

## ITU-R SA.609-2 建议书\*

## 有人和无人操纵的近地\*\*科学卫星\*\*\*的无线电通信链路的保护准则

(1986-1992-2006)

## 范围

本建议书规定了成功地控制、指令和操作有人和无人操纵的近地科学卫星所需要的保护准则。

国际电联无线电通信全会，

考虑到

- a) 近地空间探索的无线电通信链路的限制干扰准则是由附件 1 中所分析的技术考虑来确定的；
- b) 根据以往的经验，预期有最多 100 或更多的有源的近地空间探索航天器可能会同时在轨道上；
- c) 有人和无人操纵的空间探索任务正在增加对近地空间的利用；
- d) 双向无线电通信对于许多近地任务是必需的，对有人操纵的任务是至关重要的；
- e) 地球站的典型工作噪声温度在 1-30 GHz 的频率范围内可以低到 70 K（等效于 - 210 dB（W/Hz））；
- f) 空间站的典型工作噪声温度在低于约 30 GHz 的频率范围内是接近 600 K（等效于 - 171 dB（W/kHz））；
- g) 典型的空间到地球或空间到空间链路的链路余量较小，典型值在 3 和 6 dB 之间；
- h) 在系统总噪声中由于干扰引起 1 dB 的增加被认为是有害的；
- j) 约 6 dB 的噪声对干扰比会导致系统总工作温度中 1 dB 的增加；
- k) 技术局限性可能会限制作为最小化干扰的一种手段的航天器功率的增加；
- l) 当频率是在空间探索业务中的近地航天器与其他业务中的站之间共享时预期会有困难，

---

\* 应提请无线电通信第1、4、6、8和9研究组注意本建议书。

\*\* 近地是指围绕地球向外延伸到 $2 \times 10^6$  km距离的空间。

\*\*\* 空间探索（深空）的保护准则可以在ITU-R SA.1157建议书找到。

## 建议

- 1 空间探索业务中地球站的保护准则（见附件 1）应该制订如下：
  - 1.1 对于 1-20 GHz 频率范围内的频带，在接收机输入端为 - 216 dB（W/Hz），对于 20-30 GHz 频率范围内的频带，为 - 156 dB（W/MHz）。对低于 1 GHz 的频率，允许的干扰可能会以每减小 10 倍频率 20 dB 的速率来增加；
  - 1.2 计算可能由大气和降雨影响导致的干扰，对于有人操纵任务应该基于 0.001% 时间的气象统计资料，对于无人操纵任务，为 0.1% 的时间<sup>1</sup>；
- 2 空间近地（见附件 1）探索空间站的保护准则应该制订如下：对于有人和无人操纵的航天器的 0.1% 的时间、对于 100 MHz-30 GHz 频率范围内的频带，在接收机的输入端为 - 177 dB（W/kHz）；
- 3 应该最大限度地完成在空间探索业务中近地航天器之间可行的频率共享；
- 4 应该注意到预期在空间探索业务中的近地航天器与其他业务中的一些特定类型的站之间频率共享中有潜在的困难；
- 5 应该注意到预期在空间探索业务中的近地与深空站之间频率共享中有困难。

## 附 件 1

## 与近地空间探索系统有关的保护准则

## 1 引言

适合空间探索的大部分频谱也被分配给了一个或多个其他业务，因此，业务之间的频率共享是必需的。此附件讨论了影响空间探索业务中系统对干扰的敏感性的因素，并且为最高到约 30 GHz 的频带中的业务规定了适当的保护准则。当无法获得实际的系统数据时，保护准则可用于干扰分析。

## 2 一般考虑

空间探索无线电通信需要四种类型的功能：遥控、维护遥测、存储式科学数据和实时科学数据。

---

<sup>1</sup> 对于脉冲传输的情况，在计算干扰电平被超过的时间百分比中，不应考虑发射机的占空比。

对于遥控功能，没有一条错误的指令会导致任务的完全失败及任何指令导致进入一个不能改变的状态，这是大多数科学航天器的基本设计原则。由于在诸如发射和注入程序这样的重要任务阶段或紧急情况下对航天器遥控系统通常有不可避免的严重依赖性，在这些重要阶段中的干扰可能会严重危及到任务的安全。

维护遥测可以被存储或实时地抽样和发射。除了重要阶段（如发射和注入程序，紧急情况，或人类居住者的生物医学数据的传输过程中）之外，维护遥测系统对中断和干扰是相当能容忍的。在重要阶段，读出过程当然必须是高可靠的。这些数据的诊断性用途使得这一点很清楚，即，在一次任务的重要时刻，可能会有维护遥测必须被保护不受有害干扰的长的期间（几小时）。然而，对于一次任务中的其他期间，这类功能可以适应有限的中断而没有严重的影响。

存储式科学数据通常能够被回放一次以上用于检错。这可能是最能容忍有限长持续时间的干扰的数据类型。

实时非存储式数据是最易受干扰影响，传输只发生一次并且是不可重复的。一个昂贵的航天器的大部分价值可能是由此类数据来体现的，因此，这类功能应该被较好地保护不被中断或恶化，这是势在必行的。通常，感兴趣的非存储式数据的接收时间是提前几小时就知道的。

许多空间探索系统采用PCM-PSK-PM调制技术及用于解调系统载波和子载波的锁相环电路。高数据率传输通常基于2-PSK或4-PSK调制。锁相环电路也使用在搜索、捕获和跟踪过程中，并且同时采用在地面和星载接收机中。

### 3 保护准则

在一条通信链路中，允许的干扰对系统噪声比可能由分配给外部干扰的那部分设计余量决定。在空间对空间和空间对地球的链路中，为了符合辐射限制及为了经济的利益，动机是使链路余量减到最小以节省重量和功率。对于工作在低于约10 GHz频率上的航天器，允许非理想条件的影响的典型的链路设计余量一般是在3 dB到6 dB的范围内。对于工作在高于约10 GHz频率上的航天器，通常要求有更大的链路余量以补偿气象条件的影响。

考虑到这些小的链路余量，如果链路门限性能减小了超过1 dB，干扰对于典型的的空间探索系统会是有害的。这对应于约6 dB的要求的系统噪声谱密度与干扰谱密度之比 ( $N/I$ )。

#### 3.1 参考带宽

必须规定保护电平的参考带宽决定于可能被采用的最小带宽。对于地球站接收机，在低于20 GHz的频带中，锁相环可能会采用几赫兹的带宽。对高于20 GHz的频带，基于4-PSK调制的高数据率传输被设想成具有1 MHz量级的带宽。由于需要快速、自动地捕获来自地球的信号，空间站上的检测带宽通常较大（1 kHz或更多）。

这样，空间探索接收机的参考带宽的推荐值为：

- 地球站接收机：1 Hz对低于20 GHz的频带  
1 MHz对高于20 GHz的频带
- 空间站接收机：1 kHz。

### 3.2 时间的参考百分比

当考虑对空间探索地球站的干扰时，有必要注意到，由于贯穿地平线的传播、变动的气象条件及干扰站与接收站之间链路上由于天线相对运动造成增益的变化等预料会有来自人为干扰源的偶发干扰。因此，制定的任何干扰准则必须足够严格以使发生这种干扰的可能性减到最小。

另外，由于传播数据通常以超过特定条件的百分比的形式出现，有必要把中断时间与传播数据关联起来。对于有人操纵的空间任务，在重要期间超过5分钟的无线电通信失败将严重地影响任务。然而，像两个站之间最短的传输失败将持续远比5分钟长的时间这样的传播条件是经常发生的。因此，为提供保护以防止出现每天超过5分钟的干扰，有必要不仅考虑到一年中的最劣小时，也要考虑到该小时中的最劣5分钟，近似为0.001%的时间。对于无人操纵的任务，生命安全不是一个考虑因素，时间的参考百分比是0.1%。

### 3.3 要求的保护电平

#### 3.3.1 地球站接收机

在1-30 GHz的区域内，接收地球站总噪声温度的典型值约为70 K或更大，与天线的贡献有关。天线的贡献是频率、天线仰角、现有气候条件和进入天线旁瓣与后瓣的地面及热辐射的一个函数。低于约1 GHz，宇宙噪声以每减少十倍频率约20 dB的速率增加系统的工作噪声温度。因此，根据§ 3中制定的所要求的6 dB的*N/I*率及70 K的接收噪声温度，下列准则对于保护地球站是最直接合适的。

在1-20 GHz的频率范围内，如果在任何单个频带内或1 Hz宽的所有频带集内，在接收机输入端的类似噪声的干扰的功率密度或连续波类型的干扰的总功率大于 - 216 dB (W/Hz) 的总时间超过下列值时就会发生有害干扰：对于有人操纵的任务，0.001%的时间，对于所有其他的近地空间探索任务，0.1%的时间。在20-30 GHz的频率范围内，上述准则必须被转换到1 MHz的参考带宽，这样就得到 - 156 dB (W/MHz)。对低于约1 GHz的频率，允许的干扰可能以每减小十倍频率20 dB的速率增加。这个干扰准则适用于§ 2中讨论的所有三种下行链路通信功能。

#### 3.3.2 空间站接收机

典型空间站接收机的总噪声温度一般是600 K或更大。这些水平一部分是由于航天器天线指向地球(290 K)的要求所造成的。根据所要求的6 dB的*N/I*，下列准则对于保护空间站是最直接合适的。

在100 MHz-30 GHz的频率范围内，如果在任何单个频带内或1 kHz宽的所有频带集内，在接收机输入端的类似噪声的干扰的功率密度或连续波类型的干扰的总功率大于 - 177 dB (W/kHz) 时就会发生有害干扰。

由于低轨道航天器的运动，它对这种干扰电平是易受影响的，对于有人和无人操纵的任务，暴露在这类干扰中的时间量限制在时间的0.1%。

---