

国 际 电 信 联 盟

ITU-R
国际电联无线电通信部门

ITU-R M.1905-1 建议书
(09/2019)

**在1 164-1 215 MHz频段内运行的卫星
无线电导航业务(空对地)接收地球站
的特性和保护标准**

M 系列
**移动、无线电测定、业余
和相关卫星业务**

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/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、无线电测定、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
2020年，日内瓦

© 国际电联 2020

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 M.1905-1 建议书

**在1 164-1 215 MHz频段内运行的
卫星无线电导航业务（空对地）接收地球站的特性和保护标准**

(ITU-R 217-2/4和ITU-R 288/4号研究课题)

(2012-2019年)

范围

本建议书提出了在1 164-1 215 MHz频段内运行的卫星无线电导航业务（RNSS）接收地球站的特性和保护标准。此信息拟用于分析来自卫星无线电导航业务以外无线电干扰源的射频干扰对在1 164-1 215 MHz频段内运行的卫星无线电导航业务（空对地）接收机的影响。

关键字

RNSS、保护标准、射频干扰影响

缩略语/词汇

AWGN	加性高斯白噪声
PDC	脉冲占空比
PNT	位置、导航和时间
PRF	脉冲重复频率
RHCP	右旋极化
SQPN	交错四相伪随机噪声
SQPSK	交错四相相移键控
SSC	频谱分离系数

相关的国际电联建议书、报告

ITU-R M.1318-1建议书	卫星无线电导航业务以外其它无线电系统对1 164-1 215 MHz、1 215-1 300MHz、1 559-1 610 MHz和5 010-5 030 MHz频带的卫星导航业务系统和网络带来持续干扰的评估模型
ITU-R M.1787-3建议书	关于在1164-1215 MHz、1215-1300 MHz和1559-1610 MHz频段运行的卫星无线电导航业务（空对地和空对空）系统和网络及发射空间电台技术特性的说明
ITU-R M.1901-1建议书	与1 164-1 215 MHz、1 215-1 300 MHz、1 559-1 610 MHz、5 000-5 010 MHz和5 010-5 030 MHz频段内运行的卫星无线电导航业务系统和网络有关的ITU-R建议书指南

ITU-R M.1902-0建议书	在1 215-1 300 MHz频段内运行的卫星无线电导航业务（空对地）接收地球站的特性和保护标准
ITU-R M.1903-0建议书	在1 559-1 610 MHz频段内操作的卫星无线电导航业务（空对地）的接收地球站和航空无线电导航业务的接收站的特点和保护标准
ITU-R M.1904-0建议书	在1 164-1 215 MHz、1 215-1 300 MHz和1 559-1 610 MHz频段内运行的卫星无线电导航业务（空对空）接收电台的特性、性能要求和保护标准
ITU-R M.1906-1建议书	在5 000-5 010 MHz频段内运行的卫星无线电导航业务（地对空）接收空间电台的特性和保护标准及发射地球站的特性
ITU-R M.2030-1建议书	非卫星无线电导航业务的相关无线电源对1 164-1 215 MHz、1 215-1 300 MHz 和1 559-1 610 MHz频段内卫星无线电导航业务系统和网络造成脉冲干扰的评估方法

国际电联无线电通信全会，

考虑到

- a) 卫星无线电导航业务（RNSS）的系统和网络在全球范围内为许多定位、导航和定时应用提供准确信息，包括某些频段的安全性能以及在某些环境和应用情况下的安全性能；
- b) 卫星无线电导航业务有若干正在运行和规划中的系统和网络；
- c) 卫星无线电导航业务的系统和网络及其保护标准可能因频段和应用不同而有所不同；
- d) 正在研究或计划研究卫星无线电导航业务以外的其他无线电干扰源对卫星无线电导航业务的系统和网络的影响；
- e) 用于或规划用于1 164-1 215 MHz频段的航空和非航空卫星无线电导航业务应用数量很大；

注意到

- a) ITU-R M.1787建议书提供了卫星无线电导航业务的系统和网络的技术说明以及在1 164-1 215 MHz、1 215-1 300 MHz和1 559 1 610 MHz频段内运行的发射空间电台的技术特性；
- b) ITU-R M.1904建议书提供了在1 164-1 215 MHz、1 215-1 300 MHz和1 559-1 610 MHz频段内运行的卫星无线电导航业务（空对空）接收空间电台的技术特性和保护标准；
- c) ITU-R M.1901建议书对本建议书和其他与在1 164-1 215 MHz、1 215-1 300 MHz、1 559-1 610 MHz、5 000-5 010 MHz和5 010-5 030 MHz频段内运行的卫星无线电导航业务的系统和网络相关的ITU-R建议书提供指导，

认识到

- a) 1 164-1 215 MHz频段在所有三个区域内划分给作为主要业务的卫星无线电导航业务（空对地和空对空）；
- b) 1 164-1 215 MHz频段在所有三个区域内亦划分给作为主要业务的航空无线电导航业务（ARNS）；
- c) 《无线电规则》（RR）第5.328A款规定，“1 164-1 215 MHz频段的卫星无线电导航业务电台应根据第609号决议（WRC-07，修订版）的规定运行，且不得寻求960-1 215 MHz频段内航空无线电导航业务电台的保护。《无线电规则》第5.43A款不适用。第21.18款的规定适用”，

建议

- 1 应采用附件2中给出的接收地球站特性和保护标准对在1 164-1 215 MHz频段内运行的卫星无线电导航业务（空对地）接收机受到的卫星无线电导航业务以外无线电干扰源的干扰影响进行性能分析；
- 2 如附件1所讨论的，在进行干扰分析时应采用一个安全余量，防止卫星无线电导航业务出现安全问题并保护其应用；
- 3 以下注应该被视为本建议书的一部分。

注 – 如附件1第3.2节中讨论的，6 dB航空安全余量是为1 164-1 215 MHz频段内卫星无线电导航业务的某种特定航空无线电导航应用提出的，并未打算用于非航空应用。如欲确定卫星无线电导航业务非航空安全应用的安全余量水平，须以进一步的研究为基础。

附件1

RNSS中的安全应用余量

1 引言

在国际电联和国际民航组织中，为确保无线电导航业务的安全方面受到保护而保留一部分干扰链路预算作为余量有一个很长的历史。这些余量值通常处于6到10 dB的范围，或者更多。此外，在国际电联中有丰富的用于无线电导航安全应用的安全余量的先例，例如：

“不管无线电频谱规划者的初衷如何，毫无疑问，对额外分配给各种无线电通信业务的无线电频谱的压力会导致航空保护标准被有效地视为非航空共享标准。其结果是，一个安全业务必须采取可观的预防措施，以确保共享相同无线电频段的任何无线电业务被有效地限制在所有可能环境下预留适当的余量，使得集总有害干扰绝不会超过所要求的保护标准。”¹

¹ 这段文字摘自原ITU-R M.1477建议书（2000年，日内瓦）的附件5。

同样，ITU-R M.1318-1建议书在其附件中包括了一个用于估算来自RNSS以外无线电干扰源对RNSS接收机干扰的模型。该模型包括一个被称为‘保护余量(dB)’的因子。其描述规定，它将被用于“确保《无线电规则》第4.10款规定的保护”。

2 安全余量的目的

为了应对由于真实、但不能量化的射频干扰所造成生命损失的风险，一个安全余量（还可以被称为一个公共安全因素）对生命安全应是用非常重要的。为了支持生命安全应用，必须考虑所有干扰源。

3 安全余量在航空无线电导航中的应用

3.1 航空无线电导航安全余量背景

在导航系统中采用安全余量已被充分确立。ICAO为微波着陆系统（MLS）规定了一个6 dB的安全余量（ICAO公约附件10：国际标准及建议实践航空电信第1卷 – 无线电导航设备（附件G，表G-2））。仪表着陆系统（ILS）采用了一个8 dB的安全余量（见ITU-R SM.1009-1建议书，附件2的附录3）。在每种情况中，余量是根据导航系统载波功率而定的。即，要测量这些系统的系统性能，期望的信号功率被从规定水平减去安全余量，然后测量该系统能否在存在干扰的情况下提供所要求的性能。换言之，制造商必须将设备设计成在接收一个低于（减去安全余量）其他情况下将会接收到的所需信号电平的同时，要应对最高预期干扰电平。

此方式在采用全球卫星导航系统（GNSS）²时不可行，因为接收到的GNSS卫星功率非常低且相对受限，因此GNSS接收机工作在一个有限的信号动态范围之中。对GNSS接收机，主要的接收信号质量度量是 $C/N_{0,EFF}$ 比，恢复载波功率 C 与有效噪声 + 干扰功率频谱密度 $N_{0,EFF}$ 之比。GNSS接收机必须能够工作于接近最小 $C/N_{0,EFF}$ 值，例如，诸如检测字误差率或载波相位误差这样的重要性能参数随着由干扰引起的 $C/N_{0,EFF}$ 的微小减少而迅速上升的一个区域。

3.2 在1 164-1 215 MHz频段内GNSS的安全余量方式

如同MLS和ILS，GNSS的方式是定义一个接收机必须能够接受且仍满足性能规范的非航空射频干扰（RFI）³的水平。对GNSS，接收机RFI测试极限（即，设计门限）超过最大允许环境集总干扰电平一个安全余量。特别是，如果GNSS的集总连续干扰测试极限为 $J_{agg,max}$ (dBW)，且采用一个安全余量 M (dB)，则最大安全环境集总连续RFI $J_{safe,max}$ (dBW)为：

$$J_{safe,max} = J_{agg,max} - M$$

如同1 559-1 610 MHz频段内的GNSS（见ITU-R M.1903建议书，附件1），必要的安全余量 M (dB)为6 dB。

² GNSS指全球卫星导航系统，一个提供受ICAO认可的卫星航空无线电导航信号的RNSS系统。

³ 非航空干扰指来自测距设备（DME）、战术空中导航系统（TACAN）和安装在配备了GNSS接收机的飞行器上的设备以外的源的干扰。

附件2

在1 164-1 215 MHz频段内运行的RNSS（空对地） 接收地球站的技术特性和保护标准

1 引言

在功能和性能上不同的多种分类的接收机很可能采用在此频段内的RNSS卫星信号。此附件中的表1提供了多种RNSS接收机的特性和保护标准，包括代表空中导航接收机的两种类型。一种空中导航接收机类型也采用一个在与RNSS信号相同载波中心频率上传输的SBAS⁴信号。所列举的其他类型包括高精度（例如，测量）、室内定位及通用RNSS接收机。RNSS和SBAS信号的更多细节包括在ITU-R M.1787建议书中。随着RNSS持续发展，采用对RFI具有更强敏感性接收机的RNSS应用将投入使用，就要求本建议书更新来将它们考虑进去。

2 接收机类型和应用描述

本节描述了多个当前和预期的RNSS接收机的类型。

2.1 空中导航接收机

空中导航分类代表了多种RNSS接收机。这些接收机代表了工作在所有飞行阶段的高完整性且具有特定措施来消除脉冲干扰的机载接收机。在表1中列出了两种RNSS接收机的特性和保护标准。1号空中导航接收机采用CDMA RNSS和SBAS信号⁵。1号空中导航接收机的干扰门限代表了接收机中使用的RNSS和SBAS信号组的最低可用极限（见表1，第1列）。

2号空中导航接收机能采用CDMA和/或FDMA RNSS信号⁶且能同时工作于多个载频上（见表1，第2列）。

这些空中导航接收机的特性也可以应用于为未在本附件中描述的陆地或海上应用而开发的接收机。

2.2 高精度接收机

此高精度分类代表用于需要高定位精度应用中的RNSS接收机（例如，测量、科学及农业应用）。高精度接收机采用各种技术（例如，半无码技术）来捕获和跟踪在两个或三个RNSS频段内用于消除载波相位不确定性的RNSS信号，并要求在所有使用频段内的保护。高精度接收机的特性和保护级别也应用于为工作于特定RNSS应用（例如，单频地面网络和精确导航）中而设计的RNSS接收机。

⁴ SBAS指星基增强系统，一种通过一个GSO卫星信号提供RNSS区域测量纠错和完整性数据的方式。

⁵ 短语“CDMA”指采用码分多址技术，所有RNSS和SBAS卫星在相同载频上传输，但是采用不同调制代码。在ITU-R M.1787建议书附件2（GPS）中可找到信号的进一步细节。

⁶ 术语“FDMA”指一种频分多址调制技术，所有RNSS卫星采用相同的调制代码，但是每个卫星在一个不同的载频上传输。术语“CDMA”是指一种所有RNSS卫星信号均在同一频率上使用不同调制码传输的技术。在ITU-R M.1787建议书附件1（GLONASS）中可找到信号的进一步细节。

高精度RNSS接收机和设计用于工作于特定RNSS应用中的接收机也能够工作在恶劣的环境中（例如，在植物下）。在表1的第3列中列出了三种接收机类型；它们每一种采用不同的RNSS卫星信号类型（码分多址（CDMA），或者频分多址（FDMA））和频率范围。

2.3 室内定位接收机

室内定位分类代表目的在于室内应用的RNSS接收机，通常具有低 C/N_0 能力（即，非常敏感的接收机）。因为载波跟踪不能与室内环境中存在的低功率信号使用，在这种接收机类型中仅仅采用代码跟踪。在表1第4列中列出了三种接收机类型；它们每种采用一个不同的卫星信号类型（CDMA，用于E5a⁷信号，用于GLONASS信号的CDMA和/或FDMA）、频率范围和预相关滤波器带宽。

2.4 通用接收机

通用分类代表多种RNSS接收机。这些接收机设计用于车辆导航、步行者导航、一般定位等。在表1第5列中列出了三种接收机类型；它们每一种采用一种不同的RNSS卫星信号类型（CDMA，用于B2⁸信号，用于GLONASS信号的CDMA和/或FDMA）和频率范围。

3 脉冲⁹干扰

除了来自RNSS空间电台和其他连续源的带内连续干扰，在1 164到1 215 MHz频段内运行的RNSS接收机很有可能还会遇到来自在ARNS地面和机载电台的带内脉冲ARNS RFI。对一个机载RNSS接收机，已知高度越高，那里在无线电视野内有更多的ARNS地面电台，集总脉冲RFI也越强。脉冲ARNS RFI强度在靠近地面时随着无线电视野缩小而降低到一个较小的量。

需要一个不同的RFI分析方法来考虑在1 164至1 215 MHz频段内更强的这一RFI，例如，对比1 559至1 610 MHz频段内，那里的脉冲RFI相当不显著。两个航空标准组织¹⁰的研究已经确定了一个分析方法，处理脉冲ARNS和连续RFI¹¹的组合效应。在基本方法中推导出两种变化方法：一种用于RNSS空中导航接收机（具有高工作周期的脉冲ARNS RFI），以及一个用于更通用RNSS接收机（具有低工作周期的脉冲ARNS RFI）。

两个航空标准组织的研究已经证实，影响工作在飞行层200（平均海平面（MSL）以上6 096米）或以上的RNSS空中导航接收机的最高脉冲RFI电平发生在全球多个局部地区。对于这些区域，对基本脉冲ARNS RFI参数的评估产生了处于最高65%之间的消隐百分比数值，用于由高电平RFI脉冲引起的接收机信号处理。

⁷ 在ITU-R M.1787建议书附件3（伽利略）中可找到E5a信号的进一步细节。

⁸ 在ITU-R M.1787建议书附件7（COMPASS）中可以找到B2信号的进一步细节。

⁹ 脉冲干扰在这里指的是由突发传输和随后的不传输周期组成的干扰。与RNSS的兼容性是突发功率和持续时间以及传输占空比的函数。

¹⁰ RTCA，总部位于美国，和在欧洲的EUROCAE。

¹¹ RTCA SC-159，“与GNSS L5/E5A频段相关的射频干扰的评估”，RTCA RTCA/DO-292号文档，华盛顿特区，2004年7月29日。

此外，同时存在的较低电平ARNS脉冲在RNSS系统噪声中贡献了等效于增加100%到150%的平均RFI影响。由于决定最大干扰效应的卫星信号和接收机技术限制，这些相对大脉冲ARNS RFI值的存在限制了RNSS接收机能够容忍的连续或非ARNS脉冲RFI量。

已知脉冲ARNS干扰参数取决于无线电视线内到RNSS接收机范围内的ARNS地面电台数量和类型。但是，接收机干扰门限与在ARNS源最高集中地区之间的确切关系需要广泛的进一步研究。

ITU-R需要进一步研究来为评估脉冲RFI对RNSS接收机影响开发一个一般方法。

4 RNSS接收机技术特性和保护标准

表1列出了在1 164-1 215 MHz频段内的多种代表性RNSS接收机和应用的技术特性和保护标准（最大集总干扰门限）。可以在ITU-R M.1787建议书中找到更多关于RNSS信号的信息。

技术特性和保护级别取决于RNSS应用的类型。以下RNSS接收机和应用已经被包括在表1中：

- 空中导航接收机（两种类型）（见第2.1节和表1的第1和2列）。
- 高精度接收机（三种类型）（见第2.2节和表1的第3列）。
- 室内定位接收机（三种类型）（见第2.3节和表1的第4列）。
- 通用接收机（三种类型）（见第2.4节和表1的第5列）。

表1

在1 164-1 215 MHz频段内运行的RNSS接收机（空对地）的技术特性和保护标准

	1	2		3		4			5		
参数	1号空中导航接收机	2号空中导航接收机 (注9)		高精度接收机 (注12)		室内定位接收机			通用接收机		
信号频率范围 (MHz)	1 176.45 ± 12	1 204.704 + 0.423K ± 4.095, 此处, K = -7, ..., +12 (注10)		1 176.45 ± 12	1 204.704 + 0.423K ± 4.095, 此处, K = -7, ..., +12		1 202.025 ± 10.25	1 176.45 ± 12	1 204.704 + 0.423K ± 4.095, 此处, K = -7, ..., +12		1 202.025 ± 10.25
上半球最大接收机天线增益 (dBi)	+6 (环形) (注2)	7 (环形) (注11)		3.0 环形		3			3		
上半球最大接收机天线增益 (dBi)	-5 (线性) (注3)	-10 (环形)		-7 (线性) (仰角 ≤ +10°)		-9			-10		
RF滤波器3 dB带宽 (MHz)	24.0	17	30	24.0 或24.9	30	24	30		24	30	
预相关滤波器3 dB带宽 (MHz)	20.46	17	25	20.46	25	20.46	17	25	20.46	25	
接收机系统噪声温度 (K)	727	400		513		330			330		
连续干扰的门限值											
跟踪模式下无源天线输出端的集总窄带干扰门限功率电平 (dBW) (注1)	-154.8 (注4、注5)	-143 (注13)		-157.4		-193			-150		
捕获模式下无源天线输出端的集总窄带干扰门限功率电平 (dBW) (注1)	-158.7 (注4、注6)	-149 (注13)		-157.4		-199			-156		

表1 (续)

	1	2	3	4	5
参数	1号空中导航接收机	2号空中导航接收机 (注9)	高精度接收机 (注12)	室内定位接收机	通用接收机
跟踪模式下无源天线输出端的集总宽带干扰门限功率密度电平 (dB (W/MHz)) (注1)	-144.8 (注4、注5)	-140 (注13)	-147.4	-150	-140
捕获模式下无源天线输出端的集总宽带干扰门限功率密度电平 (dB (W/MHz)) (注1)	-148.7 (注4、注6)	-146 (注13)	-147.4	-156	-146
脉冲干扰的门限值 (见注15)					
接收机输入压缩电平 (dBW) (注14和15)	-114 (注7)	-80	-120	-100	-100
接收机存活电平 (dBW) (注15)	0 (注8)	-1	-20	-17	-17
过载恢复时间 (s) (注15)	1×10^{-6}	$(1\text{至}30) \times 10^{-6}$	$(1\text{至}30) \times 10^{-6}$	30×10^{-6}	30×10^{-6}

注1 – 除非另有说明，窄带连续干扰被视为具有一个小于700 Hz的带宽。宽带连续干扰被视为具有大于1 MHz的带宽。介于700 Hz和1 MHz之间的干扰带宽门限可能需要进一步研究。

注2 – 上半球最大接收机RHCP天线增益适用于相对于天线水平面90°仰角。

注3 – 下半球最大增益值适用于0°仰角。对仰角介于0°和-30°之间，最大增益随着仰角减少到-30°时的-10 dBi，并对仰角介于-30°和-90°之间保持恒定于-10 dBi。

注4 – 当用在ITU-R M.1318-1建议书干扰评估模型中时，此门限值被插入到Line (a)，而6 dB (安全余量，如在附件1中所描述) 被插入到评估模板的Line (b) 中。

注5 – 连续RFI门限值应用于MSL以上6 096米 (20 000英尺) 高度的机载接收机运行中。地面上610米 (2 000英尺) 高度以下的机载运行跟踪模式值为-143.0 dBW (窄带) 和-133.0 dB (W/MHz) (宽带)。

注6 – 连续RFI门限值应用于MSL以上6 096米 (20 000英尺) 高度的机载接收机运行中。地面上610米 (2 000英尺) 高度以下的机载运行捕获模式值为-143.1 dBW (窄带) 和-133.1 dB (W/MHz) (宽带)。

注7 – 输入饱和电平值是20 MHz预相关带宽中的功率。

注8 – 存活电平是具有10%最大占空因子脉冲信号的峰值功率电平。

注9 – 所给数值表示典型的接收机特性。在一定条件下，对一些参数可以要求更严格的数值（例如，过载后的恢复时间、集总干扰门限值等）。

注10 – 此接收机类型同时工作在多个载频上。载频由 $f_c(\text{MHz}) = 1\,204.704 + 0.423K$ 定义，此处， $K = -7$ 到 $+12$ （RNSS信号）。

注11 – 在5度仰角的最小接收机天线增益为 -5.5 dBi。

注12 – 此表列包括了在1 164-1 215 MHz频段内运行的接收机的特性和门限。对还捕获和跟踪在在1 215-1 300 MHz和/或1 559-1 610 MHz频段内RNSS信号的接收机的特性和门限，还请参考ITU-R M.1902建议书和/或ITU-R M.1903建议书。在此列中提供的特性和保护水平也应用于为特定RNSS应用而设计的RNSS接收机（见以上第2.2节高精度定义）。此接收机类型的脉冲干扰响应参数服从于进一步的研究与ITU-R对一般脉冲RFI评估方法的工作。

注13 – 此门限应考虑所有集总干扰。此门限值不包括任何安全余量。对FDMA或CDMA（载频1 202.025 MHz）的信号处理，窄带连续干扰被认为具有少于1 kHz的带宽。宽带连续干扰被认为具有大于500 kHz的带宽。1 kHz至500 kHz之间的干扰带宽门限值可能需要进一步研究。

注14 – 对于工作在载波频率1 176.45 MHz的接收机，接收机输入饱和电平与相应的射频滤波器3 dB带宽相对应。对于其他载波频率，目前正在研究接收机输入饱和电平的相应射频带宽。

注15 – 这一行中的值应与ITU-R M.2030建议书中给出的方法一起用于评估来自脉冲源的干扰。
