

国 际 电 信 联 盟

**ITU-R**

国际电联无线电通信部门

**ITU-R RS.1858建议书**  
(01/2010)

**多源人为发射对卫星地球探测  
业务（无源）传感器操作  
集总干扰的界定和评估**

**RS系列  
遥感系统**



## 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
<b>BO</b>	卫星传送
<b>BR</b>	用于制作、存档和播出的录制；电视电影
<b>BS</b>	广播业务（声音）
<b>BT</b>	广播业务（电视）
<b>F</b>	固定业务
<b>M</b>	移动、无线电定位、业余和相关卫星业务
<b>P</b>	无线电波传播
<b>RA</b>	射电天文
<b>RS</b>	<b>遥感系统</b>
<b>S</b>	卫星固定业务
<b>SA</b>	空间应用和气象
<b>SF</b>	卫星固定业务和固定业务系统间的频率共用和协调
<b>SM</b>	频谱管理
<b>SNG</b>	卫星新闻采集
<b>TF</b>	时间信号和频率标准发射
<b>V</b>	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  
2010年，日内瓦

© ITU 2010

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.1858 建议书

多源人为发射对卫星地球探测业务（无源）  
传感器操作集总干扰的界定和评估

（ITU-R 243/7号研究课题）

（2010年）

## 范围

本建议书提供了有关多源人为发射对卫星地球探测业务（无源）传感器操作集总干扰的界定和评估的信息。首先，建议书列举了各种干扰源。其次，建议书确定了集总干扰的统计矩。最后，建议书讨论了检验集总方法的动态模拟结果。

国际电联无线电通信全会，

考虑到

- a) 在分配给卫星地球探测业务（EESS）（无源）的某些频段上，无源传感器被用于地球和气象卫星对地球及大气进行遥感探测；
- b) 这些无源传感器的运行结果对于气象学、气候学及其它学科而言极为重要，并且出于运行和科学目的，在这些学科中得到广泛应用；
- c) 在EESS（无源）中运行的无源传感器对于其分配频段中的任何发射均十分敏感；
- d) 在分配给EESS（无源）的频段中，任何人为发射均可造成使用这些频段的无源传感器性能退化，进而可能影响其设定的运行；
- e) 无源传感器可能无法区分自然发射和人为发射，因而可能无法识别无源传感器产品中的人为发射功率；
- f) 有必要界定导致无源传感器性能退化的源头；
- g) 有必要制定适当的方法，以评估干扰对无源传感器运行造成的集总影响，

注意到

- a) ITU-R RS.515、ITU-R RS.1028和ITU-R RS.1029建议书提供了EESS（无源）的一般运行特性、性能和防护标准；
- b) ITU-R SM.1633建议书考虑到在1.4至60 GHz的范围的某些频段中，因特别接近或邻近频段中的一些有源业务的人为发射对EESS（无源）造成的影响；
- c) ITU-R SM.1542建议书提供了EESS（无源）传感器可用来减轻有害发射影响的有关技术信息；

## 建议

- 1 应将附件1中的方法用于评估多源人为发射所产生的干扰对无源传感器造成的集总干扰。

## 附件1

### 多源人为发射对EESS（无源） 传感器干扰的界定及干扰评估方法

#### 1 引言

EESS（无源）传感器基本上是一个射电辐射计，用来测量某个相关频率范围的自然辐射。EESS（无源）传感器易于受到地面发射机（包括高功率发射机）的辐射功率以及密集部署的低功率发射机总辐射的影响。航天器载发射机可能会通过地球向传感器天线的反射间接加大传感器接收到的能量，或者通过天线主波束和旁瓣直接加大传感器接收到的能量。人为发射拥有种种特性，使之有别于自然微波发射。虽然这些特性不同程度地存在于单个来源，但大量来源的集总可能不具有能够使其有别于自然星球发射的特性。

用于界定对EESS（无源）传感器造成干扰的特性参数包括：

- （无源）传感器运行的频率范围；
- 所有人为发射源对传感器产生的功率；
- EESS（无源）传感器的运行对于存在的人为发射功率的接受度；
- 来自地球表面、大气构成和其它物体的散射；大气层吸收和空间损耗。

为界定由各种人为发射造成的EESS（无源）传感器运行的性能退化，有必要：

- 建立测量EESS（无源）传感器运行性能退化的参考标准；
- 按照其类别和发射特性界定人为发射源；
- 获取有关人为发射对EESS（无源）传感器运行影响的显著性的人为发射源类别；
- 获取每种重要发射类型导致的性能退化，及其对无源传感器运行的集总影响。

## 2 界定干扰源

人为发射源在造成EESS（无源）传感器数据退化方面的一个重要特性即这些发射源发射到EESS（无源）传感器通带中的功率量值和变量。通过累加人为发射源与EESS（无源）传感器对存在的发射功率特性的可接受性之间的关系，便可界定人为信号对EESS（无源）传感器运行导致的性能退化。无源传感器对人为发射功率的可接受性取决于传感器运行参数与人为发射功率特性之间的关系。ITU-R RS.1029建议书给出的传感器处总容许发射功率可作为干扰评估参考。

界定每个来源首先根据其业务分类，然后根据其发射类型。关于业务分类，所有人为发射功率源被细分为特别定义的一组：

- 无线电通信和无线电测定业务；
- 其他来源。

无线电通信和无线电测定业务是《无线电规则》第1条列举的那些业务。为了便于分析，无线电通信业务按照以下两个标题分组：

- 1 地面；
- 2 空间。

其它人为发射源按照以下三个标题分组：

- 1 短距离无线电通信设备<sup>1</sup>（SRD）；
- 2 ISM<sup>2</sup>设备；
- 3 电子器材或装置<sup>3</sup>。

关于发射类型，无线电通信业务和其它来源按照《无线电规则》的定义加以组织：

- 1 必要带宽内发射产生的功率<sup>4</sup>；
- 2 带外域发射产生的功率<sup>5</sup>；以及
- 3 散射域发射产生的功率<sup>5</sup>。

应考虑传感器在纯无源频段中的运行、传感器在无源有源混合频段中的运行、应用缓解技术或其它有关评估人为发射对传感器运行产生影响的情况。纯无源频段指《无线电规则》第5.340款列出的频段。然而，要注意的是，《无线电规则》第5.340款列出的一些频段允许特定的有源业务通知，如脚注所示。因此，必须保持谨慎，以准确反映该特定传感器当时的情况。

---

<sup>1</sup> ITU-R SM.1538-2建议书。

<sup>2</sup> 《无线电规则》第1.15款。

<sup>3</sup> 《无线电规则》第15.12款。

<sup>4</sup> 《无线电规则》第1.152款。

<sup>5</sup> 如ITU-R SM.1541-1建议书规定的定义。



### 3 干扰集总的方法

在ITU-R涉及能够对EESS（无源）发生影响的多种无线电通信业务的研究中，适用以下总体原则：

- 应考虑《无线电规则》的各相关规定和ITU-R建议书：
  - a) 应考虑与干扰有关的所有标准，尤其是受到影响的无线电通信业务带内和无用发射之间的区别；
  - b) 应在逐个频段的基础上考虑每项受到影响的无线电通信业务相对于其它受到影响的无线电通信业务对无源业务的相对影响；
- 对于《无线电规则》第5.340款列出的无源频段，该条款声明“禁止所有发射”。

ITU-R RS.1029建议书的干扰标准确定了一个干扰门限，以及不得超过该门限的区域或时间百分比。该百分比称为数据可用性标准。一般情况下，干扰评估的第一步是计算被认为产生了最大量干扰的传感器天线足迹内的集总干扰。这通常是通过用最坏情况的静态计算来完成的。如果该计算得出的干扰水平超过允许值，则进行动态模拟，以确定集总干扰是否符合全球或区域性数据可用性标准。然而，重要的不仅仅是全球或区域性统计资料，也包括对最坏情况天线足迹造成的干扰的统计资料。例如，该足迹内的发射机可能是间歇性运行，或者其天线指向也可能会变化。因此，最坏情况足迹造成的干扰功率将具有一种概率分布，正如全球或区域性干扰将由于发射机部署的地理变量而具有概率分布一样。主要的区别是全球干扰利用动态模拟加以分析，而在一段合理的时间内使用动态模拟难以积累足够数据的情况下，也可以使用蒙特卡罗（Monte Carlo）方法分析最坏情况足迹造成的干扰。

当只涉及一种单一类型的干扰业务时，通常进行这些模拟（无论是动态的还是Monte Carlo）。而问题在于，当存在着多种干扰业务时应如何着手，因为非总是能够将各种干扰业务纳入一个模拟过程。

一种方法是，假定任何无线电通信业务导致的时变集总干扰包括长期和短期两个组成部分。不同业务导致的短期干扰事件一般不具关联性，亦不会同时发生。因此，短期干扰不会集总功率，但会集总时间。另一方面，长期干扰则集总功率而非时间。这种方法的问题在于，不存在针对无源传感系统的长期干扰标准，因而无法确定是否集总干扰的长期组成部分是过多的。而且，如后文所述，任何给定的干扰情况一般都会显示出长期和短期两个组成部分，这就意味着干扰既集总功率，也集总时间。

另一种方法利用了统计矩方法，它无需区分短期和长期干扰，这是本附件其余部分的主题。要处理传感器频段内的集总干扰水平，我们可从对每项业务造成的干扰进行统计描述着手。最终目标是要确定超出少量时间百分比的集总干扰水平。

假设 $\mu_k$ 和 $\sigma_k^2$ 表示无源传感器处来自 $k$ 项业务干扰水平的均值（W）和方差（W<sup>2</sup>）。在动态或Monte Carlo模拟中， $\mu_k$ 为从无源传感器输入端大量干扰功率样本处得到的干扰水平之和，再除以 $k$ 项业务的样本数量。 $\sigma_k^2$ 为来自 $\mu_k$ 的无源传感器输入端干扰功率的干扰样本离差的平方之和，再除以样本数量。无需了解每一项业务造成的干扰概率分布。

假定源自不同有源业务的干扰成分是相互独立的，矩集总分布可写成：

$$\mu = \sum_{k=1}^K \mu_k \quad \text{和} \quad \sigma^2 = \sum_{k=1}^K \sigma_k^2 \quad (1)$$

其中 $K$ 是干扰业务的数量。无论每一项业务造成的干扰概率分布如何，这都是正确的。实际上，如果干扰业务在统计上是独立的，干扰水平的均值和方差是统计意义上存在的唯一相加量。矩本身并非是最重要的。最重要的是超出少量时间百分比的集总水平 $P$ ，如0.1或0.01%。超过少量时间百分比的水平是均值水平加上若干偏离均值的标准差。

因此， $P$ 可以写为 $\mu + c\sigma$ ，其中是利用从每一项业务的动态模拟得出的全部统计资料确定的一个常数。对于第 $k$ 项业务，确定干扰的矩和集总分布，并计算

$$c_k = \frac{P_k - \mu_k}{\sigma_k} \quad (2)$$

其中， $P_k$ 是第 $k$ 项业务导致的超出少量时间百分比的干扰水平。针对每一项业务如此计算 $c_k$ 。对集总分布的合理估算 $c$ 是每个单独的 $c_k$ 的加权平均值：

$$c = \frac{\sum_k P_k c_k}{\sum_k P_k} \quad (3)$$

因此，主要干扰业务（被定义为拥有最大 $P_k$ 值的业务）在确定 $c$ 方面拥有最大权重。然后可用从等式（3）中得出的 $c$ 值估算出超出少量时间百分比的集总干扰水平。

当带外干扰业务被纳入集总时，最便捷的是将共信道干扰水平作为计算所得余量的基础，并考虑已经存在的带外抑制，作为可能由这些业务提供的任何缓解措施的一部分。

为使这种方法在实践中行之有效，需要对当前使用的动态或Monte Carlo模拟计划做出修改，使之不仅计算干扰的累计分布，也计算上文所述的矩。否则，计算矩的过程将会十分繁复。当然，如果所做的模拟已经包括了所有潜在的干扰业务，则可直接确定超出少量时间百分比的集总干扰水平，而无需计算统计矩。无论干扰业务之间是否相互独立，这都是正确的。

#### 4 正态复合统计的假定示例

最简单的情况是，随着干扰业务数量的增加，假定所有业务集总干扰水平的概率分布接近正态分布。如果假定是这种情况，而且如果 $P$ 是不超过时间1%的集总水平，从正态概率分布积分表中可得出 $P = \mu + 2.33\sigma$ 。反之，如果数据可用性要求为0.1%或0.01%，则从正态概率分布积分表中得出 $c$ 将分别为3.09或3.72。

假设无源业务的干扰标准为 $-160$  dB (W/100 MHz) (或 $10^{-16}$  (W/100MHz))，其数据可用性要求为0.1%。最初有两种干扰业务，由动态模拟确定这两种业务造成的干扰水平平均值和标准差(假定与传感器共信道)分别为 $\mu_1 = \sigma_1 = 10^{-17}$  (W/100 MHz) 和  $\mu_2 = \sigma_2 = 2 \times 10^{-17}$  (W/100 MHz)。从等式(1)得出集总矩为 $\mu = 3 \times 10^{-17}$  (W/100 MHz) 和  $\sigma = 2.24 \times 10^{-17}$  (W/100 MHz)。根据集总干扰统计数据为正态的假定，不超过时间的0.1%的集总水平为：

$$P = \mu + 3.09\sigma = 9.91 \times 10^{-17} \text{ W/100 MHz} \quad (4)$$

这刚好低于传感器假定的干扰标准。现在，假设启动了第三项业务，动态模拟确定其在传感器处的干扰水平平均值和标准差为 $\mu_3 = \sigma_3 = 3 \times 10^{-17}$  (W/100 MHz)。根据集总干扰统计为正态的假定，不超过时间0.1%的集总水平为 $1.76 \times 10^{-16}$  (W/100 MHz)，这样便超过了传感器假定干扰标准2.5 dB。

应强调的是，为简便起见，本示例假设正态统计，而通常这不是有效的假设。

#### 5 动态模拟的结果

我们进行了集总方法的动态模拟，并计算了来自固定、无线电定位和空间运行发射站的无用发射对EESS(无源)频段1 400-1 427 MHz造成的集总干扰。其中考虑了三种情况，包括从三种干扰业务之一据主导地位的情况，到可以对每一种无线电通信业务产生的干扰进行统计比较的情况。动态模拟产生了针对52 000时步的干扰水平数据库。在每个时步上，每项业务产生的干扰、三种业务产生的集总干扰、识别产生最高干扰水平的业务，以及最主要干扰业务占集总干扰水平的比例均获得确定。

目的之一是确定来自不同无线电通信业务的干扰是否是基于功率集总还是基于时间百分比集总。通过在逐个时步的基础上查证动态模拟，表明在模拟过程中，只有一项产生干扰的主要无线电通信业务时步，这是来自不同来源的干扰基于时间或区域百分比集总的典型情况。另一方面，在同样的情况下，还存在着其它时步，其中集总干扰显然是由不同无线电业务造成的基于功率的干扰功率同步集总的结果。因而，模拟显示，任何给定情况下的干扰并



不仅仅基于功率或是基于时间集总。因为功率干扰集总通常与长期干扰有关，而时间集总则与短期干扰有关，这说明在多数情况下，通常对长期和短期干扰所做的区分在确定集总干扰方面并不是很有帮助。这是建议使用统计矩方法作为确定多项业务集总干扰的一种方法的适当理由。

针对每种情况，从每项无线电通信业务的模拟数据均值和方差计算出集总干扰的均值和方差。从中发现，得出的集总干扰均值和方差等于从模拟数据获得的每项业务的均值和方差之和，这与等式（1）一致。此外，模拟还显示正态统计假定通常不是有效假定。结果显示，当使用等式（3）计算 $c$ 时，三种模拟情况高度一致。因此，统计矩方法似乎是一种确定集总干扰水平的合理方法，即便未知集总水平的概率分布。

---