

国 际 电 信 联 盟

ITU-R

国际电联无线电通信部门

ITU-R RS.2064-0 建议书
(12/2014)

**空间研究业务 (无源) 行星观测系统
使用的典型技术和操作
特性以及频段**

RS 系列
遥感系统

150
1869-2015



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
2015年，日内瓦

© 国际电联 2015

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 RS.2064-0 建议书

空间研究业务（无源）行星观测系统使用的
典型技术和操作特性以及频段

(ITU-R 221/7号课题)

(2014)

范围

本建议书提供了空间研究业务（无源）行星观测系统使用的典型技术和操作特性。

国际电联无线电通信全会，

考虑到

- a) 空间研究业务（SRS）（无源）的应用之一是将航天器用于测量地外天体的物理现象；
- b) SRS（无源）观测系统可以接收来自运行在有源无线电通信业务中发射机的发射；
- c) 按照《无线电规则》第5.340款的规定，禁止在专用EESS（无源）划分中的一切发射；
- d) 在某些频段中SRS（无源）与有源业务同为主要业务划分；
- e) 关于对SRS（无源）系统的保护方面的研究可以在ITU-R内开展；
- f) 为实现与SRS（无源）系统之间的兼容性以及共用研究，必须掌握这些系统的技术和操作特性方面的知识，
- g) 检测不同的物理属性要求使用不同的频率；
- h) 经常需要在若干频率上同时测量以区分各种待测物理属性，

建议

- 1 在开展SRS（无源）系统在划分给SRS（无源）频段中操作的相关研究时应顾及本建议书附件一所述的技术和运行参数；
- 2 用于SRS（无源）遥感的频段应遵照附件2。

附件1

空间研究业务（无源）行星观测系统使用的典型技术和操作特性以及频段

1 引言

本建议书的目的是介绍典型的技术和运行特性，以及空间研究业务（SRS）（无源）观测系统的首选频段。

ITU-R第221/7号课题“空间研究业务观测（无源）的首选频段和保护标准”的“做出决定”部分纳入了以下研究：1) 空间研究业务（无源）观测系统的典型技术和运行特性；2) SRS（无源）观测首选的频段；以及3) 空间研究业务（无源）观测的保护标准。

本建议书聚焦于上述前两项研究目标。附件1介绍了SRS（无源）中星载无源传感器的典型技术和运行特性，这些传感器已经得到使用在且计划中将被使用。附件2列举了首选频段与那些频段相关联的任务。

2 SRS（无源）系统的特定任务

下列各节描述了曾经使用或正在使用无源传感器（即：微波辐射计）的各类空间研究任务。

2.1 探测金星的水手2号微波辐射计

水手2号是于1962年开展的金星飞越任务，其上使用了微波辐射计以确定金星表面和大气的绝对温度。水手2号从金星暗面上方30度角逼近该行星，并于1962年12月14日以34 773千米的最近距离从下方飞越该行星。在15.8 GHz和22.2 GHz两个频段开展了同时测量，预探测带宽分别为1.6 GHz和1.5 GHz（表1）。微波辐射计使用了48.5厘米直径的抛物面天线以及两个间隔为60度指向空间的参考喇叭天线。两个频率的3 dB波束宽度分别为2.64度和2.2度。微波辐射计为晶体视频类型，在主天线指向目标，参考喇叭指向冷空的标准迪克斩波模式下运行。该行星的发射被描述为临边变暗效应，并且确认了金星的高温现象。该双通道微波辐射计获取了金星的三幅扫描景象。峰值温度值支持了该行星的表面高温模型。最为吻合临边变暗效应比的模型以及在两个频率上测量所得温度值均证明其镜面般的表面以及温度接近350K的等温云类型层。表面相对介电系数的幅度在3和4之间变化。水手2号的科学发现还包括金星旋转率的退化、表面的高温和高气压、大气中二氧化碳的绝对优势地位、高达约60千米的连续云覆盖以及未探测到磁场等。

表1

水手2号微波辐射计特性

参数	值	
射频中心频率	15.8 GHz	22.2 GHz
高度	最小34 773千米	最小34 773千米
射频预探测带宽	1.6 GHz	1.5 GHz
接收机噪声系数	4 dB	4 dB
可探测温度变化	4 K	7 K
扫描数量	3	3
扫描持续时间	220 s	220 s
天线类型	反射型抛物面天线	反射型抛物面天线
天线尺寸	48.5厘米	48.5厘米
天线波束宽度	2.64度	2.2度
接收机噪声系数	4 dB	4 dB

2.2 卡西尼号微波辐射计对泰坦星的观测

卡西尼号雷达设备采用无源微波辐射计模式描绘来自泰坦星的微波辐射。这是第一次对一颗冰层覆盖的卫星进行解析微波发射测量。测量数据提供了泰坦星表面原始地图，未受大气效应影响确认了赤道到两极温度变化梯度，利用太阳作为源约束乙烷海的粗糙度，提供了部分收发分置的反射测量。卡西尼号航天器于1997年10月发射，并于2004年7月到达土星。2004年7月至2014年1月间共飞越泰坦星九十七次。任务期间每月计划开展一次飞越。卡西尼号雷达设备使用直径4米的天线并工作在13.78GHz，如表2所示。在微波辐射计模式下，入射微波辐射通过回声脉冲测量波束中目标的微波亮度。微波辐射测量贯穿了与泰坦星相遇期间，是25 000-100 000千米远距离测量的唯一模式。内部校准是通过噪声二极管和特性已知的阻性负载开展的。微波辐射计为线性极化（水平或垂直），并取决于航天器天线的方向。

表2

卡西尼号微波辐射计特性

参数	值
射频中心频率	13.78 GHz
高度	1 000-100 000千米
射频带宽	135 MHz
天线类型	反射抛物面天线
天线口径	4 米
天线波束宽度	0.35度
天线方向	最低点
天线极化	线极化（水平、垂直）
接收机噪声温度	574 K

2.3 麦哲伦号微波辐射计在金星上的测量

麦哲伦号雷达的微波辐射计模式工作在2.38GHz，并且观测了超过91%的金星表面的无线电辐射率。麦哲伦号于1989年5月发射并于1990年8月到达金星。经过两度延长绘图周期，至1992年9月，麦哲伦号完成了对金星地图的绘制。如表3所示，微波辐射计使用3.7米口径天线，波束宽度为2.1度，使用水平线极化。在高度从280千米到2 100千米的情况下，所得出的表面分辨率为15千米到85千米不等。在高度计或SAR观测之后，微波辐射计模式在每次雷达“脉冲”序列结束后启动，并持续50毫秒。在微波辐射计模式下，接收机在每次脉冲时在高增益天线和一个假负载之间交互切换。通过微波辐射计开展的测量显示，辐射率的全局平均值为0.845，对应于取值为4.0至4.5的介电常数，并且取决于表面粗糙程度，这同金星表面由干燥的玄武质矿物组成是一致的。

表3

麦哲伦号微波辐射计模式的特性

参数	值
射频中心频率	2.38 GHz
高度	280-2 100千米
射频带宽	10 MHz
水平分辨率	15-85千米
天线类型	反射抛物面天线
天线口径	3.7米
天线方向	最低点
天线极化	水平线极化
天线波束宽度	2.1度

2.4 朱诺号微波辐射计在木星的测量

朱诺号航天器（于2011年8月5日发射）搭载的微波辐射计按计划将于2016年到达木星。这将是水手2号于1962年对金星进行探索之后第二个探索行星的微波设备。该微波辐射计将以直接探测的模式对木星大气中的水和氨气的分布和丰富程度进行定量分析。在进入木星轨道后，周期为11天的轨道的近木星点为1.06个木星半径，而远木星点为约39个木星半径，在预定为期一年的任务期内将完成32圈飞行。这一极地轨道（倾角为90度）设备将利用6个频点（0.6 GHz、1.25 GHz、2.6 GHz、5.2 GHz、10 GHz和 22 GHz）（表4）深入探测木星大气。六部辐射计用来测量该行星大气中氨气和水的辐射。在9.6 GHz和23.1 GHz频点用于在200K和1bar气压下测量氨气NH₃云；而1.2GHz频点用于在300K和8bar气压下测量H₂O云。微波辐射计具有波束宽度为12度的天线。六部辐射计使用直接探测迪克型接收机和4%的带宽。六部接收机由贴片天线阵（频率为0.6 GHz和1.25 MHz）、裂缝天线阵（频率为2.6 GHz、5.2 GHz和10 GHz）和喇叭天线（频率为22GHz）馈给信号。主要获取数据发生在到达近木星点前后3小时内，这时的高度在4 200至5 200千米之间变化。在辐射计飞越并开展科学测量期间，微波辐射计在该自旋航天器太阳能电池板穿过木星中心以及辐射计的天线同正下方保持连线的状态下开展测量。

表4

朱诺号微波辐射计的特性

参数	值					
射频中心频率	0.6 GHz	1.25 GHz	2.6 GHz	5.2 GHz	10 GHz	22 GHz
高度	4 200-5 200 千米					
射频带宽	24 MHz	50 MHz	100 MHz	200 MHz	400 MHz	900 MHz
天线类型	贴片天线 阵	贴片天线 阵	裂缝天线 阵	裂缝天线 阵	裂缝天线 阵	喇叭天线
天线波束宽度	12度					
接收噪声温度	350 K					

2.5 嫦娥1号微波辐射计对月球探测

装载在嫦娥1号航天器上的嫦娥1号微波辐射计于2007年10月发射。该微波辐射计在4个频点测量月球表面的自然辐射，这些频点分别为3 GHz、7.8 GHz、19.35 GHz和37 GHz（如表5所示）。其目标是对月壤层的厚度进行解析，并且以0.5K的分辨率对辐射亮度温度进行测量。该圆轨道最低点为200千米高度，倾角为 90 ± 5 度，周期为127分钟。四副喇叭天线指向下方，其直径与波长相匹配，使得其足迹相一致且相互覆盖。

表5

嫦娥1号微波辐射计的特性

参数	值			
射频中心频率	3 GHz	7.8 GHz	19.35 GHz	37 GHz
高度	200千米			
射频带宽	100	200	500	500
地面分辨率	56	30	30	30
天线类型	喇叭天线	喇叭天线	喇叭天线	喇叭天线
可穿透厚度	30米	20米	10米	1米

2.6 对SRS（无源）系统特性的摘要

对以上几节中SRS（无源）系统特性的摘要如以下表6所示：

表6
对SRS（无源）系统特性的摘要

参数	任务											
	朱诺号	朱诺号	麦哲伦号	朱诺号	嫦娥1号	朱诺号	嫦娥1号	朱诺号	卡西尼号	嫦娥1号	朱诺号	嫦娥1号
行星/月球	木星	木星	金星	木星	地球的月球	木星	Earth's Moon	木星	泰坦星	地球的月球	木星	地球的月球
射频中心频率	0.6 GHz	1.25 GHz	2.38 GHz	2.6 GHz	3 GHz	5.2 GHz	7.8 GHz	10 GHz	13.78 GHz	19.35 GHz	22 GHz	37 GHz
高度	4 200-5 200 千米	4 200-5 200 千米	280-2 100 千米	4 200-5 200 千米	200 千米	4 200-5 200 千米	200 千米	4 200-5 200 千米	1 000-100 000 千米	200 千米	4 200-5 200 千米	200 千米
射频带宽	24 MHz	50 MHz	10 MHz	100 MHz	100	200 MHz	200	400 MHz	135 MHz	500	900 MHz	500
天线类型	贴片天线阵	贴片天线阵	反射型抛物面天线	裂缝天线阵	喇叭天线	裂缝天线阵	喇叭天线	裂缝天线阵	反射型抛物面天线	喇叭天线	喇叭天线	喇叭天线
天线口径（反射面天线）			3.7 m						4 m			
天线波束宽度	12度	12度	2.1度	12度		12度		12度	0.35度		12度	
天线方向	最低点	最低点	最低点	最低点	最低点	最低点	最低点	最低点	最低点	最低点	最低点	最低点
接收机噪声温度	350 K	350 K		350 K		350 K		350 K	574 K		350 K	
地面分辨率			15-85千米		56		30			30		30

3 利用SRS系统开展的附加无源遥感

除了微波辐射计这种“传统”的无源遥感系统之外，SRS任务常常利用其遥测、跟踪和控制（TT&C）转发器开展针对太阳系一些行星¹的特性的附加无源测量任务。

此类无源测量中最为常见的是开展无线电科学研究。它包括对来自地球站的遥测信号，当它经过该行星的可视边缘时，由于行星大气和重力场产生的畸变的测量。当航天器在该行星背面运行时，其无线电信号成功切入行星大气层的较深层次。对于信号强度和计划相对于时间的测量可以得出在不同高度上大气的组成和温度。多普勒频移的变化可以提供重力场的相关信息。

此类测量通常在下列SRS（空对地）频段开展：

2 290-2 300 MHz、
8 400-8 500 MHz、
31.8-32.3 GHz，和
37-38 GHz。

在诸多SRS任务中执行无线电科学的任务例如：卡西尼/惠更斯号、金星快车号、信使号、旅行者1号和2号。

另一种通过利用航天器上转发器开展无源空间科学是通过使用其遥令接收部分作为微波辐射计，用于测量转发器射频噪声电平在对准行星星体时相对于对准星体之外时的变化。

对于此类SRS（地对空）测量可用的频率为：

7 145-7 235 MHz、
34.2-34.7 GHz，和
40-40.5 GHz

4 用于SRS（无源）的首选频段

目前有许多已划分给SRS（无源）的首选频段。数个行星和月球任务的微波辐射计使用了没有划分的频点。附件2的表7是SRS（无源）的首选频段及其划分状态。

5 总结

本附件介绍了运行在SRS（无源）中的星载无源传感器典型操作特性，这些传感器已经投入使用或计划中将被使用。

¹ 本文中的术语“行星”意指太阳系中除地球外的行星以及它们的任何卫星（月球或其他）。

附件2

空间研究业务（无源）行星观测系统使用的
典型技术和操作特性以及频段

表7

SRS（无源）遥感的频段和任务

频段 ⁽¹⁾ (GHz)	任务	划分形势	注释
0.588-0.612	朱诺号	无划分 ⁽²⁾	朱诺号微波辐射计带宽为24 MHz
1.225-1.275	朱诺号	无划分 ⁽²⁾	朱诺号微波辐射计带宽为50 MHz
1.37-1.4s		SRS（无源）次要业务	
1.4-1.427P		SRS（无源）主要业务	
2.55-2.64	朱诺号	无划分 ⁽²⁾	朱诺号微波辐射计带宽为100 MHz
2.64-2.655s		SRS（无源）次要业务	
2.655-2.69s		SRS（无源）次要业务	
2.69-2.7P		SRS（无源）主要业务	
2.95-3.05	嫦娥1号	无划分 ⁽²⁾	嫦娥1号微波辐射计带宽为100 MHz
4.2-4.4s		SRS（无源）次要业务	
4.95-4.99s		SRS（无源）次要业务	
4.99-5.00s		SRS（无源）次要业务	
5.1-5.3	朱诺号	无划分 ⁽²⁾	朱诺号微波辐射计带宽为200 MHz
7.7-7.9	嫦娥1号	无划分 ⁽²⁾	嫦娥1号微波辐射计带宽为200 MHz
10.6-10.7P		SRS（无源）主要业务	
13.71-13.85	卡西尼号	无划分 ⁽²⁾	Cassini微波辐射计带宽为135 MHz
15.2-15.35s	水手2号	SRS（无源）次要业务	水手2号微波辐射计带宽为1.6 GHz
15.35-15.4P	水手2号	SRS（无源）主要业务	(15.8 ± 0.8 GHz)
15.4-16.6	水手2号	无划分 ⁽²⁾	
18.6-18.8p		SRS（无源）次要业务	
19.1-19.6	嫦娥1号	无划分 ⁽²⁾	嫦娥1号微波辐射计带宽为500 MHz
21.2-21.4		SRS（无源）主要业务	
21.4-22.21	水手2号、朱诺号	无划分 ⁽²⁾	水手2号微波辐射计带宽为1.5 GHz
22.21-22.5p	水手2号、朱诺号	SRS（无源）主要业务	朱诺号微波辐射计带宽为900 MHz
22.5-22.9	水手2号	无划分 ⁽²⁾	
23.6-24P		SRS（无源）主要业务	
31.3-31.5P		SRS（无源）主要业务	
31.5-31.8p		SRS（无源）主要业务	

表7 (完)

频段 ⁽¹⁾ (GHz)	任务	划分形势	注释
36-37p	嫦娥1号	SRS (无源) 主要业务	嫦娥1号 微波辐射计带宽为 500 MHz
37-37.25	嫦娥1号	无划分 ⁽²⁾	(37.0 ± 0.25 GHz)
50.2-50.4P		SRS (无源) 主要业务	
52.6-54.25P		SRS (无源) 主要业务	
54.25-59.3p		SRS (无源) 主要业务	
86-92P		SRS (无源) 主要业务	
100-102P		SRS (无源) 主要业务	
109.5-111.8P		SRS (无源) 主要业务	
114.25-116.P		SRS (无源) 主要业务	
115.25-116P		SRS (无源) 主要业务	
116.0-122.25p		SRS (无源) 主要业务	
148.5-151.5P		SRS (无源) 主要业务	
155.5-158.5p		SRS (无源) 主要业务	
164-167P		SRS (无源) 主要业务	
174.8-182p		SRS (无源) 主要业务	
182-185P		SRS (无源) 主要业务	
185-190p		SRS (无源) 主要业务	
190-191.8P		SRS (无源) 主要业务	
200-209P		SRS (无源) 主要业务	
226-231.5P		SRS (无源) 主要业务	
235-238p		SRS (无源) 主要业务	
250-252P		SRS (无源) 主要业务	
275-277		无划分 ⁽²⁾	
294-306		无划分 ⁽²⁾	

⁽¹⁾ P: 主要业务, 与无源业务共用 (《无线电规则》第5.340款); p: 主要业务, 与有源业务共用; s: 次要业务。

⁽²⁾ 该频段未划分给空间研究业务 (无源), 其使用基于《无线电规则》第4.4款。