

国 际 电 信 联 盟

ITU-R

国际电联无线电通信部门

ITU-R RS.2065-0 建议书
(12/2014)

**保护8 400-8 450 MHz和8 450-8 500 MHz
频段的空间研究业务(SRS)空对地链路免受
9 600 MHz附近卫星地球探测业务(有源)
使用的合成孔径雷达无用发射的影响**

RS 系列
遥感系统

15 
1865-2015

 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

(也可在线查询 <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
2015年，日内瓦

© 国际电联 2015

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 RS.2065-0 建议书

保护8 400-8 450 MHz和8 450-8 500 MHz频段的空对地链路免受9 600 MHz附近卫星地球探测业务（有源）使用的合成孔径雷达无用发射的影响

(2014年)

范围

本建议书提供了在空间研究业务（SRS）频段降低卫星地球探测业务（EESS）（有源）系统无用发射的抑制方法，并建议 EESS（有源）系统在 SRS（深空）任务操作的关键活动中为其提供充分保护，时刻防止 SRS 地面站接收机受到损害。

关键词

关键活动、损害、深空、地球站、EESS（有源）、干扰、缓解、保护、标准、接收机、SAR、饱和、空对地、空间研究业务、SRS、合成孔径雷达、无用发射

缩写词/词汇

EESS 卫星地球探测业务

LFM 线性FM（调频）

SAR 合成孔径雷达

SRS 空间研究业务

TR 发射和接收

国际电联相关建议书、报告

ITU-R RS.2043建议书	9 600 MHz附近卫星地球探测业务（有源）中的合成孔径雷达的特性
ITU-R SA.609建议书	有人和无人操作的近地科学卫星的无线电通信链路的保护准则
ITU-R SA.1014建议书	有人和无人操作深空研究的通信要求
ITU-R SA.1157建议书	深空研究的保护标准
ITU-R SM.1541建议书	带外域的无用发射
ITU-R RS.2308号报告	9 GHz卫星地球探测业务合成孔径雷达（SAR）的无用发射与分别工作在8 400-8 500 MHz和10.6-10.7 GHz频段的卫星地球探测业务（无源）、空间研究业务（无源）、空间研究业务和射电天文业务之间的射频兼容性

国际电联无线电通信全会，

考虑到

- a) 9 300-9 800 MHz频段划分给EESS（有源），用作主要业务频段；
- b) 9 800-9 900 MHz频段划分给EESS（有源），用作次要业务频段；
- c) 8 400-8 450 MHz 频段划分给SRS（深空）空对地链路，用作主要业务频段；
- d) 8 450-8 500 MHz频段划分给SRS空对地链路，用作主要业务频段；
- e) 在9 300-9 900 MHz频段中运行有源雷达的系统在空对地方向采用高功率发射；
- f) ITU-R SA.1014建议书所述的、在8 400-8 450 MHz频段中运行的SRS（深空）地球站使用极为敏感的接收机；
- g) 这些SRS地球站也支持8 450-8 500 MHz频段中诸如拉格朗日和月球探索等SRS任务；
- h) ITU-R SA.1157建议书确立了8 400-8 450 MHz频段中SRS（深空）任务的保护标准，ITU-R SA.609建议书确立了8 450-8 500 MHz频段中SRS任务的保护标准；
- i) 9 300-9 900 MHz 频段中 EESS（有源）的无用发射可能超出 8 400-8 450 MHz 频段中 SRS（深空）的保护标准；
- j) 8 400-8 450 MHz频段几乎用于所有支持其日常和关键活动的SRS（深空）任务，8 450-8 500 MHz频段几乎由所有SRS拉格朗日和月球探索任务使用；
- k) SRS（深空）的关键活动，如，发射、轨道插入、飞过行星（planetary fly-by）和进入下降着陆（entry-descend-landing）（包括样本返回）往往决定着深空任务的成败；
- l) 在SRS（深空）任务关键活动过程中出现干扰可能导致丢失关键数据，甚或危及到航天器的良好状况和安全；
- m) 在 SRS（深空）任务日常操作过程中，概率极低的超出 SRS（深空）保护标准的 EESS（有源）无用发射可能可以令人接受；
- n) EESS（有源）的无用发射可能超出本建议书附件 1 所述的 SRS 地球站接收机的饱和度和损害程度，

建议

- 1 EESS SAR系统应使用本建议书附件2所述发射方法降低其在8 400-8 500 MHz频段中的无用发射，以便：
 - a) 时刻避免损害SRS地球站接收机；
 - b) 降低使SRS地球站接收机饱和的概率；
 - c) 避免在关键活动期间其干扰超出SRS（深空）地球站的保护标准；

- 2 如果通过采用本建议书附件2所述方法不能充分满足建议部分第1段的要求，则作为最后解决方案，EESS SAR系统运营商应对其剩余造成潜在干扰的活动做出预测，并至少在一项EESS SAR日常操作活动七天前与SRS的任务运营商进行协调，且在出现紧急情况，如灾害管理的情况下，至少可提前24小时获得EESS SAR图像；
- 3 为了便于使用某些缓解技术和进行操作协调，EESS SAR和SRS系统运营商应共享各自轨道和通信特性信息，包括最新的任务轨迹、天线指向和关键活动时间表；
- 4 在应用建议第1、2和3段时，应适用附件1表1中的损害和饱和度；
- 5 建议第1、2、3和4段应仅适用于ITU-R SA.1014建议书所列的SRS地球站。

附件1

对SRS深空地球站接收机前端造成的损害和饱和

ITU-R SA.1014建议书阐释了SRS深空接收机的定位和特性。美国民用航天局 – 国家航空航天管理局（NASA）和欧洲空间局（ESA）已为其深空地球站接收机提供了饱和特性和潜在损害程度。以下表A1-1对此加以总结。

表A1-1

SRS（深空）地球站接收机的饱和和损害程度

参数	单位	NASA	ESA
频段	MHz	8 200-8 700	8 400-8 500
饱和度	dBW	-115	-117
损害程度	dBW	-105	-107

这些饱和度和损害程度是在接收机前端的输入终端上直接测得的。NASA的SRS深空地球站接收机还旨在用于支持8 500-8 700 MHz频段 – 划分给无线电定位业务 – 中的NASA恒星系统雷达。

如ITU-R SA.1014建议书所述，SRS地球站还旨在支持8 450-8 500 MHz频段中的诸如拉格朗日和月球探索等SRS任务，任何时候都不应超出这些损害程度。在SRS深空任务的关键活动过程中，EESS（有源）的无用发射应低于饱和度。ITU-R SA.1014建议书未予说明的SRS地球站通常使用不同的射频前端技术，因此，对由EESS（有源）无用发射造成的饱和和损害不太敏感。

附件2

减少由9 600 MHz频段附近EESS（有源）系统 对8 400-8 450 MHz和8 450-8 500MHz频段中 SRS产生无用发射的缓解技术

本附件利用ITU-R RS.2043建议书给出的SAR-1、SAR-2和SAR-3参数，给出9 600 MHz频段附近EESS（有源）的理论无用发射计算结果。本附件还讨论若干减少EESS（有源）系统对中8 400-8 450 MHz频段中SRS深空任务和8 450-8 500 MHz频段中SRS产生无用发射的若干减缓技术。

1 保护SRS空对地链路

ITU-R SA.1157建议书确定，8 400-8 450 MHz频段内SRS深空研究业务地球站的保护标准为 -221 dB(W/Hz)。由跨地平线传播造成的非视距干扰的计算应基于适用于0.001%时间的天气统计数据。ITU-R SA.1157建议书确立了SRS深空系统接收机的保护标准。遵守有关这些资产的保护标准决定着SRS深空任务的成败。在任务关键活动过程中，如，轨道插入、飞过行星和进入下降着陆（EDL）阶段，出现有害干扰可能造成航天器的潜在丢失或不可复制数据的丢失。此外，还存在其他一些关键活动，如一次性科学观测，在这些任务过程中，航天器会穿透行星或月球大气层、或冲击月球、行星、小行星或彗星。在这一过程中，航天器可能损毁。在靠近或冲击之前及冲击过程中传送的数据决定着任务的成败，因此，按照ITU-R SA.1157建议书要求的程度，在任务关键活动过程中，保护SRS深空航天器和地球站对于SRS深空任务的成功至关重要。

此外，深空系统的航天器紧急情况应被认为是关键活动。

ITU-R SA.609建议书确定，8 450-8 500 MHz SRS频段内的空间研究地球站保护标准为 -216 dB（W/Hz）。可由大气和降水效应得出的干扰计算应基于无人操作任务（如拉格朗日和月球探索任务）0.1%时间的天气统计数据。

2 9 600 MHz频段附近EESS（有源）系统的特性

通常被确定为9 600 MHz EESS（有源）频段的9 300-9 900 MHz频段由SAR系统使用。ITU-R RS.2043建议书给出在该频段内运行的三个SAR系统的特性。

表A2-1

SAR-1、SAR-2和SAR-3系统的特性

参数	SAR-1	SAR-2	SAR-3
轨道高度 (km)	400	619	506
轨道倾角 (度)	57	98	98
RF 中心频率 (GHz)	9.6	9.6	9.6
峰值辐射功率 (W)	1 500	5 000	25 000
脉冲调制	FM线性调频 脉冲	FM线性调频 脉冲	FM线性调频 脉冲
线性调频带宽 (MHz)	10	400	450
脉冲持续时间 (ms)	33.8	10-80	1-10
脉冲重复速度 (pps)	1 736	2 000-4 500	410-515
占空比 (%)	5.9	2.0-28.0	0.04-0.5
距离向压缩比	338	< 12 000	450-4 500
天线类型	开槽波导	平面阵	平面相控阵
天线峰值增益 (dBi)	44.0	44.0-46.0	39.5-42.5
e.i.r.p. (dBW)	75.8	83.0	83.5-88.5
天线偏离天底的方向	20° to 55°	34°	20° to 44°
天线波束宽度	5.5° (El) 0.14° (Az)	1.6-2.3° (El) 0.3° (Az)	1.1-2.3° (El) 1.15° (Az)
天线极化方式	线性垂直	线性HH或VV	线性水平/垂直
系统噪声温度 (K)	551	500	600

3 8 400-8 500 MHz频率范围内EESS (有源) 系统的无用发射

表A2-2给出8 400-8 450 MHz频段内三种SAR系统 (表A2-1) 的理论无用发射电平。假设线性调频 (LFM) SAR系统 (带有梯形波) 的上升时间为10-ns, 下降时间为10-ns。SAR-2和SAR-3系统的脉冲持续时间分别为10 μ s和1 μ s。SRS深空地球站的天线增益为74 dBi。

表A2-2

8 400-8 450 MHz频段中SAR-1、SAR-2和SAR-3的无用发射

参数	SAR-1	SAR-2	SAR-3
e.i.r.p. (dBW)	76	83	86
带宽 (MHz)	10	400	450
最小倾斜距离 (km)	424	654	536
空间损耗 (dB)	-164	-167	-166
接收天线峰值增益 (dBi)	74	74	74
极化损耗 (dB)	-3	-3	-3
频谱滚降 (dB)	-109	-86	-78
接收干扰PSD (dB(W/Hz))	-196	-185	-174
深空保护标准 (dB(W/Hz))	-221	-221	-221
保护标准超出程度 (dB)	25	36	47

表A2-2表明，SAR-1、SAR-2和SAR-3系统的无用发射超出深空保护标准的25-47 dB。这些SAR系统的无用发射是在SAR信号理论滚降基础上计算得出的。如果EESS（有源）系统包含以饱和模式运行的高效功率放大器等成分，则无用发射会更高。利用ITU-R SM.1541建议书附件8计算SAR系统的无用发射会使这些发射更高，因此，对8 400-8 450 MHz频段内的深空空对地链路的干扰更大。为计算衰减电平（保护SRS（深空）操作和保护SRS接收机免受损害必不可少），应使用EESS（有源）硬件而非理论上的无用发射数值。

由于频率间隔降低，因此，对8 450-8 500 MHz频段造成的无用发射电平会更高。尽管相关研究表明，该频段内将不存在任何有害干扰问题，但在出现直接照射时，可能出现饱和风险和对地球站接收机的损害，因此，也需将具体缓解技术应用于该频段。

4 缓解技术

本节阐述若干干扰缓解技术。使用其中一种技术或综合使用若干种技术，将减少EESS（有源）系统无用发射造成的潜在干扰。通常而言，前三种技术—脉冲成型、天线指向和滤波—可大大降低EESS（有源）系统的无用发射。

4.1 脉冲成型

脉冲成型改变LFM线性调频脉冲（chirp pulses）的峰包，从而降低雷达的无用发射。与上升时间和下降时间均为10-ns的LFM系统相比较，带有梯形波和上升余弦波（上升和下降时间均为100-ns）的脉冲成型可在理论上将LFM雷达的无用发射降低17 dB至26 dB。表A2-3表明，上升和下降时间均为100-ns的梯形波可将SAR-1系统的无用发射降到SRS深空保护电平以下，但SAR-2和SAR-3系统的无用发射依然高出保护电平。采用上升余弦脉冲成型后，所有三个SAR系统的无用发射均低于保护标准。应当指出，EESS（有源）传送链上多个不同成份的非完美性和非线性化也可能加大无用发射。

表A2-3

8 400-8 450 MHz频段内带有100-ns上升和下降时间梯形波的EESS（有源）的无用发射

参数	SAR-1	SAR-2	SAR-3
e.i.r.p. (dBW)	76	83	86
带宽(MHz)	10	400	450
最小倾斜距离(km)	424	654	536
空间损耗(dB)	-164	-167	-166
接收天线峰值增益(dBi)	74	74	74
极化损耗(dB)	-3	-3	-3
频谱滚降(dB)	-135	-106	-95
接收干扰PSD(dB(W/Hz))	-222	-205	-191
深空保护标准(dB(W/Hz))	-221	-221	-221
保护标准超出程度(dB)	-1	16	30

表A2-4

8 400-8 450 MHz频段内带有100-ns上升和下降时间上升余弦波的EESS（有源）的无用发射

参数	SAR-1	SAR-2	SAR-3
e.i.r.p. (dBW)	76	83	86
带宽(MHz)	10	400	450
最小倾斜距离(km)	424	654	536
空间损耗(dB)	-164	-167	-166
接收天线峰值增益(dBi)	74	74	74
极化损耗(dB)	-3	-3	-3
频谱滚降(dB)	-168	-147	-137
接收干扰PSD(dB(W/Hz))	-255	-246	-233
深空保护标准(dB(W/Hz))	-221	-221	-221
保护标准超出程度(dB)	-34	-25	-12

4.2 天线指向

ITU-R RS.2094号报告所述的所有三种SAR系统均为高度定向天线。例如，SAR-2系统的天线峰值增益在43 dBi至46 dBi之间。在地平线（或方位角）方向，天线方向图迅速滚降至-3 dBi。如果SAR-2可将天线指向离开SRS地球站—使天线朝向SRS地球站的增益为-3 dBi，那么可能将SAR-2系统的无用发射减少46至49 dB。类似技术也适用于SAR-1和SAR-3系统。

4.3 滤波

取决于EESS（有源）系统的实施情况，可部署发射滤波器和在EESS（有源）频段以下陡峭切断的波导管来限制系统的无用发射。在8 025-8 400 MHz频段内已成功使用了EESS空对地链路的滤波技术，使EESS空对地链路的无用发射降低了40 dB，在8 400-8 450 MHz频段降低更多。

SAR系统可采用相位阵列天线，后者由几百个发射和接收（TR）模块组成，包括高功率放大器。不得不在这些模块的高功率阶段采用输出滤波，因此，这也加大了系统的复杂性和成本，并损失了雷达的性能。

然而，必要时，可在发射链中增加合适的陷波滤波器，以便在有限带宽内尽可能使SAR的无用发射得到衰减。

4.4 扫频范围和脉冲宽度的选择

LFM雷达无用发射的频谱滚降是LFM线性调频信号扫频范围和脉冲宽度的函数。无用发射随线性调频扫频范围的增加而加大，且也随着线性调频信号脉冲宽度的下降而提高。EESS（有源）系统运营商可以通过改变雷达扫频范围和脉冲期限来降低无用发射，特别当EESS（有源）天线指向离SRS深空地球站很近的地方时。这些技术的有效性是有限的，可能只能将EESS（有源）系统的无用发射降低几个分贝。

4.5 地理间隔

还可以通过地理间隔来降低EESS（有源）系统的干扰。利用ITU-R SA.1014建议书提供的信息，EESS（有源）系统可保持与SRS地球站的最小倾斜距离，从而保持最低自由空间损耗，并因此形成专门区。更极端的情况是，当EESS（有源）系统与其中一个SRS地球站之间形成视距时，EESS（有源）系统可抑制发射。
