

国 际 电 信 联 盟

ITU-R

国际电联无线电通信部门

ITU-R SM.575-3 建议书
(08/2021)

**保护固定监视站免受附近或
强辐射发射机的干扰**

SM系列
频谱管理



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/zh>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/zh>）

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、业务和相关卫星业务
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享和协调
SM	频谱管理
SNG	卫星新闻采集
TF	报时信号和频率标准发射
V	词汇和相关学科

说明： 该ITU-R报告英文版本是有关研究组按照ITU-R第1号决议所述程序批准的。

电子出版
2022年，日内瓦

© 国际电联 2022

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 SM.575-3建议书

保护固定监视站免受附近或
强辐射发射机的干扰

(1982-2007-2013-2021年)

范围

本建议书规定了在监视站的最大场强电平，以保证它们无干扰地运行。

关键词

场强测量、监测站、保护区

ITU无线电通信大会，

考虑到

- a) 可靠和无间断的频谱监视信息构成了频谱管理过程中的一个关键部分；
- b) 从附近发射机辐射出来的功率可能会在监视站造成强烈的电磁场，导致接收机灵敏度下降和阻断影响；
- c) 这些影响反过来可能会产生必须要尽量避免的错误发射；
- d) 蜂窝无线电和广播电台的部署使得难以为一个频谱监视站找到适合的位置；
- e) 接收场强是确定一个监视地点是否合适的一个重要参数；
- f) 不同的频率范围要求不同的场强限制，

注意到

- a) ITU频谱监视手册（2011年版）提供了关于监视站选址和站点查勘检查清单的一般和特殊考虑；
- b) ITU-R SM.2125报告描述了确定监视接收机和监视系统技术参数的测量步骤，

建议

将附件1中的方法用于计算最大允许场强，以保护无线电监视站。

附件1

为保护无线电监视站计算最大允许场强

1 引言

强的RF信号可能会降低一个监视站接收弱信号并对它们进行正确测量的能力。鉴于移动通信和其他无线电业务天线地址的数量正在增长，保护无线电监视站免受强RF信号的干扰特别重要。因为监视站经常是位于城区和暴露的地点，要确定适当的新站址并保护现有的站址变得越来越困难。

本附件描述了在无线电监视站周围建立保护区的步骤和计算。

2 总体考虑

无线电监视站保护标准的规范主要涉及技术方面的考虑和基于来自相邻发射电台的发射不可以在监视站引起任何干扰的原则。

尽管原理上有各种可能的干扰影响，例如边带发射，但最严重的影响是三阶交互调制产物，它可以在一个发射机中产生，造成虚假发射。因此，这是在本建议书中考虑的唯一影响。

假设对强信号具有一定的抗扰度，交互调制的发生直接取决于进入监视接收机中的输入功率。因此，要规定周围发射机可能在监视接收机处产生的最大接收机输入功率作为一个保护标准将会比较容易。但是，这种方式具有缺点，产生的保护距离将取决于监视接收机和天线的技术特性，而这对附近发射机的运营者是不知道的，而且对所有监视站点也不相等。此外，这将仅仅对当前的监视设备提供保护。一旦这在将来被改变，（例如，安装具有不同增益的天线），保护标准将变化，导致一个不同的保护区。

除了技术问题，财务和管理问题也有很高的重要性。为了减少管理费用，需要建立一个不复杂并且有效的控制程序。一个不复杂的程序对发射机运行者是更可接受的。

出于这些原因，统一保护标准的应用应该与监视站位置及其技术规范（测向器或可旋转天线、接收机类型、天线增益）无关。这导致定义一个必须不被超过的特殊场强作为保护标准的方式。因为可以容易地计算或测量一个发射机在监视站位置产生的场强，这也是对所涉及的其他方最显而易见的方式。

但是，最大场强是否确实在监视接收机处产生干扰的事实取决于以下参数：

- 接收机对于强信号的抗扰度；
- 接收机灵敏度；
- 外部噪声电平；
- 天线增益；
- 天线与接收机之间RF电缆的衰减；
- 干扰信号的带宽与频率。

因为这些参数可能会在一个广泛的范围内变化，所以一个确定的定义最大场强并不保证监视站在参数的所有可能组合情况下无干扰地运行。例如，一个非常敏感的接收机与一个高增益天线组合在一起将会导致一个最大场强是这样的低，以至于在整个国家都不能找到合适的监视地点。

以下程序提供了一个计算最大允许场强的一般方法。这个场强的结果值则将取决于对以上参数选择合理的和典型的数值。

3 确定最大允许场强

对最大允许场强的计算包括：

- 接收机对强信号的抗扰度（三阶）；
- 接收机灵敏度；
- 干扰信号的带宽和频率；
- 天线增益；
- 天线与接收机之间RF电缆的衰减；
- 外部噪声电平。

3.1 接收机对强信号的抗扰度

三阶交互调制产物的电平通常是从监视接收机的输入功率和三阶截点计算得出。最关键的组合是三个相同功率信号的交互调制。

按照ITU-R SM.1134-1建议书的表2，在我们的情况下，可以采用对IM3（1;1;1）（三个信号的情况）的公式计算交互调制产物的功率。

$$P_{IM3} = 3P_S - 2P_{IP3} + 6 \text{ dB} \quad (1)$$

其中：

P_{IM3} : 三阶交互调制产物IM3（1;1;1）功率（dBm）

P_S : 参与在交互调制中的每个单个信号的功率（dBm）

P_{IP3} : 接收机的三阶截点（IP3）（dBm）。

IP3数值可以取自接收机规范参数表。它是在三阶交互调制产物电平等于参与这个交互调制的强信号输入电平那一点处的输入信号功率。

3.2 接收机灵敏度

当一个弱信号的电平超过了一个接收机的内部噪声时，它就可以被这个接收机检测到。这是没有连接天线并且接收机工作于其最敏感模式（例如，无输入衰减）时所显示的电平。

通常采用下式计算一个接收机内部噪声的均方根（r.m.s.）值：

$$P_R = (f - 1)kt_0B_n = (f - 1)p_nB_n \quad (2)$$

其中：

f ：接收机的噪声因子

k ：玻尔兹曼常数

t_0 ：参考温度，取为290 K

B_n ：接收机的噪声带宽

$p_n = kt_0$ ：在1Hz带宽内的有效热噪声功率（W）。

在数据表中采用噪声指数 NF 来描述一个接收机的灵敏度。因此，等式(2)可以被写为如下。

$$P_R = (10^{\frac{NF}{10}} - 1)p_n B_n \quad (3)$$

此处 $NF = 10 \log(f)$ ：接收机噪声指数（dB）

写成dBm形式，接收机内部噪声的r.m.s.值变为：

$$P_R(\text{dBm}) = 10 \log(10^{\frac{NF}{10}} - 1) + 10 \log(B_n) - 174(\text{dBm}) \quad (4)$$

其中：

-174 dBm：在室温下1 Hz带宽内的有效热噪声功率

通常，一个接收机的测量带宽大约等于其噪声带宽。此外，典型监视接收机的噪声指数(NF)具有10 dB或者更大的数值。对此加以考虑，接收机内部噪声r.m.s.值的公式变得简单一些：

$$P_R(\text{dBm}) = P_n + NF + 10 \log(B) \quad (5)$$

其中：

P_n ：在室温下1 Hz带宽内的有效热噪声功率 (-174 dBm)

B ：测量带宽(Hz)。

噪声指数的数值可以取自接收机规范参数表。参数 P_R 也被称为“显示平均噪声电平”(DANL)。

3.3 接收机带宽

无论何时指明RF信号的电平时，也必须指明用来测量此电平的参考带宽。如果没有进一步的信息，通常将采用各个信号的总带宽来测量保护一个监视站的最大场强。

3.4 天线增益

为了将测量的输入电平变换到场强，重要的是要知道天线的特性以及天线与接收机之间RF电缆的衰减。天线增益将按照下式与天线因子相关联：

$$G_i = 20 \log(f) - k - 30 \text{ dB} \quad (6)$$

其中：

G_i ：在主瓣方向上的天线增益（dBi）

f ：频率（MHz）

k ：天线因子（dB/m）。

天线因子和RF电缆衰减可以被用来按照下式从天线接头处的电压计算场强：

$$E = U + k + \alpha_c \quad (7)$$

其中：

E ：电场强度（dB μ V/m）

U ：接收机输入处的电压（dB μ V）

α_c ：RF电缆的衰减（dB）。

天线因子和/或天线增益以及RF电缆衰减的数值可以取自天线和电缆规范参数表。

对50 Ohm的系统，RF功率和RF电压通过下式相关联

$$P(\text{dBm}) = U(\text{dB}\mu\text{V}) - 107 \text{ dB} \quad (8)$$

因此

$$E \left(\frac{\text{dB}\mu\text{V}}{\text{m}} \right) = P(\text{dBm}) + 20 \log(f(\text{MHz})) - G_i(\text{dB}) + \alpha_c(\text{dB}) + 77 \text{ dB} \quad (9)$$

3.5 外部噪声

在本文中的外部噪声是监视接收机从天线获得的所有无用发射的电平，无论是人为的还是自然的。对大约30 MHz以上的频率，主要分量是人为噪声（MMN）。但是大多数情况下，MMN的电平低于接收机噪声电平，特别是在郊区，并且因此可以在计算过程中被忽略。

但是，对低于30MHz的频率，监视装置的灵敏度是由外部噪声确定的，而不是接收机噪声。外部噪声的实际电平极大地取决于监视站的位置，甚至取决于一天中的时间。

此外，低于30 MHz信号的天波传播通常导致所接收的最强信号是无关的AM广播电台。尽管这些电台的接收电平可能会高到使监视性能被大幅度地降低，但是监视管理部门对这些信号的存在没有法律影响力。此外，它们出现在任何可能的监视地点。因此，对低于30 MHz的频率计算保护场强似乎是不切实际的。

以下计算仅仅对外部噪声不占主导的30 MHz以上频率有效。

3.6 计算处理

为了计算三阶交互调制产物（IM3）的功率，我们假设总共三个等功率和带宽的信号在接收机输入电路中相互作用。

来自三个信号的一个交互调制产物的带宽是信号带宽 B_s 的三倍。

当真实信号相互作用时（例如，DVB-T或LTE），要确定一个交互调制产物的带宽并不容易。通常，这些频谱没有明显的最小和最大值。因此，有可能假设这个交互调制产物的频谱是矩形的而不产生错误。

交互调制产物在带宽 B 中测量部分的功率 ΔP_{IM3} 可以采用下式计算：

$$\Delta P_{IM3}(\text{dBm}) = P_{IM3} + 10 \log \left(\frac{B}{3B_s} \right) \quad (10)$$

采用公式(1)，这项变为：

$$\Delta P_{IM3}(\text{dBm}) = 3P_s - 2P_{IP3} + 6 \text{ dB} + 10 \log \left(\frac{B}{3B_s} \right) = 3P_s - 2P_{IP3} + 6 \text{ dB} + 10 \log(B) - 10 \log(3B_s) \quad (11)$$

当电平 ΔP_{IM3} 超过接收机本底噪声时，由于IM产物造成的干扰开始可见：

$$\Delta P_{IM3} \geq P_R \quad (12)$$

可以采用公式(5)和(11)如下计算这种情形发生的“关键”点：

$$3P_s - 2P_{IP3} + 6 \text{ dB} + 10 \log(B) - 10 \log(3B_s) = NF + 10 \log(B) - 174 \text{ dBm} \quad (13)$$

$$P_s = \frac{2P_{IP3} + NF + 10 \log(B_s) + 10 \log(3) - 6 \text{ dB} - 174 \text{ dB}}{3} \quad (14)$$

$$P_s = \frac{2P_{IP3} + NF + 10 \log(B_s)}{3} - 58.4 \text{ dBm} \quad (15)$$

可以采用公式(9)如下计算对应于 P_s 的场强：

$$E_{max} \left(\frac{\text{dB}\mu\text{V}}{\text{m}} \right) = \frac{2P_{IP3}(\text{dBm}) + NF(\text{dB}) + 10 \log B_s(\text{Hz})}{3} + 20 \log(f)(\text{MHz}) - G_i(\text{dB}) + \alpha_c(\text{dB}) + 18.6 \text{ dB} \quad (16)$$

3.7 更多电台的干扰影响

公式(16)已经揭示了可能参与到可能交互调制产物之中的每个单个干扰发射机信号的最大允许场强。

如果以这个最大场强接收超过三个发射机，唯一的影响是额外的交互调制产物将出现在不同的频率上，但是每个交互调制产物的电平将不上升。因此，没有必要另外调整最大允许场强值。

4 典型参数值

为了从公式(16)得到最大允许场强的数字值，必须要选定接收机噪声指数、三阶截点、参考带宽和天线增益这些参数的现实数值。本节提供了如何选择这些数值的导则。

4.1 接收机噪声指数

监视接收机和频谱分析仪的噪声指数经常是在7至24 dB之间的范围中。通过采用外部低噪声放大器（LNA）可以将总的测量装置噪声指数改善到甚至低至1 dB，但对于一个固定监视站，这不是一个典型的配置。当在本建议书的内容中计算最大允许场强时，假设具有内置的前置放大器，建议采用大约10 dB的一个典型噪声指数。

4.2 IP3

监视接收机和频谱分析仪的IP3电平经常是在+10至+30 dBm之间的范围中。即使对根本没有预选的特定数字宽带接收机，可以将一个+15 dBm的数值视为典型值，而且欠佳的动态范围可能会有更低的IP3电平。

4.3 信号带宽

当测量弱信号时，采用最窄的可能测量带宽将可以达到最高的 S/N ，因为这将导致最低的可能DANL。但是，这仅仅对未调制的载波成立。例如，当测量数字信号时，较窄的测量带宽并不增加信噪比（ S/N ），并且因此将不增加测量灵敏度。此外，干扰一个测量的IM产物不是未调制的载波。它们具有比所涉及的强信号更宽的一个带宽，以至于当采用比信号带宽更窄的一个测量带宽时，它们干扰的潜在可能性并不增加。

因此建议，当计算最大场强来保护监视站时，应在各个频段中指定一个典型信号带宽。

4.4 天线增益

一个调谐双极天线具有2.15 dBi的增益。很多监视天线是全向的，并且没有更高的增益。此外，在测向器中使用的天线通常可以被视为具有双极增益。但是，很多监视站也装备了方向性天线。这些天线的增益将反过来降低允许场强。尽管如此，出于以下原因，仍建议在计算最大允许场强中假设一个双极天线：

- 考虑定向天线将导致一个允许场强依赖于监视设备，为了受益于透明、统一的场强极限而要避免它（见§ 2）；

- 此处考虑的交互调制产物总是涉及至少二个强信号。采用一个定向天线在其主瓣中的增益进行计算时，假设从相同方向接收所有强信号，它不总是现实的，而且过度估计了干扰的潜在可能性；
- 由于采用定向天线增加信号电平所引起的可能干扰将仅仅在一定方向上有效，而在所有其他方向上的场强以及因此而产生的干扰潜在可能性甚至低于采用全向天线。

应该注意，使用高增益方向性天线可能会因为场强电平高于假设全向天线时所计算的数值而导致在一定方向上的干扰影响。如果不能容忍这些影响，可以插入带阻滤波器或衰减器来防止错误测量。

4.5 RF电缆衰减

为将测得的输入电平转换为场强，重要的是不仅要知道天线的特性，还要知道天线与接收机之间RF电缆的衰减。请注意，随着电缆直径的增加，其高频和衰减都会降低。因此，对高工作频率要求最低的电缆将具有最小的衰减。因此，由于衰减较高，频率范围高于要求的电缆可能不是最佳选择。

一个现实的例子是，电台的高工作频率为6 GHz，天线与接收机之间的电缆长度为40米。截止频率为6 GHz的这一长度常见电缆的衰减为8 dB，而截止频率为12 GHz的相同电缆型号的衰减为12.8 dB。在950 MHz的GSM频段上，这些电缆的衰减将分别为2.8 dB和4.5 dB。

5 采用典型值计算的实例

本节提供了采用在§ 4中所建议的典型参数值进行计算的一个实例。请看公式(16)并考虑不同的参考带宽，很明显，得出的最大场强将是频率相关的。

例如，对大约950 MHz的GSM频率范围，公式(16)产生结果：

$$E_{max} \left(\frac{\text{dB}\mu\text{V}}{\text{m}} \right) = \frac{2 \cdot 15 \text{ dBm} + 10 \text{ dB} + 10 \log(250,000 \text{ Hz})}{3} + 20 \log(950 \text{ MHz}) - 2.15 \text{ dB} + 2.8 \text{ dB} + 18.6 \text{ dB} = 110.1 \text{ dB}\mu\text{V}/\text{m}$$