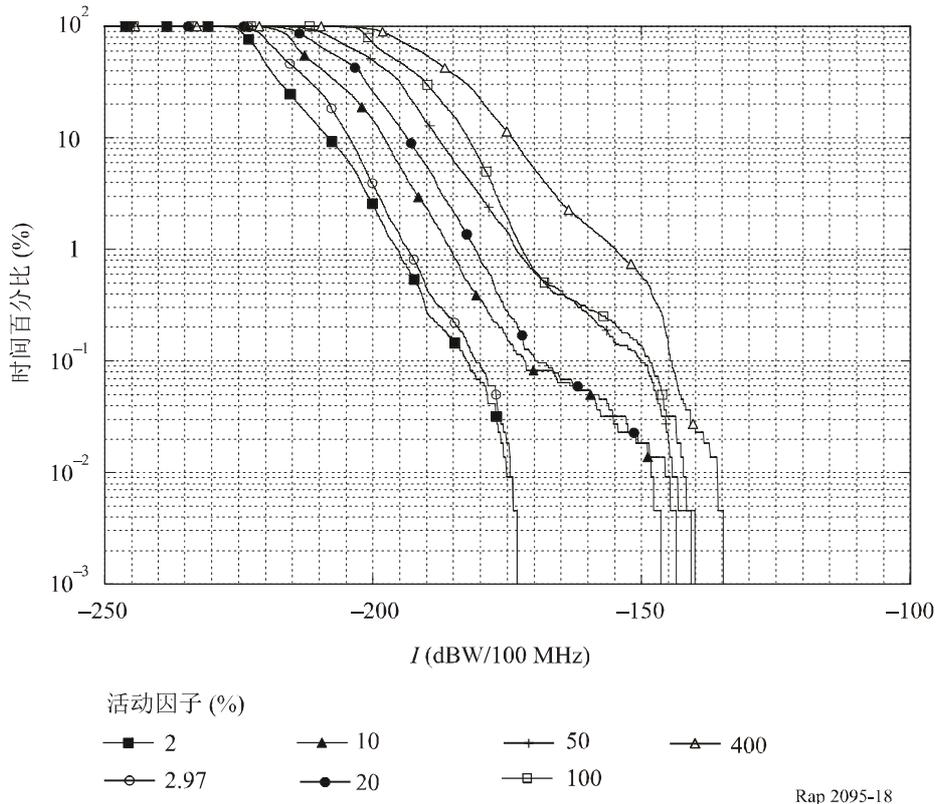
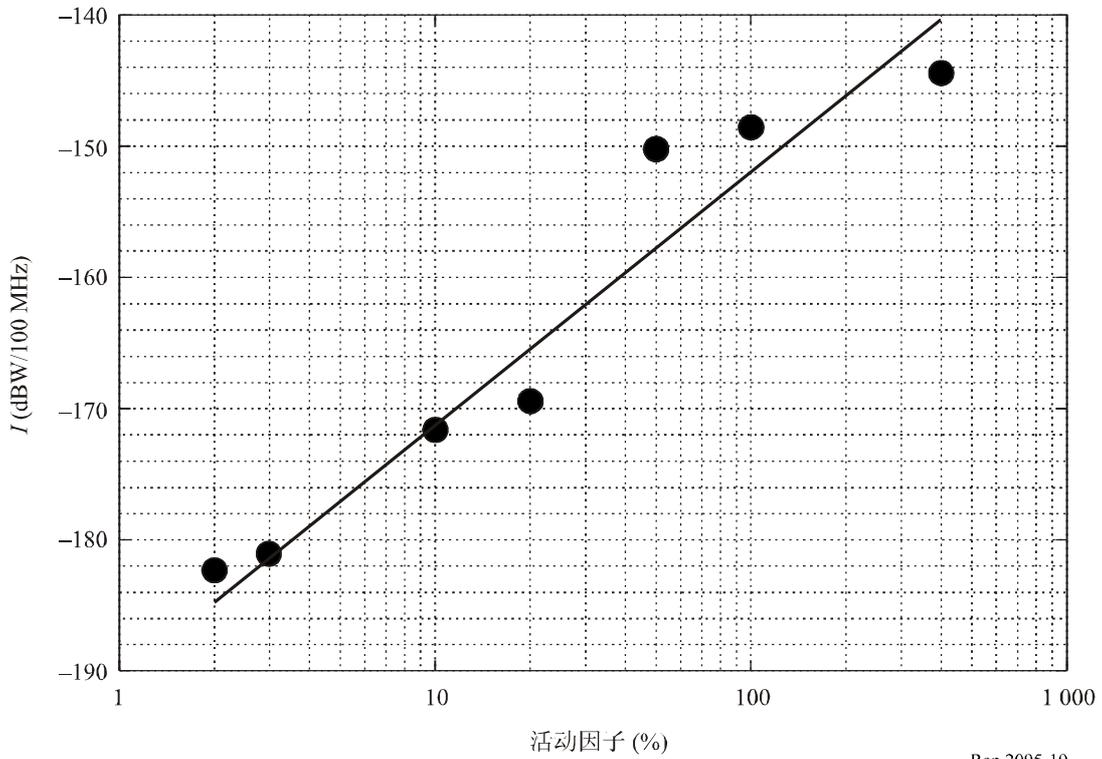


图 19
0.1% 干扰时间百分比的活动因子与干扰电平



4.6 共用研究结果的总结

4.6.1 FS 和 EESS（无源）之间的共用

前面每项研究都比较了 EESS（无源）接收机接收的干扰电平与 ITU-R RS.1029 建议书规定的容许干扰电平。然而，要评估这些研究的结果，必须考虑几个额外的因素。

首先所有模拟都计算了无源传感器接收到的干扰，即辐射计整合的平均功率。因此在动态模拟中假设的 FS 发射机功率值应该被视为平均功率电平。然而，典型的调节限制规定用峰值功率电平，比数字传输的平均电平高出 2 到 4 dB。其次，无源传感器天线波束在高极化纯度下进行线性极化，而典型的 FS 干扰来自电台的旁瓣或者后瓣，如果定义了极化，会很小。这一因素使得计算出来的干扰电平减少 2 到 3 dB，一般不包括在干扰计算内。

最后，36-37 GHz 频带基于 FS 电台的两类模拟中，用实际功率电平计算的无源传感器干扰电平比假设每个电台在最大功率电平发射计算的 0.1% CDF 电平低了 3.8-6.4 dB。

模拟研究的总结用动态模拟产生的无源传感器干扰 CDF 来确定当所有 FS 电台在相同功率电平下运行，刚好满足 ITU-R RS.1029 建议书中容许干扰标准的最大 FS 功率。考虑上述三个因素，用于设置推荐的具体峰值发射功率限制作为调节措施相当于用低于比调整动态模拟获得的干扰 CDF 确定的这些容许发射功率电平低 7.8 到 13.4 dB 的平均功率。

表 13 总结了上述的共用研究。每项模拟研究开始的两列给出在模拟考虑的 FS 电台类型以及每个电台在 FS 配置模型中假设的 FS 发射机功率。这些研究中，基于不同假设测量面积内主要城市数量以及 ITU-R 信道计划每个城市内可用的无线电信道数量，在一系列不同 FS 配置密度下实施动态模拟。表 13 给出了每项研究的模拟中用到的最低和最高 FS 电台密度。每个动态模拟产生一个无源传感器接收的干扰 CDF, I_{EESS} 。表 13 给出了 0.1% 无源传感器测量面积上超出的 I_{EESS} 电平，或者，在一系列 FS 电台配置密度实施模拟的情况下， I_{EESS} 在 0.1% 的最低和最高值。表 13 还给出了基于模拟 CDF 无源传感器干扰电平计算的 FS 发射机功率最低和最高值，可以满足 ITU-R RS.1029 建议书对当前运行的无源传感器-166 dBW 的容许干扰标准。下面讨论两种校正因素，一个是极化方式不匹配 (2-3 dB)，另一个是功率电平分布 (3.8-6.4 dB)。这些适合通过这些动态模拟得到的干扰 CDF 发展可能的共用标准。表 13 最右边一列表明了了在每种模拟情况下计算的容许 FS 功率电平范围，最低值对应 FS 发射最低调整电平与最小组合校正因子 5.8 dB，最高值对应 FS 发射最高调整电平与最大组合校正因子 9.4 dB。应该注意表 13 中所有功率电平是每次测量无源传感器辐射计整合的平均功率电平，第 4 节中讨论了如果要用峰值功率电平得到共用标准，需要进一步考虑的校正因子。

应该注意来自两个国家的授权数据表明在 10.6-10.68 GHz 附近 80 MHz 的光谱范围，每 10^7 km^2 当前的 FS 配置密度大约在 1 000 和 2 500 之间。在 36-37 GHz 频带 1 000 MHz 的光谱范围，表 13 总结了模拟中假设与高出 FS 电台大约 10 倍的配置电平。

表 13

36 GHz 模拟研究结果的总结

36-37 GHz 模拟研究	电台 类型	发射机功 率 (dBW)	电台密度 (电台 /10 ⁷ km ²)	在 0.1%处的 <i>I</i> _{EESS} (dBW)	满足 ITU-R RS.1029 建议书的最大 pt (dBW)	第 4.6 节中最 大校正因子 (dBW)
1 – MADRAS	P-P	-10	200	-166	-10	-4.2 到 -0.6
1 – AMSR-E	P-P	-10	200	-172	-4	1.8 到 5.4
1 – CMIS	P-P	-10	200	-152	-24	-18.2 到 -14.6
2	FS-2	-11	130 到 2 640	-160 到 -152 (2)	-17 到 -25	-19.2 到 -7.6
3 – P-P 城市	FS-2	-10	32 到 3 534	-162.3 到 -148.5 (2)	-13.7 到 -27.5	-21.7 到 -4.3
3 – P-P 随机	FS-2	-10	32 到 3 534	-162.6 到 -157.6 (2)	-13.4 到 -18.4	-12.6 到 -4
3 – P-MP 城市	中枢	-5	32 或 248	-154.7 或 -149.4 (2)	-16.3 到 -21.6	-15.8 到 -6.9
3 – P-MP 城市	客户	-10	256 或 1 984	-149.4 或 -148.7 (2)	-26.6 到 -27.3	-21.5 到 -17.2
4 – AMSR-E	移动	-3	2 (活动因子 2.97%)	-180.9	11.9	17.7 到 21.3
4 – AMSR-E	移动	-3	10 (活动因子 20%)	-169.5	0.5	6.3 到 9.9
4 – AMSR-E	移动	-3	49 (活动因子 100%)	-149.5	-19.5	-13.7 到 -10.1

注：ITU-R RS.1029 建议书的准则 = -166 dBW/100 MHz

- (1) 平均 10^7 km^2 测量面积下每个城市 FS 电台的数量范围
- (2) 不同测量面积每个城市 FS 电台的数量范围
- (3) FS 所有发射机功率是平均值，MS 是峰值

在几种情况下，容许功率电平在最右边列给出了超出模拟研究假定的 FS 功率电平，可以认为 FS 与 EESS（无源）之间的兼容性已经可以由这些情况说明。假设在容许功率电平以下的那些情况，以测量面积百分比的形式检验了模拟产生的干扰 CDF 来确定对 EESS（无源）的影响，如果 FS 发射机功率受模拟假设值限制，将超出 -166 dBW 的容许干扰功率电平。这些结果见表 14。

表 14

超出容许干扰功率电平的测量面积百分比

36-37 GHz 模拟研究	电台类型	发射机功率 (dBW)	电台密度 (电台/10 ⁷ km ²)		超出 -166 dBW ⁽¹⁾ (%)的测量面积	
1 – MADRAS	P-P	-10	200	---	< 0.1	---
1 – AMSR-E	P-P	-10	200	---	< 0.1	---
1 – CMIS	P-P	-10	200	---	0.3	---
2	FS-2	-11	130	2 640	< 0.1	3
3 – P-P 城市	FS-2	-10	32	3 534	< 0.1	2.5
3 – P-P 随机	FS-2	-10	32	3 534	< 0.1	2
3 – P-MP 城市	中枢	-5	32	248	0.23	1
3 – P-MP 城市	客户	-10	256	1 984	0.28	1.5
4 – AMSR-E	移动	-3	2 (活动因子 2.97%)	---	< 0.1	---
4 – AMSR-E	移动	-3	10 (活动因子 20%)	---	< 0.1	---
4 – AMSR-E	移动	-3	49 (活动因子 100%)	---	< 0.4	---

⁽¹⁾ 包括 5.8 dB 的极化方式不匹配以及功率分布校正。

4.6.2 MS 和 EESS (无源) 之间的共用

在共用研究中, 考虑了两类 MS 系统: 一种是 MS-2 系统, 主要用于视频发射在移动的应用, 它的活动因子相对较低; 另一种是 MS-3 系统, 与固定电台相似, 用于政府应用。模拟结果包含在第 4.6.1 节的表 13 中。

在后一种情况下, 结果与第 4.6.1 节的 FS 一致。

前一种情况在第 4.5 节第 4 项模拟研究处理过, 由于活动因子低, 可以在比固定业务更高的功率电平共用。

模拟结果表明可以在现存系统最高功率电平 -3 dBW 与 20% 活动因子共用。

然而, 对移动的情况, 如果抑制因素不包括在第 4 项模拟研究的考虑范围, 与之前部分的 FS 是相似的。

- EESS (无源) 与移动电台 (2-3 dB) 之间极化方式的差异。
- EESS (无源) (2-4 dB) 峰值功率与平均接收功率之间的差异。

按照图 19, 活动因子最大 40%, 满足 -166 dBW/100 MHz 的容许干扰电平。

5 抑制技术

5.1 EESS (无源)

当前和未来卫星无源传感器整合了信号接收, 而且不可能区分自然和人为发射。如果干扰超出容许电平, 几个地区面临测量崩溃的风险, 可能影响到天气的可靠预测或者其他使用传感器数据产品的科学应用。没有现成的技术来确认干扰造成无源传感器测量的崩溃, 以及抑制天气预测或者使用这一数据的其他科学研究中这种测量崩溃的影响。

因此适用于 EESS（无源）的抑制技术主要针对能够减少在卫星上接收干扰电平的方法。

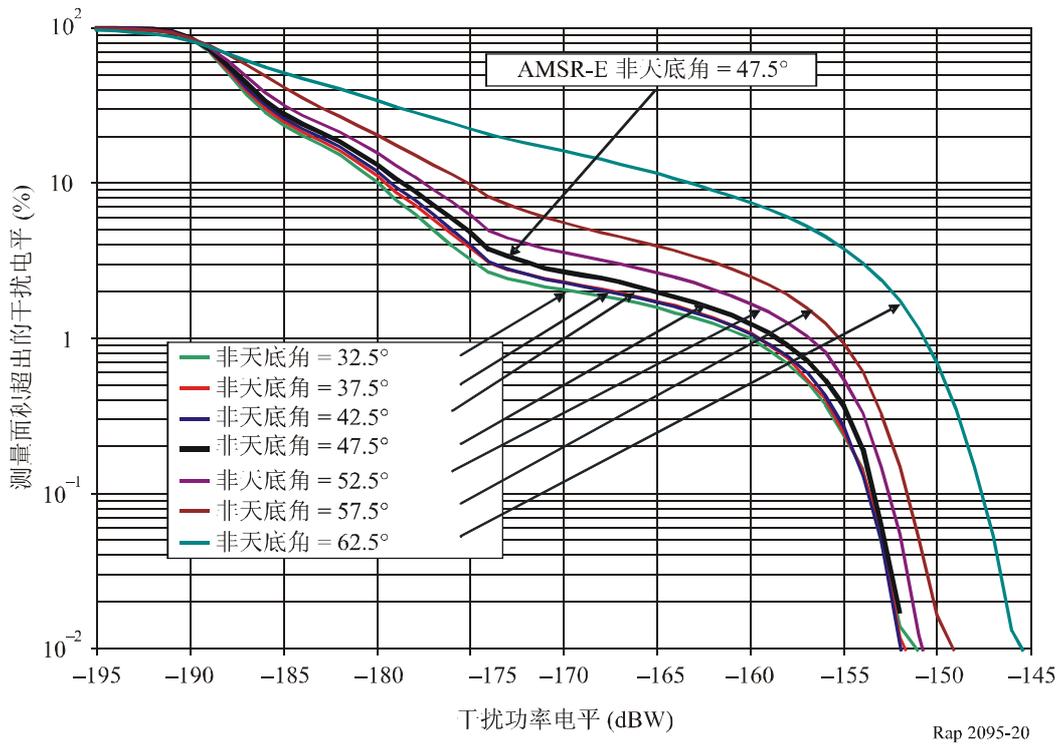
下面考虑了 EESS（无源）仪器的技术和运行特征并且评估了抑制或者最小化干扰的可能方法：

- 最大倾角限制控制着地面有源业务与 EESS（无源）接收机之间的直接耦合幅度。然而，在当前设置值以下减小无源传感器圆锥扫描非天底指向角，不能明显减少干扰电平。
- 最小主波束效率的要求直接控制天线模式的形状，可以减少接收到的主波束区域以外干扰功率。
- 空间分辨率限制可以在一定像素 EESS（无源）仪器内减少干扰源之间的相似性，或者干扰源数量。
- 改进的 EESS（无源）天线旁瓣性能可以减小干扰电平。例如，在 EESS（无源）参考天线方向图与 ITU-R S.672 建议书规定的 FSS 天线方向图之间做比较 — 卫星天线辐射方向图作为固定卫星业务中用的同步卫星设计目标，表明减少旁瓣电平会降低干扰百分比。

无源传感器圆锥扫描的主波束与地球表面相交于固定的仰角，它由卫星高度和接收天线的非天底指向角确定。为了检验 FS 仰角这种变化的影响，在一系列无源传感器非天底指向角重新运行之前，报告的一个关于 AMSR-E 无源传感器的模拟模型。图 20 示出这些模拟的结果。

图 20

基于 EESS 非天底角变化的干扰结果



5.2 FS

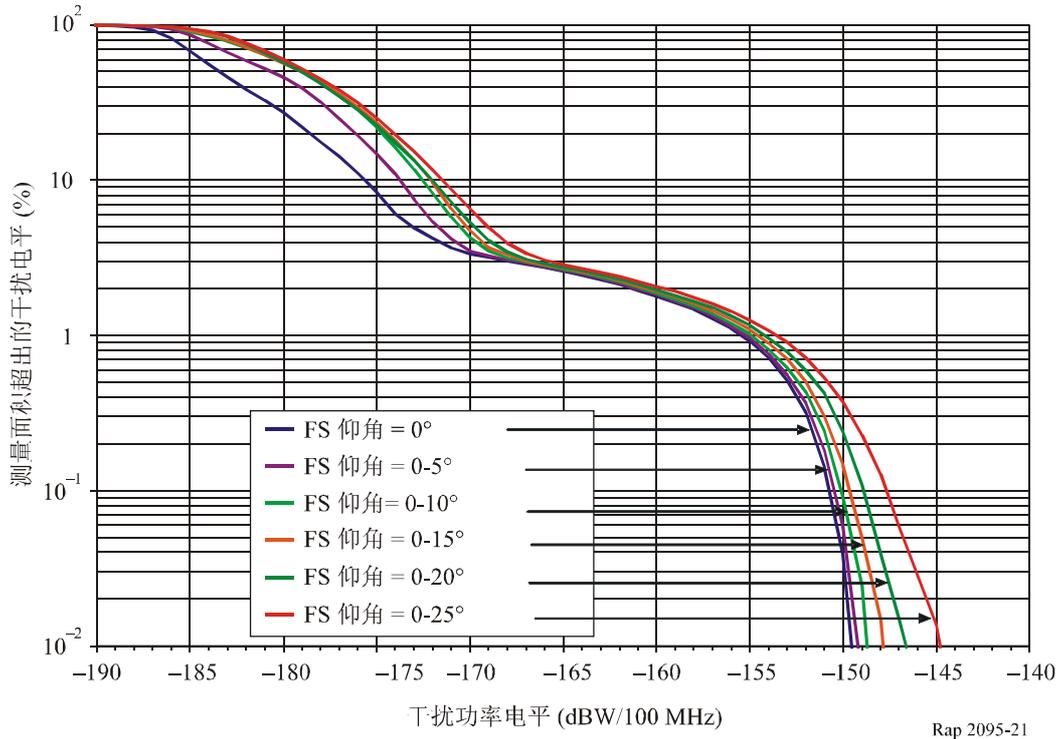
下面考虑并评估了一个 FS 电台的技术和操作特征，在这一频带运行的 FS 实现抑制或最小化干扰变化的可能方法：

- 最大 FS 电台 e.i.r.p. 限制。
- 对 FS 电台主波束最大仰角的要求；然而，FS 仰角均匀分布，在共用研究中是不实际的分布，无源传感器圆锥扫描的干扰电平在 FS 仰角超出上限 20° 之前不会显著增加。
- 在晴朗天空和规定的衰退边界下，按照期望接收信号电平设定 FS 发射功率的要求；这种方法能够显著减少对无源传感器的干扰电平。

之前的干扰模拟一般假设所有 FS 发射机在 0° 仰角运行。然而，可以预期在实际 FS 系统高度存在着一些变化。为了检查 FS 仰角变化的影响，运行之前报告的一个基于 0° FS 仰角的模拟模型，根据仰角均匀分布在 0° 和 5° 到 25° 的上限之间，给每个 FS 电台随机指配一个仰角。尽管自然界实际的 FS 仰角更像是高斯分布，为简单起见，假设这些模拟的 FS 仰角均匀分布。这些模拟的结果见图 21。

图 21

基于 FS 仰角变化的干扰结果



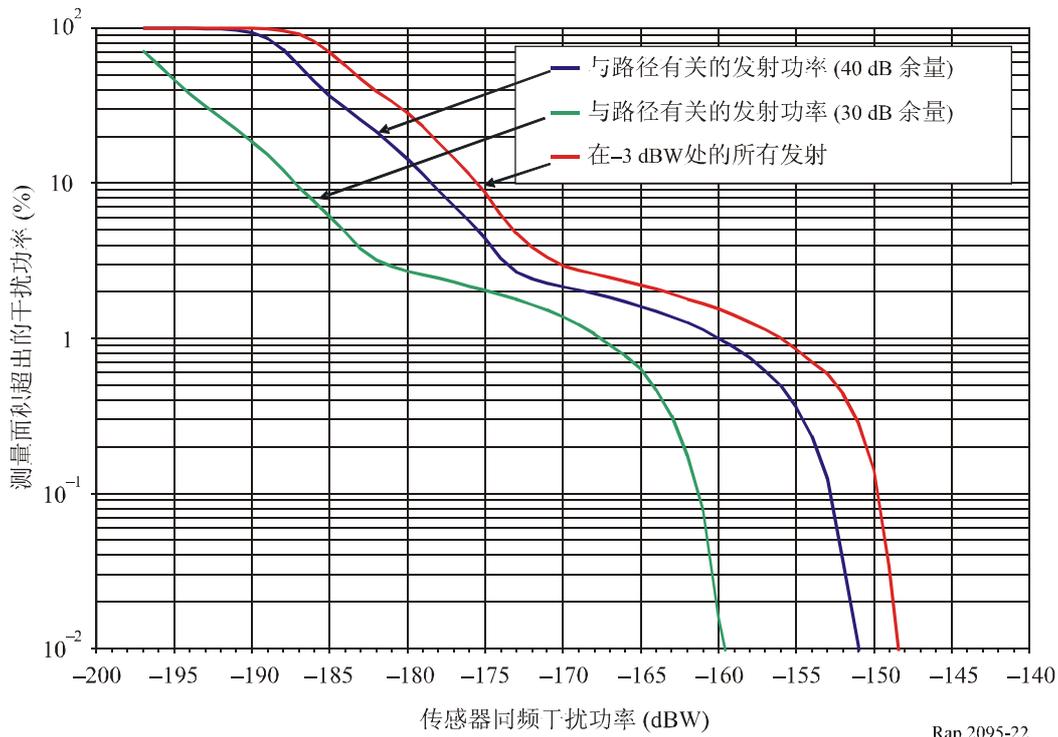
注 1 — 尽管这些研究考虑了 FS 仰角最大为 25° ，为了确认干扰电平显著增加的仰角，在实际运行系统极少有 FS 高度超出 5° 。

之前的干扰模拟一般假定所有 FS 发射机在相同功率运行。然而，检查一些其他 FS 频带授权记录发现了授权发射机功率的变化。发射机功率变化的一个原因可能是无线电链路路径长度存在差异。

建立了一个在自由空间传播条件下只提供特定接收电平的特定 P-P FS 电台发射功率模拟模型。特定接收电平包括 30 与 40 dB 的衰退边际。图 22 用特定发射功率电平与假设的所有发射机在相同的最大发射功率电平运行的情况做比较，说明这项技术对无源传感器干扰电平的影响。

图 22

基于与路径长度有关的发射功率的干扰结果



5.3 MS

对移动使用的 MS 系统，考虑并且评估最大 MS 电台限制，作为在 MS 运行的这个频带实现抑制或最小化干扰变化的可行方法。第 4.5 和 4.6.2 部分详细讨论了这一抑制方法。

第 5.2 节讨论了与 P-P FS 系统有相似特征的 MS 应用的抑制方法。

6 总结和结论

本报告给出了在 36-37 GHz 频带评价几类 FS 电台对 EESS（无源）接收机潜在干扰电平的几项模拟研究的结果。第 4.6 部分总结了这些研究的结果。表 13 给出了对研究中考虑的不同模型 FS 和 MS 配置模型以及 EESS 无源传感器满足 ITU-R RS.1029 建议书的 FS 和 MS 功率电平范围。表 14 说明 RS.1029 建议书中无源传感器的容许干扰电平超出研究中假设的 FS 和 MS 功率电平测量面积的百分比。

另外进行的几项模拟研究描述在 36-37 GHz 频带运行的无源传感器接收的干扰电平，评估了这些干扰电平对系统参数变化的敏感度以及可能抑制方法的有效性。

考虑并评估了 EESS（无源）传感器以及 FS 与 MS 系统许多技术和运行特征寻求可能抑制或最小化干扰电平的方法。表 15 表明这些系统技术和运行特征的可能限制，以方便 36-37 GHz 频带之间的 EESS（无源）以及 FS 与 MS 共用。

表 15
36-37 GHz 频带可能的共用标准

EESS (无源)	FS	MS
入射角 $\leq 60^\circ$ ，其中入射角定义为本地垂线与无源传感器天线光束中心之间在地球表面的角度	仰角范围 $\leq 20^\circ$	
空间分辨率 ≤ 50 km，其中空间分辨率定义为无源传感器在地球表面 -3 dB 等值线的最大横截面	最大 P-P 发射机功率 ≤ -10 dBW 最大 P-MP 发射机功率： ≤ -5 dBW 中枢站 ≤ -10 dBW 用户电台	最大发射机功率 ≤ -10 dBW 最大发射机功率 ≤ -3 dBW (如果活动因子低于 40%)
主波束效率 $\geq 92\%$ ，其中主要波束效率定义为能量 (主和交叉极化成分) 相对于 -3 dB 波束宽区域的 2.5 倍范围之内所有角度的总能量	最大 P-MP 中枢站 e.i.r.p. $\leq +12$ dBW	

表 15 中的各项，如最大功率是基于假设有源业务限制没有抑制技术的模拟，而如果有抑制技术，表 15 中的限制可以放宽。可能的抑制技术包括功率的灵活设置 (功率电平控制 (ATPC)) 以抑制衰退，使用高性能方向天线。当 FS P-P 系统使用 ATPC，最大发射机功率限制会随对应的系统使用的 ATPC 数量增加。共用研究模拟结果表明，一些配置模型对 EESS (无源) 使用的表 15 中的干扰电平值，超出了 ITU-R RS.1029 建议书容许干扰标准。考虑到为共享该频带的共用业务制定共用标准时，需要公平地分担负担，这样的结果对 EESS (无源) 系统是可以接受的。

7 支持文件

- [1] Recommendation ITU-R RS.1803: Technical and operational characteristics of passive sensors in the Earth exploration-satellite (passive) and space research (passive) services to facilitate sharing with the fixed and mobile services in the 10.6-10.68 GHz and 36-37 GHz bands.