

国 际 电 信 联 盟

ITU-R

国际电联无线电通信部门

ITU-R M.2031-1 建议书
(09/2015)

**工作在5 010- 5 030 MHz频段的
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
及发射空间电台的特性**

M 系列
移动、无线电测定、业余
和相关卫星业务



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 M.2031-1 建议书¹

**工作在5 010-5 030 MHz频段的卫星无线电导航
业务（空对地）接收地球站的特性和
保护标准及发射空间电台的特性**

（ITU-R 217-2/4和ITU-R 288/4号课题）

（2012-2015年）

范围

本建议书介绍了计划工作在或正在工作在5 010-5 030 MHz频段的卫星无线电导航业务（RNSS）接收地球站的特性和保护标准及RNSS发射空间电台的特性。这些信息旨在进行RNSS以外的其他无线电来源对工作在5 010-5 030 MHz频段的RNSS（空对地）系统和网络的无线电频率干扰共用和兼容性分析。

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.1787-2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.1831-1建议书	卫星无线电导航业务（RNSS）系统间干扰估算的协调方法

¹ 应提请ITU-R第5研究组和国际民航组织（ICAO）注意本建议书。

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	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.1905-0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 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.2030-0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、导航和授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) 正在对其他无线电业务进入卫星无线电导航业务系统和网络的干扰进行研究；

认识到

- a) 5 010-5 030 MHz频段在所有三个区划分给作为主要业务的卫星无线电导航业务（空对地和地对空）；
- b) 5 010-5 030 MHz频段在所有三个区亦划分给作为主要业务的航空无线电导航业务（ARNS）；
- c) 5 010-5 030 MHz频段在遵守《无线电规则》第9.21款的条件下在所有三个区亦划分给卫星航空移动（航线内）业务（AMS（R）S）；

d) 根据《无线电规则》第**5.328B**款，“那些无线电通信局自2005年1月1日之后收到其完整的协调或通知资料的卫星无线电导航业务的系统和网络，在使用1 164-1 300 MHz、1 559-1 610 MHz和5 010-5 030 MHz频段时，应符合《无线电规则》第**9.12**、**9.12A**和**9.13**款的规定。……”，且正在规划确定额外方法和标准的研究，以有助于此类协调；

e) 第**5.443B**款和第**741**号决议（**WRC-12，修订版**）规定了RNSS空间电台的集总功率通量密度限值，以防止对工作在4 990-5 000 MHz频段的射电天文业务（RAS）产生有害干扰；

f) 第**5.443B**款规定了RNSS空间电台的集总功率通量密度限值，以防止对工作在5 030 MHz以上频率的ARNS微波着陆系统产生有害干扰，

g) ITU-R M.1901建议书对与卫星无线电导航业务系统和网络相关的建议书的提供指导，

做出建议

1 应采用附件1、附件2和附件3中给出的接收地球站特性和保护标准及发射空间电台的特性，对在5 010-5 030 MHz频段内运行的卫星无线电导航业务（空对地）的系统和网络受到的卫星无线电导航业务以外无线电来源的射频干扰影响进行分析；

2 RNSS以外所有的无线电来源对附件1和附件2中工作在5 010-5 030 MHz频段的RNSS（空对地）系统和网络业务链路的允许干扰值不得超出表1-1和表2-4给定的干扰门限。

附件1

工作在5 010-5 030 MHz频段的伽利略接收地球站的 典型技术特性和保护标准

1 引言

伽利略定位系统的业务链路通过适当配置的导航接收机提供用来确定位置、导航和授时（PNT）的信息。本附件重点围绕伽利略定位系统业务链路的接收特性，并不涉及同一网络的发射空间电台。预计一旦获得发射空间电台的特性后，本附件将在此建议书的未来版本中进行更新。

2 伽利略业务链路特性

伽利略的PNT业务在5 010-5 030 MHz频段内提供针对移动用户（陆地、水上、航空）PNT需求的下行。

伽利略的PNT提供两种业务：一种全球覆盖；另一种采用点波束，在特定地区提供更高的 C/N_0 。为提供高测距精度和定位性能，宽带信号发射必不可少。与L频段的RNSS信号发射类似，C频段发射作为扩频信号予以实施并带有多个复用分量。

与1 164-1 610 MHz的RNSS划分共用条件相比，5 010-5 030 MHz频段提供低得多的潜在干扰电平，使其对关键的安全和类似的高层业务应用更具吸引力。

采用全球覆盖波束的下行条件计算获得了以下表1-1中的接收机保护标准。采用恒包络调制复用不同的信号分量。根据市场的要求，对于所有大于5的仰角，必须实现完整的业务质量。

业务链路假定从5度仰角以上可见的卫星，采用半球覆盖天线，以-5 dBi的增益向移动RNSS接收机提供PNT业务。对于5-90度的仰角，假定的典型接收天线增益从-5 dBi至+4 dBi变化不等。

3 RNSS接收机保护标准

表1-1中的集总干扰门限电平是仅针对连续发射干扰计算的，此时假定其为白噪声。

表1-1中的集总窄带干扰电平值是临时性的。如ITU-R M.1831建议书所述，当有了可对连续外部宽带干扰情形进行建模的适当方法后，需要为窄带和脉冲干扰定义另外的方法。目前，没有建议书涉及窄带干扰。

为提供PNT信息，RNSS接收机在射频接收及扩频信号处理过程中采用几个关键步骤。这些步骤为信号（载波和相位）获取、载波和相位跟踪、码和副载波跟踪以及导航电文的解码。

因此，前述接收机流程的性能保护要求给予特别的关注，因为这不仅是因为简化为白噪声的干扰会引起 C/N_0 的下降，这些干扰的谱形也会使接收机性能受到损害而下降。也就是说，即使在原先在不当的加性高斯白噪声（AWGN）干扰模型基础上推测 C/N_0 下降不会产生损害的情况下，彩色噪声也会降低接收机的性能。

彩色噪声也对早迟解联器（early-late decorrelator）的实施产生了影响，而后者是RNSS接收机流程中一个至关重要的元素。

ITU-R M.1831建议书描述了用于RNSS系统之间协调的计算过程，该过程通过应用谱分离系数（SSC）将谱信号特性考虑在内。

与连续干扰类似，根据脉冲干扰并考虑白噪声假设而计算的 C/N_0 退步并不能真正代表对接收机性能的影响。要充分评估接收机性能的退步，除连续干扰新参数外，峰值功率、脉冲占空周期（PDC）和脉冲重复频率（PRF）也要考虑在内。闭合公式可考虑这些额外参数，但如果要将对接收机前端的非线性影响考虑在内，那么建模的局限性变得非常明显。

对于脉冲干扰的情况，在脉冲过程中从饱和接收机前端过渡到线性公式有效的稳定状态所需的时间高度取决于接收机的实现。在脉冲期间附加给前一个回复时间的周期内，提供给解联器的样本对于跟踪或数据解调毫无用处。

每个相干积分间隔的脉冲数量越多，由于回复时间的累积效应，固定PDC的退步越大。脉冲持续时间应仅是相干积分周期的一小部分。一般而言，任何显示出接收机前端由于高功率脉冲而造成饱和所导致明显退步样本的时间周期，如大于或等于接收机相干积分时间（通常为1毫秒）的十分之一，则会对积分过程造成有害退步。为避免前述影响的重复，需要PRF与RNSS信号或其任何一部分的信号率不成比例。

保护接收机不受脉冲影响的缓解战略被视为应由接收机设计人员和生产厂商负责，由其作为一种竞争性优点而不是《无线电规则》所强加的限制措施。

表1-1

工作在5 010-5 030 MHz频段的伽利略接收地球站
的业务链路特性和保护标准

参数	RNSS参数描述
信号频率范围(MHz)	5 010-5 030
最大接收机天线增益(dBi)	4
射频滤波器3 dB带宽(MHz)	20
前相关滤波器3 dB带宽(MHz)	20
接收机系统噪声温度(K)	530
无源天线输出集总窄带干扰的跟踪模式门限功率电平(dBW)	-157.1
无源天线输出集总窄带干扰的获取模式门限功率电平(dBW)	-160.1
无源天线输出集总宽带干扰的跟踪模式门限功率密度电平(dB (W/MHz))	-147.1
无源天线输出集总宽带干扰的获取模式门限功率密度电平(dB (W/MHz))	-150.1

附件2

工作在5 010-5 030 MHz频段空对地方向的全球定位系统（GPS） 接收地球站的技术特性和保护标准以及 发射空间电台的特性

1 引言

全球定位系统（GPS）上行和下行馈线链路将为系统和卫星监测、指挥和控制提供通信；轨道星历的更新及时钟同步。GPS馈线链路操作的最小可工作仰角为5度，由此形成了最大的路径长度为25 252公里。GPS业务链路将通过适当配置的导航接收机提供用来确定PNT的信息。

2 GPS馈线链路下行特性

GPS规划预测馈线下行的工作带宽为6.6 MHz，编码数据速率为6.6 Mbit/s。空间电台馈线下行天线规定为中心馈送圆抛物面天线。但是，由于用于馈线上行的5 000-5 010 MHz地对空频段及邻近用于业务链路和馈线下行的空对地5 010-5 030 MHz频段的同时使用，需在设计时具备适当的功能，以避免潜在的干扰。卫星和地球站带有快速滚降的发射滤波器是其中一个很重要的因素。所有GPS发射信号均将安装发射滤波器，杂散发射计划比峰值低-60 dB。

表2-1提供了工作在5 010-5 030 MHz频段的GPS接收馈线地球站的特性。尽管参数由GPS指标获得并符合指标，但这些数值仍有可能变更。表2-2提供了对应的GPS空间电台馈线发射特性。

在部署RNSS馈线下行地球站的国家，也希望在这些频段内部署地面系统的主管部门可能需在其国境内制定国家安排。如果某个主管部门希望确保位于其境内的RNSS馈线下行接收地球站不受邻国发射地面电台的影响，位于边境上的具体地球站应通过《无线电规则》第9和第11条的协调和通知程序进行登记。如果初步研究表明，除RNSS以外在该频段内的所有主要业务的所有无线电源对馈线链路接收机带宽内的集总干扰超过了RNSS馈线链路接收机系统（指接收天线的输出终端）噪声温度的6%，则应进行进一步的研究，以确定系统间相互兼容的可能性。

表2-1

工作在5 010-5 030 MHz频段的GPS馈线链路
接收地球站的特性

参数	参数值
天线直径（米）	5.00
计划	右圆极化
天线类型	中心馈送圆抛物面天线
理论天线增益（dBi）	48.39
天线效率损耗（dB）	1.50
最大接收天线增益（dBi）	46.63
接收机系统噪声温度（K）	140
最小仰角（度）	5.0

表2-2

5 010-5 030 MHz频段的GPS馈线下行发射

参数	参数值
信号频率范围(MHz)(注1)	5 013.63 ± 3.3
编码比特率(bit/s)	6 600 000
信号调制方法	滤波QPSK
计划	右圆 (RHCP)
椭圆率(dB)	最大1.5
发射e.i.r.p.(dBW)	34.6

注1 – 相关RNSS信号的载频±信号带宽的一半

3 GPS PNT业务链路特性和保护标准

可根据现有的卫星技术开发5 010-5 030 MHz频段的GPS PNT业务下行。简单的链路预算计算可表明，采用理想化的3 dBi统一增益假想天线，现有的卫星技术足以在半球覆盖范围内向RNSS用户提供RNSS PNT业务。

可满足5 GHz业务链路要求的下行信号调制为滤波交错四项相移键控调制 (SQPSK)，伪随机扩展码为10 Mbit/s (SQPSK (10))。SQPSK信号可包含一个不含数据的分量，以协助在有数据分量的90度相位差中获取信号。滤波也将为其他频段的业务提供保护，同时滤波后的SQPSK (10) 仍为PNT提供了很好的特性及发射功率和信号生成。信号为圆极化，但是左圆还是右圆则是一种设计选择，取决于该频段内其他信号（即RNSS馈线链路）的极化。

表2-3列出了GPS 5-GHz业务链路发射的重要参数。尽管该节中显示的业务链路参数由GPS指标获得并符合指标，但这些数值仍有可能变更。

表2-3

5 010-5 030 MHz频段内的GPS业务链路发射

参数	参数值
信号频率范围(MHz)	5 019.861 ± 9.86
PRN码片速率(Mchip/s)	10.23
导航数据比特率(bit/s)	50 至50 000
信号调制方式	滤波SQPSK (10)
极化	圆极化
椭圆率(dB)	最大1.5
参考天线输出的最小接收功率电平(dBW)	-171.6

预计5 010-5 030 MHz频段内的接收机将以与采用现代化的PNT信号的PRN码（如GPS工作在1 164-1 300 MHz和1 559-1 610 MHz频段的L1C、L2C、和L5）的RNSS接收机相似的方式对干扰做出反应，且与非RNSS业务的兼容和共用研究也将与其类似。

表2-4中的集总干扰门限电平只针对连续发射干扰。尽管参数由GPS指标获得并符合指标，但这些数值仍有可能变更。

表2-4

工作在5 010-5 030 MHz频段的GPS接收用户地面站
的业务链路特性和保护标准

参数	参数值
信号频率范围(MHz)	5 019.861 ± 9.86
上半球的最大接收机天线增益 (dBi)	3
下半球的最大接收机天线增益 (dBi)	3 (参见注2)
接收机射频滤波器3 dB带宽 (MHz)	20
接收机前相关滤波器3 dB带宽 (MHz)	20
接收机系统噪声温度 (K)	500
无源天线输出集总窄带干扰的跟踪模式门限功率电平 (dBW)	-154.6 (参见注1)
无源天线输出集总窄带干扰的获取模式门限功率电平 (dBW)	-157.6 (参见注1)
无源天线输出集总宽带干扰的跟踪模式门限功率密度电平 (dB(W/MHz))	-144.6 (参见注1)
无源天线输出集总宽带干扰的获取模式门限功率密度电平 (dB(W/MHz))	-147.6 (参见注1)

注1 –窄带连续干扰视为在5 010-5 030 MHz频段内带宽小于700 Hz。宽带连续干扰视为在5 010-5 030 MHz频段内带宽大于1 MHz。介于700 Hz和1 MHz之间带宽的干扰门限功率电平由700 Hz 带宽的窄带功率限值和1 MHz带宽的宽带功率密度限值之间进行非线性插值获得。

注2 – 因为某些RNSS接收机应用的天线可能会指向几乎任何一个方向，下半球的最大天线增益（在最坏情况下）可能等于上半球的最大天线增益。

与在1.5 GHz实施的类似系统相比，针对5 GHz频段开发的RNSS系统所面临的自由空间路径损耗最多将增加10 dB且水蒸气、降水和叶簇衰减也将增加。而且，目前5 GHz的技术要比其他RNSS频段昂贵。

抵消这些不足后，5 GHz实施还是具有一些好处的。首要好处是更短的波长可使得在给定的天线覆盖范围内采用更高增益天线和天线阵列成为可能。事实上，由于波长为其他RNSS频段的30%左右，与1.5 GHz范围内类似天线的增益辐射方向图相同的天线直径、物理口径和重量可大约分别降低0.3、 $(0.3)^2 = 0.09$ 及 $(0.3)^3 = 0.027$ 。这可使其为对用户设备和卫星载荷的大小和重量均严格限制的系统所应用。反过来，这也可实现可调天线的使用，从而有能力增加接收到的信号功率或在射频干扰源上设置零点，或者两者皆采用。这种能力是有益的，因为其他业务的无用发射可在短距离内干扰RNSS信号。但是，此类天线可能不适于所有应用。此外，由于这种天线由多个天线原件、接收机前端和波束成形/可调电子器件构成，接收机结构变得比较复杂。

5 GHz实施的另一个好处是有提高定位和授时精度的潜力，这是由于电离传播时延中减少了可变性。

如上述第2段所述，尚未有研究就5 GHz业务链路如何在RNSS馈线下行存在的情况下如何工作得出结论。进一步研究可包括正交圆极化、低交叉相关特性调制以及馈线下行的射频干扰包括更大的链路余量等方法。而且，也要考虑不同RNSS系统同时存在的馈线下行和业务链路信号的兼容性。

随着RNSS系统设计的成熟，需要进一步制定业务链路信号的保护标准。这些保护标准应考虑RNSS为确保接收机可在其目标环境中工作而需要具备的功能，包括任何信号带宽和滤波限制，以确保与射电天文相兼容。此外，如果RNSS链路设置在机场环境中，其设计应可容忍在邻近频段工作的ICAO标准微波着陆系统（MLS）的无用发射。在初始系统设计完成后，将可获得更多5 GHz RNSS接收机的详情。

附件3

工作在5 010-5 030 MHz频段空对地方向的准天顶 卫星系统（QZSS）接收地球站的技术特性和 保护标准以及发射空间电台的特性

1 引言

准天顶卫星系统（QZSS）的上行和下行馈线链路为卫星监测、指令、控制和导航电文上载提供通信。QZSS控制站位于亚太地区。

2 QZSS特性

表3-1和表3-2提供了工作在5 010-5 030 MHz频段的QZSS馈线链路接收地球站特性。表3-3和表3-4提供了工作在5 010-5 030 MHz频段的QZSS馈线链路发射空间电台特性。

为避免自身干扰，QZSS卫星将采用滤波技术。

5 010-5 030 MHz频段的QZSS馈线下行包括遥测和测距功能。

要评估对QZSS遥测链路的潜在干扰，应采用表3-1、3-2、3-3和3-4中的特性。

要评估测距链路，应在双边讨论中交换特性和保护标准，这也是卫星系统间频率协调的常见做法。这是因为要对QZSS测距链路任何干扰影响进行适当的评估均需要整体的 C/N_0 评估，将上下行部分考虑在内。（无法仅在上行干扰基础上评估QZSS的测距链路性能）

表3-1

**工作在5 010-5 030 MHz频段的QZSS馈线链路
接收地球站（针对第一颗QZSS卫星）特性**

参数	参数值
天线方向图	ITU-R S.465-5建议书
最大天线增益 (dBi)	49.0
必要带宽 (kHz)	400
噪声温度 (K)	150

注1 – 表3-1和3-3仅包含QZSS遥测链路的特性。关于QZSS测距链路的特性和保护标准，请参考表3-1之前的段落。

注2 – 表3-1中的特性可用于进行表3-2之后段落所述的初步研究。

表3-2

**工作在5 010-5 030 MHz频段的QZSS馈线链路
接收地球站（针对随后的卫星）特性**

参数	参数值
天线方向图	ITU-R S.465-5建议书
最大天线增益 (dBi)	51.0
必要带宽 (kHz)	10 000
噪声温度 (K)	150

注1 – 表3-2和3-4仅包含QZSS遥测链路的特性。关于QZSS测距链路的特性和保护标准，请参考表3-1之前的段落。

注2 – 表3-2中的特性可用于进行表3-2之后段落所述的初步研究。

在部署RNSS馈线下行地球站的国家，也希望在这些频段内部署地面系统的主管部门可能需在其国境内制定国家安排。如果某个主管部门希望确保位于其境内的RNSS馈线下行接收地球站不受邻国发射地面电台的影响，位于边境上的具体地球站应通过《无线电规则》第9和第11条的协调和通知程序进行登记。如果初步研究表明，除RNSS以外在该频段内的所有主要业务的所有无线电源对馈线链路接收机带宽内的集总干扰超过了RNSS馈线链路接收机系统（指接收天线的输出终端）噪声温度的6%，则应进行进一步的研究，以确定系统间相互兼容的可能性。

表3-3

工作在5 010-5 030 MHz频段的QZSS馈线链路
发射空间电台特性（针对第一颗QZSS卫星）

参数	参数值
天线类型	全球波束
极化	右旋极化
发射e.i.r.p.范围 (dBW)	9.8
调制	PCM-PSK/PM

RHCP: 右旋极化

表3-4

工作在5 010-5 030 MHz频段的QZSS馈线链路
接收地球站（针对随后的卫星）特性

参数	参数值
天线类型	全球波束
极化	右旋极化
发射e.i.r.p.范围 (dBW)	9.3
调制	SQPN

SQPN: 交错四相伪随机噪声 – 一种扩频调制格式，使用各种QPSK调制将伪随机噪声数据序列调制于RF之上，对其它信道而言，一个信道的延时为一个半调制符号期（亦称偏置QPSK）。