

国 际 电 信 联 盟

ITU-R

国际电联无线电通信部门

ITU-R RA.1513-2 建议书
(03/2015)

**因划分给作为主要业务的射电天文业务频段
干扰所产生的劣化造成的射电天文观测
数据丢失程度和时间比例标准**

**RA 系列
射电天文**



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
2017年，日内瓦

© 国际电联 2017

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 RA.1513-2* 建议书

因划分给作为主要业务的射电天文业务频段
干扰所产生的劣化造成的射电天文观测
数据丢失程度和时间比例标准

(2001-2003-2015年)

范围

本建议书阐述了因划分给作为主要业务的射电天文业务频段干扰所产生的劣化造成的射电天文观测数据丢失程度和时间比例标准。本建议的研究涉及地面和空基应用的共用情况，另外亦有一节全面探讨因微弱、脉冲干扰造成的数据丢失的测量。

国际电联无线电通信全会，

考虑到

- a) 有关射电天文的研究严重依赖在极度灵敏和/或精确限值条件下进行观测的能力，且无线电频谱使用的增加提高了会给射电天文业务（RAS）造成有害干扰的可能性；
- b) 对彗星扫过、月食或超新星爆发等射电天文观测而言，其观测难度及低再现可能性要求高成功率；
- c) 鉴于对射电天文的干扰可能来自邻频、附近频段或相关谐波频段，因此多项业务或系统的干扰可能出现在任何一个射电天文频段；
- d) 为促进高效利用无线电频谱，可能有必要分摊负担；
- e) 缓解技术是负担分摊的组成部分之一，且目前正在为未来的实施开发更为先进的技术，以实现更加高效地使用频谱；
- f) ITU-R RA.769建议书给出了2 000秒积分情况下会给RAS造成有害干扰的门限电平（假设天线增益为0 dBi），但针对发射时间随机分布的业务并未确立可接受的时间比例，无论这些业务是与RAS共用频段还是其产生的无用发射会落在射电天文频段之内；
- g) 主管部门可能需要用于评估RAS与邻频、附近频段或相关谐波频段之间干扰的标准；
- h) 为判定射电天文站点与一系列移动地球站间的适当间距，现已制定了多种方法（例如蒙特卡罗法），且这些方法要求规定集总干扰功率超出RAS有害门限电平值的可接受时间比例；
- i) 共用方案研究和长期实践经验得出了单次观测时标因灵敏度劣化产生的可容忍的时间损失值，详情请参见附件1，

* 无线电通信第7研究组于2017年根据ITU-R第1号决议对此建议书进行了编辑性修正。

建议

- 1 针对干扰评估，在作为主要业务划分给RAS的任何频段内，为任何网络干扰造成的RAS集总数据丢失设置5%的标准，同时注意到还需就不同网络间的分配开展深入研究；
- 2 针对干扰评估，在作为主要业务划分给RAS的任何频段内，为任何网络干扰造成的RAS数据丢失设置2%的标准；
- 3 使用下述方式之一判定作为主要业务划分给RAS的频段内的数据丢失比例：(1) ITU-R S.1586建议书；(2) ITU-R M.1583建议书，或(3) 射电天文望远镜的平均pfd超过ITU-R RA.769建议书所确定电平情况下的2000秒内的积分比例（假设天线增益为0 dBi），以其中适用者为准；
- 4 在作为主要业务划分给RAS的任何频段内，使用附件1第3.3.2段阐述的标准，评估射电天文站点任何非GSO系统产生的无用发射。

附件 1

干扰造成的数据丢失

页码

1	引言	3
2	数据丢失和天空遮挡	4
3	共用情况	5
3.1	可变传播条件造成的干扰	6
3.1.1	地面应用	6
3.1.2	空基应用	6
3.2	带内共用，发射的时间和地点均可变	7
3.2.1	地面应用	7
3.2.2	空基应用	7
3.2.3	空基射电天文应用	7
3.3	射电天文频段收到的无用发射，传输随时间和/或到达方向而变化	7
3.3.1	地面应用	7
3.3.2	空基应用	7
3.4	测量因弱干扰或脉冲干扰造成的数据丢失	9

3.4.1	方法.....	10
3.4.2	常规脉冲的影响.....	11
3.4.3	长周期脉冲.....	12
3.4.4	缓解方法.....	12
3.4.5	快速脉冲和连续发射的对等物.....	12
3.4.6	摘要.....	13
4	结论.....	13

1 引言

所有无线电通信业务的一个重要参数为因干扰损失的时间比例。主管部门可能需要为射电天文操作与在同频、邻频、附近频段或相关谐波频段操作的有源业务共存设置量化标准。例如，ITU-R M.1316建议书使用蒙特卡罗法，通过干扰产生的时间丢失比例，计算缺省条件下在MSS（地对空）与射电天文台操作的电台之间的间隔距离。

表1列出了各类其它“科学”业务可容忍的集总时间损失的当前限值，供读者参考。

表 1

其它科学业务数据丢失集总时间比例标准的示例

卫星地球探测业务（EESS）（无源传感器）（%） （ITU-R SA.1029-2建议书）： - 3-D大气探测 - 所有其它传感器	0.01 1.0-5.0
卫星地球探测业务和卫星气象业务的指令与数据传输系统（%） （ITU-R SA.514-3建议书）	0.1-1.0
在对地静止轨道使用航天器的EES和MetSat业务（%） （ITU-R SA.1161-1建议书）	0.0025-0.1
空间操作系统 $S/N > 20$ dB的时间 $>99\%$ （%） （ITU-R SA.363-5建议书）	1.0

射电望远镜的设计旨在根据天文学家申请的观测计划时间表持续进行操作。作为一项规则，射电望远镜的使用采用竞争的方式，研究申请的数量经常会超出望远镜可用时间的2-3倍。几乎所有射电天文装置的运营均使用公共资金，且必须非常有效的使用。硬件或软件的维护或更新会损失部分观测时间，但却无法避免。一家主管部门使用主要设备的多年经验显

示，此类损失不得超过5%的时间，例如每周一天（8小时）。总体效率和操作成本的考虑显示，因干扰造成的额外集总时间损失应与之相似，将数值限制在5%。

为实现表1所示数值，独立业务的设计和操作控制应与上述限值相对应。出于谨慎，根据与实际划分情况相关的因素，例如频段共用和因其它业务无用发射造成的潜在干扰，仅允许独立系统使用部分干扰预算。

应当指出，集总数据丢失的概念目前尚不完善。包括ITU-R M.1316建议书介绍的各种仿真工具，使审查单个系统所产生干扰的案例成为可能。目前亦在制定其它用于单个系统的方法。当前，针对因多个系统造成的集总数据丢失，尚无类似工具。虑及多个系统特性的方法可能难以制定。其中特别难以处理的是在各类系统间分配集总丢失数据。还需对这些问题开展深入研究。

使用空间电台和大高度平台站的无线电业务的出现，要求重新评估保护RAS免受干扰的措施。与此类业务频率共用通常不太可能，但以下两项因素可能会使附近频段业务给RAS造成潜在的不良影响：

- a) 无用发射落入划分给RAS的频段；
- b) 相邻频段的强信号引发射电望远镜系统互调制及线性偏离。

目前假设卫星运营商将利用一切实际手段尽量减少无用发射，且射电天文学家将采用一切实用方法尽量降低邻频或附近频段信号的灵敏度。然而，在RAS邻频或附近频段操作系统时，应给予项目b)重点考虑。

2 数据丢失和天空遮挡

此建议书中提及的数据丢失，是指因受集总干扰污染而不得不放弃的数据，基于ITU-R RA.769建议书的假设，这些干扰来自超出ITU-R RA.769建议书所述电平的一个或多个干扰源。此处使用的术语“遮挡”是指干扰水平超出ITU-R RA.769建议书给定的有害干扰的天线方向。存在此类干扰的情况下，通常无法获取对前沿知识研究十分有益的数据。数据丢失可能是因为失去了部分观测频段、损失了部分观测时间或部分天空出现遮挡。所有这一切均可用损失有效观测时间来表述。

ITU-R RA.1031建议书称，许多射电天文测量均可在2%的时间内容忍共用业务产生超出ITU-R RA.769建议书所述门限值的干扰。应当注意，此类可容忍增强型测量误差的观测，包括太阳无线电耀斑巡视。射电天文中有意义的观测是指可带来新天文现象知识的观测，需对以前未曾研究的对象进行观测或使用更高精度对已知对象进行观测。两种情况均要求使用最高灵敏度进行观测。随着射电天文的成熟，由于干扰的存在精度受限的数据使用已出现了下降，天文学家删除存在干扰证据的数据已是惯例。因此，在任何可确定层面出现干扰会造成污染数据的丢失已成为一种即成事实。

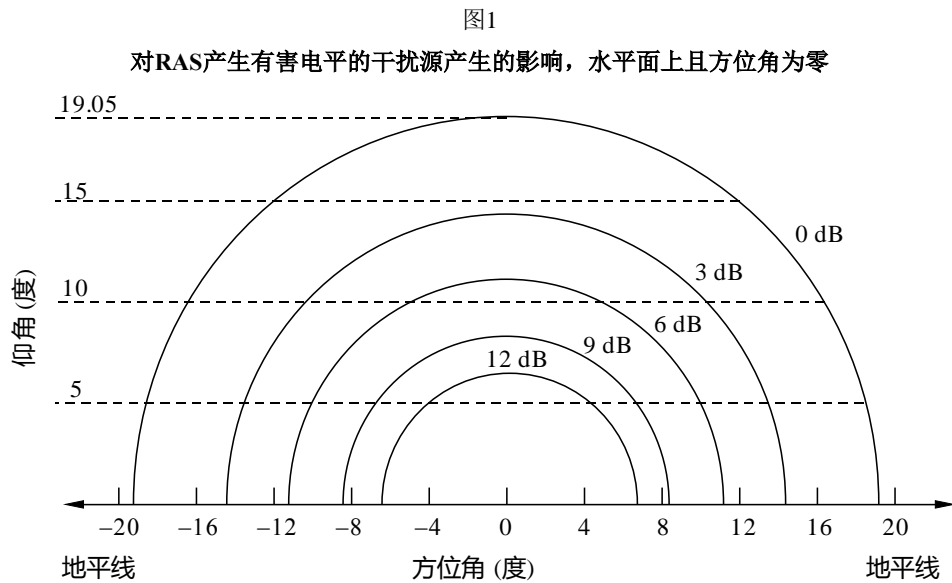
ITU-R SA.509建议书为2 GHz至30 GHz左右大型天线定义的方向图的0 dBi等值线，半径为 19° 。如果射电望远镜在发射机方向的指向低于 19° ，则在射电天文频段产生的ITU-R RA.769建议书定义的有害电平，会造成干扰。在天空 19° 角半径的区域内，这将有效遮挡射电天文观测。部分天空遮挡是指上文所述天空遮挡（水平面以上）与可视半球立体角之比。

图1展示了在方位角标度原点水平线上，一台假设发射机产生的影响，该发射机刚好可能满足ITU-R RA.769建议书对射电天文台的频谱pfd电平要求。图中等值线显示的分贝数为，作为射电天文天线指向角的函数，发射机接收到的功率超出给射电天文造成危害水平的情况。射电天文天线旁瓣收到的增益大于0 dBi的发射，会造成有害干扰。表2展示了天线指向角仰角大于 5° 时，收到此类有害干扰天空的比例。鉴于射电天文天线很少指向 5° 以下，因此这是可以考虑的最低仰角。对于仰角在 19° 以上（例如空载或航天发射机）且射电天文台的频谱pfd刚好满足ITU-R RA.769建议书所述电平的干扰源，在有用的灵敏度电平下，以干扰源为圆心半径为 19° 的圆形天空内射电天文观测受到遮挡。此区域面向的立体角为0.344 sr，占地平面以上天空 2π sr数值的5.5%。

在非静止环境内应用天空遮挡概念（例如非GSO卫星系统或移动业务）尚需进一步研究。

3 共用情况

在评估干扰时，区分地面（特别是在无视距（LoS）路径的情况下）与受影响射电望远镜视距范围内航空器、大高度平台和空基发射机的发射十分有用。有关观测时间损失的比例，应当对因可变传播条件造成的远距离发射机干扰（即超出人类控制范围）与有源应用产生的干扰加以区分，在有源应用中功率电平和射电望远镜的到达角基本处于随机状态（参见第3.1段）。



曲线显示的分贝数是射电天文接收机收到的干扰超出射电天文天线不同指向角有害电平的情况。请注意射电天文的观测通常使用上倾 5° 以上的指向角。

表2

作为射电望远镜指向仰角的函数，就图1中干扰源而言，
因超出有害水平的干扰而造成无法实施
敏感观测的天空所占比例

最小仰角 (度)	遮挡 (%)
5	2.0
10	1.3
15	0.6
20	0

3.1 可变传播条件造成的干扰

3.1.1 地面应用

在时变传播条件造成干扰信号强度发生变化的情况下，必须为传播的计算规定时间比例。ITU-R RA.1031建议书给出了2%这一数字。但是，这并不能顺理成章地导致射电天文观测2%的数据丢失。传播条件偶尔会发生变化，通常是在几天之内。因此应当指出，在几周时间内，数据受干扰污染的时间可能只有几天。这些影响主要出现在波长较长的情况下，即波长低于1 GHz。可通过动态调整射电天文观测的时间安排，缩短数据丢失的时段。

3.1.2 空基应用

在视距条件下不用考虑时变性的对流层传播条件。

3.2 带内共用，发射的时间和地点均可变

3.2.1 地面应用

为实现射电望远镜使用效率的最大化，应避免其它频谱用户的干扰造成观测时间损失。但是，一些小的损失无法避免。例如MSS移动（地球）站产生的无用发射。此类系统可接受的实际数据丢失水平为2%。ITU-R M.1316建议书提供了RAS与MSS（地对空）协调的示例。此建议书使用蒙特卡罗法，计算缺省条件下在MSS（地对空）与射电天文台操作的电台之间的间隔距离。

3.2.2 空基应用

在RAS拥有主要划分的频段与卫星下行链路共用不可能实现。

3.2.3 空基射电天文应用

空基射电天文要求对应用开展适当的单独分析。

3.3 射电天文频段收到的无用发射，传输随时间和/或到达方向而变化

3.3.1 地面应用

通常认为地面应用与射电天文间的时间共用在操作上并不可行。射电望远镜所在地使用发射机滤波和地理间隔，将射电天文频段的无用发射电平抑制到ITU-R RA.769建议书所述门限值以下。当射电天文波束指向地面源的角度近于 19° 时，存在干扰的可能（见图1）。ITU-R RA.769建议书中的电平值是基于干扰源位于各向同性等值线的假设。如图1所示，水平线上的地面源（仰角= 0° ）对水平指向在 5° 范围以内的望远镜，最多可给2%的可视半球造成有害干扰。但作为一项规则，射电望远镜总观测时间中只有一部分的水平指向在 5° 范围以内。有些干扰源已知且可避开。实际上，针对一个干扰系统，最高可容忍2%的数据丢失。应当注意，当射电望远镜指向很低的仰角时，系统噪声的上升会降低灵敏度。ITU-R RA.769建议书并未考虑到这一点，因为通常为 5° - 10° 的仰角限值使灵敏度下降的时间很短。

ITU-R M.1316建议书阐述的方法亦可用于评估地面无用发射给射电天文频段造成的影响。

3.3.2 空基应用

ITU-R RA.769建议书涵盖了如何在存在GSO卫星的情况下保护射电天文业务。

为解决非GSO星座与RAS站点间兼容性的问题，ITU-R起草了两份建议书：

ITU-R S.1586建议书 – 计算射电天文站非对地静止卫星固定业务系统产生的无用发射。

ITU-R M.1583建议书 – 非对地静止卫星移动业务或卫星无线电导航业务系统与射电天文望远镜站址之间干扰的计算。

这些建议书提供了一种方法，用于评估非GSO星座以及射电天文站部分其它系统在启用前产生的无用发射电平。特别是这些建议书为回应第739号决议（WRC-07，修订版）做出决议1和2，为在建设阶段和卫星系统的发射之前判定射电天文与卫星系统的兼容性提供了方法。

此方法的第一步是将天空划分为小区。首先，针对RAS天线的指向做出随机选择，该指向将落入天空中的某一特定小区。接下来，随机选择星座的启动时间。然后，使用下述公式为选定的指向和星座启动时间计算与此测试相对应的平均epfd，用以判定与各时间抽样相对应的epfd：

$$epfd_{G_r = 0\text{dBi}} = 10 \log_{10} \left[\sum_{i=1}^{N_a} 10^{\frac{P_i}{10}} \cdot \frac{G_t(\theta_i)}{4\pi d_i^2} \cdot G_r(\phi_i) \right] \quad (1)$$

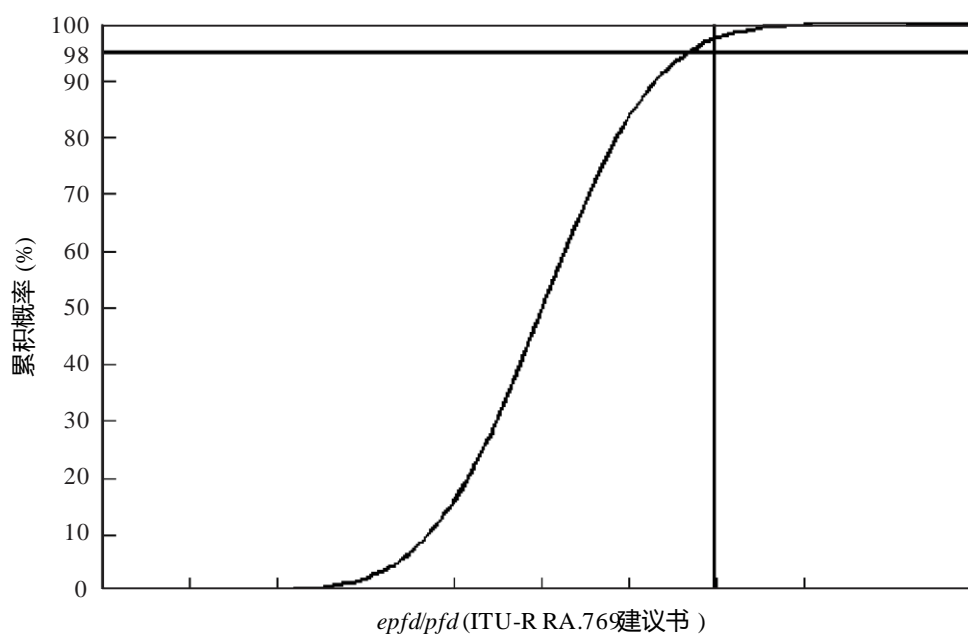
式中：

- N_a ：从射电天文望远镜可见的非GSO空间电台的数量；
- i ：所考虑的非GSO空间电台的指数；
- P_i ：在参考带宽的非GSO系统中考虑的发射空间电台的天线输入处的无用发射RF功率（dBW）（或在使用有源天线的情况下的RF发射功率）；
- θ_i ：在所考虑的非GSO系统发射空间电台的波束中心和射电天文望远镜方向之间的离轴角（度）；
- $G_t(\theta_i)$ ：在射电天文望远镜方向的非GSO系统中考虑的空间电台的发射天线增益（作为一种比例）；
- d_i ：在射电天文望远镜和非GSO系统中考虑的发射台站之间的距离（米）；
- ϕ_i ：在射电天文望远镜指向和非GSO系统中的发射空间电台指向之间的离轴角（度）。；
- $G_r(\phi_i)$ ：射电天文望远镜指向非GSO系统中考虑的发射空间电台方面的接收天线增益（比）。

针对各个小区，均确定了epfd的统计分布。接下来可将这些epfd分布与ITU-R RA.769建议书中给出的pfd电平（定义假设在干扰方向上接收天线增益为0 dBi，且积分时间为2 000秒）加以对比，这样便可为各已定义的小区判定上述标准得到满足的测试所占比例。

图2

ITU-R RA.769建议书给出的pfd电平与某小区给定的epfd分布的对比



RA.1513-02

依据ITU-R RA.769建议书所述射电天文有害干扰pfd门限值电平，可通以下公式在考虑到计算中假设的最大射电天文天线增益 G_{max} 的情况下，推导得出epfd门限电平：

$$epfd_{threshold} = pfd_{RA.769} - G_{max}$$

在天空中，针对仰角大于射电望远镜最低操作仰角的情况，上文定义的epfd门限电平被超出的时间不应大于2%。

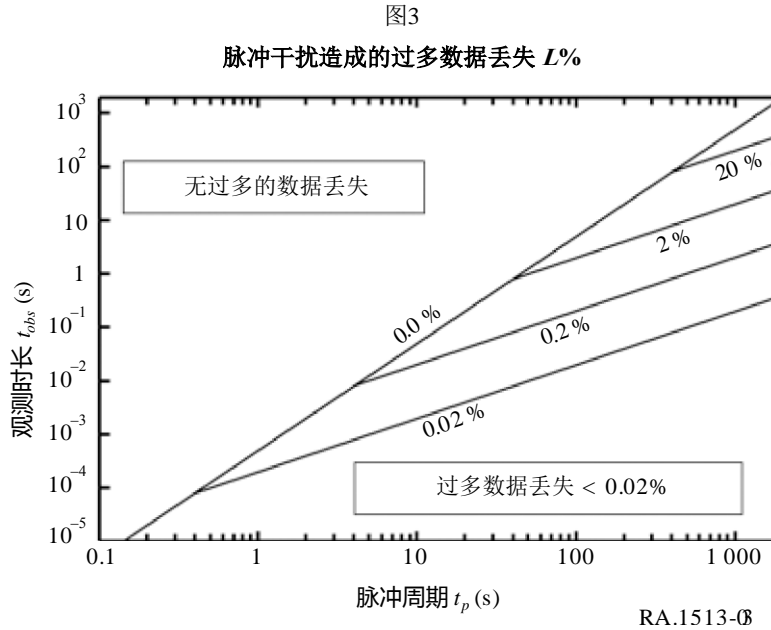
此方法最初是为非GSO卫星系统开发，但其亦可用于空载系统，例如航空MSS。

3.4 测量因弱干扰或脉冲干扰造成的数据丢失

本节阐述了如何测量脉冲干扰造成的过多数据丢失，此类干扰可满足ITU-R RA.769建议书规定的2 000秒平均有害谱线门限电平。这属于弱干扰的情况。脉冲和连续信号的干扰行为存在巨大差异。等于或低于ITU-R RA.769建议书针对2 000秒积分阐述的有害电平门限值的，连续且不随时间变化的干扰对时间较短的观测无害，因为干扰噪声比在长积分中最大。但对时变信号而言并非总是如此。我们在此定义了脉冲信号可满足2 000秒积分所提供门限电平的情况，但同时仍在较短的观测中造成了部分过多的数据丢失。

对于周期性干扰，过多数据丢失的测量取决于两个时标，即干扰脉冲的周期 t_p 和天文数据取平均数的观测间隔 t_{obs} ，由两者形成一次单独的测量。通常会维持几秒的 t_{obs} 的判定需要技术和科学理由。当 t_{obs} 大于0.8秒时，过多的数据丢失可能 $> 2\%$ ，但前提是干扰脉冲周期长于40秒，其计算如下文所示。

数据丢失测量的总结请见图3。



如图3所示，过多的数据丢失仅与脉冲周期和观测时长的组合相关。当预测中包含的信号强度在整个观测长度期间的平均值大于系统噪声的1/10时，则认为观测丢失。我们发现过多数据丢失的最大值小于每2 000秒一个脉冲周期的长度。因此，雷达和其它短期脉冲信号不会产生明显的过多数据丢失。

3.4.1 方法

请读者考虑ITU-R RA.769建议书中阐述的，在2 000秒时间内，周期性脉冲可能产生的造成数据丢失的有害门限电平。很明显，与时间恒定的干扰情况不同，观测的属性决定了其时间会短于2 000秒（例如，脉冲星是一种时标远短于2 000秒的定期发射源）且在某些情况下会出现数据丢失，因为干扰脉冲能量可能集中于一个或少数几个短期观测过程中。

例如，每2 000秒有一个单一干扰脉冲将落入1 000秒一段的两段观测之内。干噪比已不再是ITU-R RA.769建议书规定的1/10，而是在一段观测内时间为 $\sqrt{2}/10$ ，另一段观测时间内为0。这便产生了50%的过多数据丢失（鉴于受影响观测中的平均干扰强度为2倍，因此因子为 $\sqrt{2}$ ，但较短观测的rms噪声仅高出 $\sqrt{2}$ 。）如下文所示，此示例展示了最不可能出现的过多数据丢失的情况。

通过下述内容推导出过多数据丢失值：

设：

t_{obs} 为以秒为单位的观测长度，

t_p 为以秒为单位的脉冲周期，

N_{obs} 为每2 000秒的观测数量= $2\,000/t_{obs}$ ，

N_p 为每2 000秒的脉冲数量= $2\,000/t_p$ ，

P 为观测时间间隔 t_{ob} 内的平均脉冲功率，

P_{sys} 为2 000秒内平均的无干扰系统噪声功率，

L 为以秒为单位的过多数据丢失，
 $L\%$ 为过多数据丢失的占比。

脉冲流提供的能量应 \leq 无干扰系统能量的1/10（参见ITU-R RA.769建议书），因此：

$$N_p P t_{obs} \leq (2000 P_{sys}) / 10 \quad (2)$$

现将 P 设为如下参数：

$$P = (a P_{sys}/10) \sqrt{(2000/t_{obs})} \quad (3)$$

因而脉冲平均功率便成为在时间间隔 t_{obs} 内超出RFI有害门限值的因子。

从公式（2）和（3）中便可推导出2 000秒内规则脉冲的上沿：

$$N_{p,max} = (1/a) \sqrt{(2000/t_{obs})} \quad (4)$$

以及与之相应的最短允许脉冲周期：

$$t_{p,min} = a \sqrt{(2000 t_{obs})} \quad (5)$$

这显示出干扰脉冲周期必须超过观测长度和2 000秒的几何平均值，才能在较短观测中造成过多数据丢失，同时还能满足ITU-R RA.769建议书规定的2 000秒内 $a = 1$ 这一有害干扰限值。例如，2 000秒内当 $t_{obs} = 20$ 秒时恰有100次观测，其中（5）保证 $t_{p,min} = 200$ 秒。鉴于 $t_{p,min}$ 是可满足 $a = 1$ 要求的最长周期，100段时长20秒的观测区间内（最多9段）能够所造成数据丢失的不会多于10个脉冲。

因此数据丢失为：

$$L = N_p t_{obs} \text{ 单位为秒} \quad (6)$$

且数据丢失的比例为：

$$L\% = 100 L/2000 \quad (7)$$

从公式（5）和（6）可推导出：

$$L \text{（上限）} = t_{p,min} \text{单位为秒，且} \quad (8)$$

$$L\% \text{（上限）} = 100 (t_{p,min}/2000) \quad (9)$$

可明确看出此短周期脉冲信号（ $t_p < 40$ s）不能造成超过2%限值的过多数据丢失。

针对0、0.02、0.2、2和20%的过多数据丢失， t_{obs} 、 t_p 和 $L\%$ 之间的关系请参见图3。

3.4.2 常规脉冲的影响

强度恒定的周期性干扰脉冲是过多数据丢失中的最差情况。时间间隔不固定或强度存在变化的脉冲最多会引发相同水平的数据丢失，同样在 $a = 1$ 的要求中，其平均值在2 000秒后不会超过有害门限电平。部分情况下，在单一观测中可能会出现一个以上的干扰脉冲，但这些干扰不会造成丢失观测总量的增加，因为一个脉冲便可产生这种后果。

与此类似，强度不同的干扰脉冲可能会减少丢失观测的数量。这种情况出现在脉冲远低于平均值，而不会超过有害电平条件下。因此两种情况造成的丢失均大于周期性强度恒定的脉冲。

3.4.3 长周期脉冲

会造成有大量过多数据丢失的唯一一种干扰脉冲周期是长度达十至几百秒的长周期。此类脉冲串在商用方式中很罕见，尽管‘按键通话’应用可能拥有与此类速率相近的非定期间隔发射。

长脉冲周期限制的原因请参见如下示例。从公式(5)中可看出，引发过多数据丢失的脉冲周期必须大于2 000秒观测长度的几何平均值。例如，在2 000秒内有一百个20秒的积分。因此，20秒的单一脉冲平均值可以是2 000秒有害门限电平的100倍，通过平均算法降至该电平后会引发1%的过多数据丢失。此过高功率的下降因子可为 $\sqrt{100}=10$ ，且在降至20秒有害电平之前最多分布在10个脉冲之上。这样得出的最小脉冲周期为200秒。

3.4.4 缓解方法

一秒或更长时间的积分间隔内全向天线易于分辨的干扰已展示出，2 000秒的平均功率将超过有害的门限电平值，请参见下文。

小于等于有害门限电平的信号($a \leq 1$)，在数据丢失2%的情况下，最大脉冲强度为每2 000秒一次单脉冲，即40秒内低于平均噪声1.5 dB。对于数据丢失2%的情况，每50秒会破坏一个40秒的积分。40秒平均噪声高于2 000秒噪声 $\sqrt{50}$ (8.5 dB)，且脉冲可能比该水平高出50倍(17 dB)。此差值为8.5 dB。此情况仍比40秒内平均噪声低 $\sqrt{2}$ ，因此在正常观测中无法检测到。仅非常短(毫秒)的观测可实现有意义的脉冲检测，噪声水平为5西格玛或更高。

在各种情况下，检测脉冲干扰要求在干扰方向有天线增益，且该增益远高于全向增益，或在很短的脉冲中有很高的时间分辨率。作为一种必然的结果，即便不会出现更多干扰，积分为几秒的全向天线可视干扰在2 000秒时长内的平均值必定会超过有害限值。

本节的讨论假设并未尝试将数据获取率与脉冲周期同步。但如果采用这种方案，则定期脉冲信号可提供极为强大的缓解方法。从脉冲星检测工作中可明显看出，干噪比的改善与脉冲宽度和脉冲周期比的平方根成正比，典型情况是10至20 dB的雷达。

3.4.5 快速脉冲和连续发射的对等物

雷达等快速脉冲可作为连接干扰处理，其强度与平均脉冲强度相当。尤其是未超出ITU-R RA.769建议书的2 000秒设置的限值的脉冲干扰，可低于为较短积分计算的有害限值。例如，周期为20秒的脉冲信号比每20秒的积分噪声低15 dB的情况。2 000秒后的噪声强度将只有十分之一。因此每20秒积分内的这一无害信号，在2 000秒结束后将高于有害电平5 dB。

换言之，脉冲信号的表现与连续信号相同。仅当脉冲周期长于积分时间与2 000秒的几何平均值时会在短积分内造成过多数据丢失，而在2 000秒积分内脉冲干扰不会超过ITU-R RA.769建议书规定的有害干扰门限值。

3.4.6 摘要

假设2 000秒的观测时间内脉冲干扰不会超过ITU-R RA.769建议书规定的有害干扰门限值，则有关计算将得出如下结论：

- 1) 周期短于40秒的雷达和其它脉冲辐射，其平均值若低于ITU-R RA.769建议书规定的有害干扰电平，则不会出现数据过多数据丢失 > 2%的情况。
- 2) 对于长度为40秒的观测测量，过多数据丢失 > 2%时的最差脉冲强度比系统噪声低 1.5 dB，且仅针对极少出现的脉冲（2 000秒中的1秒），在没有实施缓解的情况下，同步数据会在常规脉冲中使用反相关算法。
- 3) 非周期性和/或可变强度的干扰将造成小于等于恒定强度周期脉冲所引起的数据丢失。

4 结论

因对RAS造成干扰引发的集总数据丢失的实用标准，对所有干扰源而言均应为相应时间的5%。多个重叠干扰源的存在是应当要考虑到一个实际问题。需要对不同网络间集总干扰的分配开展进一步的研究。

任何系统的数据丢失均应远低于5%。为遵守此要求，对各系统而言2%是一个实用限值。
