

ITU-R RS.2105-2 建议书

(12/2023)

RS系列：遥感系统

**使用432 MHz与238 GHz之间分配
频段的卫星地球探测业务（有源）
系统的典型技术和操作特性**



前言

无线电通信部门的作用是确保所有无线电通信业务，包括卫星业务，合理、公平、有效和经济地使用无线电频谱，并开展没有频率范围限制的研究，在此基础上通过建议书。

无线电通信部门制定规章制度和政策的职能由世界和区域无线电通信大会以及无线电通信全会完成，并得到各研究组的支持。

知识产权政策（IPR）

国际电联无线电通信部门（ITU-R）的 IPR 政策述于 ITU-R 第 1 号决议所参引的《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 建议书系列

（可同时在以下网址获得：<http://www.itu.int/publ/R-REC/zh>）

系列

标题

BO	卫星传输
BR	用于制作、存档和播放的记录；用于电视的胶片
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、业余无线电以及相关卫星业务
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	卫星固定和固定业务系统之间频率共用和协调
SM	频谱管理
SNG	卫星新闻采集
TF	时间信号和标准频率发射
V	词汇和相关课题

注：本ITU-R建议书英文版已按ITU-R第1号决议规定的程序批准。

电子出版物
2024年，日内瓦

© 国际电联 2024

版权所有。未经国际电联书面许可，不得以任何手段翻印本出版物的任何部分。

ITU-R RS.2105-2建议书

使用432 MHz与238 GHz之间分配频段的
卫星地球探测业务（有源）系统的典型技术和操作特性

(2017-2021-2023年)

范围

该建议书提供了使用432 MHz与238 GHz之间分配频段的卫星地球探测业务（有源）系统的技术和操作特性，用于共用和兼容性研究。

关键词

EESS（有源），卫星地球探测业务，遥感，合成孔径雷达，高度计，测雨雷达，散射仪，云廓线雷达

缩写词/词汇表

ARNS	航空无线电导航业务
CPR	云廓线雷达
EESS	地球探测卫星业务
e.i.r.p.	有效全向辐射功率
FM	调频
IFOV	瞬时视场
LHCP	左手圆形
LFM	线性调频
LST	当地太阳时
LRM	低分辨率模式
Non-GSO	非对地静止卫星轨道
NSS	非太阳同步
pdf	功率通量密度
PRF	脉冲重复频率
RF	射频
RHCP	右手圆形
SRS	空间研究业务
SSO	太阳同步
SAR	合成孔径雷达

国际电联无线电通信全会，

考虑到

- a) 卫星地球探测业务（EESS）（有源）观测可以接收源自有源业务的发射；
- b) 在某些频段中，EESS（有源）与有源业务一起分配频段；
- c) 关于对EESS（有源）系统的保护问题，在ITU-R内进行研究；
- d) 为实施与EESS（有源）系统之间的兼容性和共用问题研究，必须掌握这些系统技术和操作特性方面的知识，

认识到

- a) ITU-R RS.577建议书提供了关于设想在432 MHz与238 GHz之间分配频段内工作的有源传感器系统带宽的信息；
- b) 若干ITU-R建议书和报告提供了关于在若干频段内工作的EESS（有源）系统的当前和未来特性的信息（详见附件，表2），

建议

在研究使用432 MHz与238 GHz之间分配频段的卫星地球探测业务（有源）系统的时候，应考虑到本建议书附件中所述的技术和操作特性。

附件

使用432 MHz与238 GHz之间分配频段的 卫星地球探测业务（有源）系统的技术和操作特性

目录

页码

1	引言	3
2	有源传感器类型和典型特征	3
3	典型轨道	4
4	有源传感器干扰和性能标准	4
5	对有源传感器共用问题的考虑	5
6	参数的定义	7
7	典型系统的参数	12

1 引言

在分配给卫星地球探测业务（EESS）（有源）的某些频段中，地球探测和气象卫星使用有源传感器来遥测地球及其大气层。这些有关传感器的工作成果广泛运用于气象学、气候学以及以实际操作和科学研究为目的的其它学科。

本建议书提供了使用432 MHz与238 GHz之间分配频段的卫星地球探测业务（有源）系统的技术和操作特性，用于共用和兼容性研究。然而，应该指出的是，一些EESS（有源）系统尚在开发中，故对所提供的某些参数的典型值应只做初步考虑，因为这些参数仍有可能改变。

2 有源传感器类型和典型特征

在本建议书中，提出了五种有源星载传感器类型：

- 类型1：合成孔径雷达（SAR）– 传感器观测星下轨迹的一侧，收集相干雷达回波的相位和时间历程，从中，从回波可以获得地球表面的雷达图像，或者从干涉仪回波可以获得地形特征。
- 类型2：高度计 – 传感器观测星下点，测量发射事件与接收事件之间的精确时间，以提取地球海洋表面的精确高度。
- 类型3：散射仪 – 传感器指向相对星下轨迹两侧的各种观测角，使用回波功率随扫描角变动的测量结果来确定地表粗糙度或者确定地球海洋表面的风向和速度。
- 类型4：测雨雷达 – 垂直于星下轨迹扫描的传感器，用于测量降雨雷达回波，以确定地球表面的降雨率和降雨的三维结构。
- 类型5：云廓线雷达 – 传感器观测星下点，测量从云层返回的雷达回波，以确定地球表面的云反射率剖面。

表1列出了星载有源传感器的一些典型特性。在本建议书第7节中提供的、工作于各频段上的系统的实际特性值，可能会与表1中所示的这些典型特性值相差很大。

表1

有源星载传感器的典型特征

特性	传感器类型				
	SAR	高度计	散射仪	测雨雷达	云廓线雷达
业务区域	陆地/海岸/海洋	海洋/冰层/陆地/内陆水域	海洋/冰层/陆地/海岸	陆地/海洋	陆地/海洋
天线波束	扇形波束	笔形波束	– 扇形波束 – 笔形波束	笔形波束	笔形波束
观测几何学	侧视星下 10°-60°偏角	– 星下点观测 – 多入射角观测	– 方位角上三/六个扇形波束 – 一个或多个锥形扫描波束	绕星下跨迹扫描	星下点观测

表1（结束）

特性	传感器类型				
	SAR	高度计	散射仪	测雨雷达	云廓线雷达
足迹/动力学	– 注视一侧 – scanSAR – 聚焦	– 注视星下点 – 多入射角观测	– 注视方位角 – 多锥形扫描波束	星下跨迹扫描	注视星下点
射频带宽	20-1 200 MHz	320-500 MHz	5-80 kHz（海洋） 或 1-4 MHz（陆地）	14 MHz	300 kHz
发射峰值功率（W）	1 500-16 000	20	100-5 000	600	1 000-1 500
波形	线性FM脉冲	线性FM脉冲	中断的CW或短脉冲（海洋） 或线性FM脉冲（陆地）	短脉冲	短脉冲
发射占空比（%）	1-30	46	31（海洋）或 10（陆地）	0.9	1-14

3 典型轨道

EESS（有源）系统运行于非对地静止卫星轨道（非GSO）上。轨道通常是高度在350 km与1 400 km之间的圆形。某些EESS（有源）系统运行于太阳同步轨道上。一些传感器每天都对地球上的同一个区域进行测量，而另一些传感器则只在一个较长的（往往超过两个星期）重复周期后才重复进行观测。

在某些情况下，多个卫星编队运行。编队飞行的EESS卫星允许具备采用多种手段、在多个方向上对不同的地球系统特性（陆地、海洋、大气层、冰冻圈和固体地球）进行测量的能力。在短于被测现象的时间常数的时间段内，将把来自多个航天器的测量分开。名义上，这种分隔在5分钟到15分钟的时间量级上，但也可短至几秒钟。

4 有源传感器干扰和性能标准

ITU-R RS.1166建议书为各种类型的有源星载传感器提供了关于性能、干扰和数据可用性的标准。需要了解有源星载传感器的性能标准，以便确定干扰标准。而干扰标准反过来又可用于评估工作于公共频段上的其它有源业务与有源传感器之间的兼容性。

5 对有源传感器共用问题的考虑

5.1 现有的ITU-R建议书和报告

在表2列出的ITU-R建议书和报告中提供了对EESS（有源）和其它业务中星载有源传感器之间共用问题有考虑的因素。这些建议书和报告涉及特定的频段或频率范围，以及工作于这些频段上的其它业务。

星载有源传感器的共用问题包括功率通量密度（pfd）的水平、地球表面接收的干扰功率、发射的射频信号类型、与其它业务系统耦合的天线动力学，以及其它业务中的系统类型。

表2

对有源传感器共用问题有考虑的ITU-R文件清单

建议书	
ITU-R RS.1260	420-470 MHz范围内在有源星载传感器与其它业务之间实现共用的可行性
ITU-R RS.1261	92-95 GHz范围内在星载云层雷达与其它业务之间实现共用的可行性
ITU-R RS.1280	选择有源星载传感器的发射特性，以减轻对工作于1-10 GHz频段上的地面雷达的潜在干扰
ITU-R RS.1281	保护无线电定位业务免受工作于13.4-13.75 GHz频段上的有源星载传感器的辐射干扰
ITU-R RS.1282	1 260 MHz附近在风廓线仪雷达与有源星载传感器之间实现共用的可行性
ITU-R RS.1347	1 215-1 260 MHz频段上在卫星无线电定位业务接收机与卫星地球探测（有源）和空间研究（有源）业务之间实现共用的可行性
ITU-R RS.1628	35.5-36 GHz频段上在卫星地球探测业务（有源）、空间研究业务（有源）与该频段上所分配其它业务之间的共用
ITU-R RS.1632	5 250-5 350 MHz频段上卫星地球探测业务（有源）与移动业务中无线接入系统（包括无线局域网（RLAN））之间的共用
ITU-R RS.1749	利于地球探测卫星业务（有源）和空间研究业务（有源）使用1 215-1 300 MHz频段的干扰减轻技术
ITU-R RS.2043	9 600 MHz附近卫星地球探测业务（有源）中合成孔径雷达的特性
ITU-R RS.2065	保护8 400-8 450 MHz和8 450-8 500 MHz频段上空间研究业务（SRS）空对地链路免受9 600 MHz附近卫星地球探测业务（有源）所用之合成孔径雷达无用辐射的影响
ITU-R RS.2066	保护10.6-10.7 GHz频段上射电天文业务免受9 600 MHz附近卫星地球探测业务（有源）所用之合成孔径雷达无用辐射的影响
ITU-R RS.2068	星载有源传感器当前和未来对13.5 GHz附近频段的使用

表2（结束）

建议书	
ITU-R RS.2094	与9 300-9 500 MHz和9 800-10 000 MHz频段上地球探测卫星业务（有源）与无线电测定业务之间兼容性问题有关的研究，以及与9 800-10 000 MHz频段上地球探测卫星业务（有源）与固定业务之间兼容性问题有关的研究。
ITU-R RS.2178	无线电频谱在地球观测和相关应用方面的重要作用及全球重要性
报告	
ITU-R RS.2273	1 215-1 300 MHz频段上EESS（有源）散射仪对ARNS系统的潜在干扰
ITU-R RS.2274	9 600 MHz附近卫星地球探测业务扩展分配频段上规划之星载合成孔径雷达应用的频谱需求
ITU-R RS.2310	最坏情况下，35.5-36.0 GHz频段上工作于无线电定位业务的系统主瓣-主瓣天线耦合进入工作于卫星地球探测业务（有源）的有源传感器接收机的干扰电平
ITU-R RS.2311	1 215-1 300 MHz频段上脉冲射频信号影响测量以及可能减轻卫星地球探测业务（有源）系统与RNSS系统和网络之间干扰的技术
ITU-R RS.2313	工作于8 700-9 300 MHz和9 900-10 500 MHz频段上的宽带卫星地球探测业务（有源）发射与无线电测定业务台站之间的共用分析
ITU-R RS.2314	工作于8 700-9 300 MHz和9 900-10 500 MHz频段上的宽带卫星地球探测业务合成孔径雷达（EESS SAR）发射与固定、移动、业余和卫星业余业务台站之间的共用分析

5.2 归因于有源星载传感器的功率通量密度水平

表1所示的各类型有源星载传感器的特性表明，所传输的峰值功率以及因此在地球表面接收到的功率水平将会发生显著变化。表3显示了某些典型传感器配置下地球表面的有源传感器pfd水平。

表3
地球表面典型的pfd水平

参数	传感器类型				
	SAR	高度计	散射仪	测雨雷达	云廓线雷达
传输峰值功率（W）	1 500	20	100	578	630
天线增益（dBi）	36.4	43.3	34	47.7	63.4
高度（km）	695	1 344	1 145	350	400
Pfd（dB(W/m ² ））	-59.67	-77.25	-78.17	-46.55	-31.64

5.3 与其他业务系统耦合的天线动力学

表1显示了有源传感器的观测几何学和足迹/动力学。所有五种类型的有源传感器均安装在俯视地球表面的航天器上。

SAR有一个观测角，即星下点与波束中心之间的角度，从10度到55度。自星下点，散射仪有一个观测角，约为40度。

高度计、测雨雷达和云廓线雷达为星下观测。典型的地面搜索雷达覆盖低仰角，因此它们不具有与高度计、测雨雷达或云廓线雷达耦合的主瓣对主瓣。

随着航天器在轨道上的运行，星载传感器波束扫过地面系统。对于2度的传感器波束宽度，波束在约2-3秒的时间内扫描通过地面系统。SAR通常可以在指令观测角或ScanSAR模式的各种观测角下俯视到星下轨迹的一侧。散射仪要么固定于各方位角上，要么用一个或多个波束在星下点附近进行圆锥扫描。对于2度的传感器波束宽度，锥形扫描波束在小于25毫秒的时间内扫描通过地面系统，扫描速度为15 rpm。典型的地面搜索雷达也以5-10 rpm的速率扫描360度的方位角，使得具有1度波束宽度的地面雷达波束能够仅在30-60毫秒的时间内扫描通过星载传感器。测雨雷达通常为星下观测和跨星下轨迹扫描。对0.7度的传感器波束宽度，测雨雷达的跨轨迹扫描波束将以大约57度/秒的扫描速度、在仅12.5毫秒的时间内扫描通过地面系统。高度计和云廓线雷达通常为星下观测。

6 参数的定义

本节提供了用于表征本建议书中提供之有源传感器工作参数的定义。

表4
参数的定义

参数	定义
传感器类型	在本建议书引言中描述的五种类型之一
轨道参数	
轨道类型	例如：圆形或椭圆形、太阳同步（SSO）或非太阳同步（NSS）
高度（km）	高于平均海平面的高度
倾角（度）	赤道与轨道平面之间的角
升交点LST	升交点的本地太阳时间（LST）是航天器上升轨道穿越赤道的当地太阳时间
偏心率	（椭圆）轨道的焦距与长轴的长度之间的截距比
重复周期（天）	天线波束足迹返回到（大约）相同地理位置的时间

表4（续）

参数	定义
传感器天线参数 各传感器中天线的特性不同。	
天线类型	例如：馈入有源相控阵的抛物面偏置、至有源相控阵的无源波导、平面开槽波导阵列。
波束数	波束数是同一时间内地球上数据来源点的数量
天线直径（或尺寸）	天线反射器的直径（当适用时）或者平面阵列的长度和宽度（当适用时）。
天线峰值（发送和接收）增益（dBi）	<p>最大（峰值）天线增益可以是测量值，或者如果不知道，可以通过计算得到。</p> <p>对抛物面反射器，最大天线增益可以通过使用反射器的天线效率η和直径D（当适用时）来估算：</p> $\text{最大天线增益} = \eta \left(\pi \frac{D}{\lambda} \right)^2$ <p>对平面阵列天线的情况，最大增益可以通过使用平面阵列的长度l和宽度w（当适用时）来估算，估算公式如下：</p> $\text{最大天线增益} = \eta 4\pi l w / \lambda^2$
极化	<p>线性（H或V）或圆极化（RHCP或LHCP）规范。</p> <p>注意：在列出“HV”极化的情况下，发射“H”极化、接收“V”极化，对“VH”极化，反之亦然。</p>
-3 dB波束宽度（度）	-3 dB波束宽度（也成为半功率波束宽度）， θ_{3dB} ，定义为辐射强度是最高值一半的两个方向之间的角。
瞬间视场IFOV	<p>瞬间视场（IFOV）指的是探测器实施测量的区域。通过了解卫星的高度，IFOV的大小可以在星下点的地球表面上计算得到：IFOV通常用$\text{km} \times \text{km}$表示。IFOV衡量分辨率单元的大小。</p> <p>在扫描系统中，IFOV指的是扫描动作停止时探测器对向的立体角。对圆锥扫描雷达，通常可以计算两个值：</p> <ul style="list-style-type: none"> - 沿迹：该平台动作的方向（沿在轨方向）； - 跨迹：正交于传感器平台动作的方向。 <p>对如图1所示的星下扫描雷达，星下点IFOV = $H\theta_{3dB}$，其中H是卫星的高度，θ_{3dB}是半功率波束宽度。</p>
天线入射角（度）	指向方向与地球表面法线之间的角，如图1中的角 i （在某些情况下，提供星下偏角）。
方位角扫描速度（rpm）	方位角扫描速度指的是天线做方位角扫描时每分钟360度转数的数量。

表4（续）

参数	定义
天线波束观测角（度）	天线波束观测角 α 是天线视轴与星下点之间的角度，有时称为星下点偏角。一些系统提供了入射角的信息 i 。它们是角度 α 和 i ，如图1所示。
天线波束方位角（度）	天线波束方位角是由速度响亮和负轨道法线向量定义的、平面内天线视轴与速度向量之间的角度（见图2）。
天线仰角波束宽度（度）	天线仰角波束宽度是波束-3 dB点之间仰角或跨迹方向上的角度。
天线方位角波束宽度（度）	天线方位角波束宽度是波束-3 dB点之间方位角或沿迹方向上的角度。
地带宽度（km）	地带宽度定义为跨迹方向上覆盖的线性地面距离。
主波束效率	主波束区定义为：一个锥角的大小，其开角等于2.5倍的测量-3 dB波束宽度。主波束效率定义为：在主波束中收到的能量与在完整天线方向图中收到的能量之比。
波束动态	波束动态定义如下： <ul style="list-style-type: none"> - 对圆锥扫描，它指的是波束的转速； - 对星下扫描，它指的是每秒扫描次数。
传感器天线方向图	天线增益是离轴角的一个函数。
发射机特性	
射频中心频率（MHz）	射频中心频率是所发射信号带宽中心所在的频率。
射频带宽（MHz）	射频带宽是所发射信号的-3 dB带宽。出于兼容性分析之目的，这通常也被用作接收机带宽。
发射峰值功率（W）	发射峰值功率是所发射波形包络的峰值功率。
发射平均功率（W）	发射平均功率是所发射波形包络的峰值功率乘以发射占空比的乘积。
脉冲宽度（ μ s）	脉冲宽度是所发射脉冲的半功率持续时间。
脉冲重复频率（PRF）（Hz）	脉冲重复频率是所发射脉冲波形的频率。
调频转换速率（MHz/ μ s）	线性FM（LFM）脉冲的调频转换速率是射频带宽（单位：MHz）与脉冲宽度（单位： μ s）之比。
发射占空比（%）	发射占空比是所发射脉冲宽度和脉冲重复频率的乘积。
工作占空比（%）	每个轨道发射机工作时间的百分比（根据不同运行模式这会有所不同）。
e.i.r.p.平均值（dBW）	平均有效全向辐射功率（e.i.r.p.）是理论上全向天线辐射在最大天线增益方向上生成观测到的平均功率密度的功率量；e.i.r.p.是发射平均功率和天线峰值增益（dBW）的乘积。
e.i.r.p.峰值（dBW）	峰值有效全向辐射功率（e.i.r.p.）是理论上全向天线辐射产生在最大天线增益方向上生成观测到的峰值功率密度的功率量；峰值e.i.r.p.是发射峰值功率和天线峰值增益（dBW）的乘积。

表4（结束）

参数	定义
传感器接收机参数	
传感器驻留时间	传感器驻留时间对应于分配给传感器探测器瞬时观测区域的回波测量的时间段。
灵敏度 (dBZ)	测雨雷达或云廓线雷达的灵敏度是测雨雷达或云廓线雷达的最小可探测反射率 Z (mm^6/m^3)，单位：dBZ。
系统噪声指数 (dB) 或 系统噪声温度 (K)	系统噪声系数是输入信噪功率比(S/N) _i 与输出信噪功率比(S/N) _o 之比。系统噪声温度实际上是天线噪声温度加上第一级接收机噪声温度；当第一级接收机增益大于16 dB时，其它系统噪声温度的作用通常可以忽略不计。
测量空间分辨率	
距离分辨率	空间分辨率通常被定义为在一个图像上区分两个空间相距甚近物体的能力。通常表示为距离或水平（通常为跨迹）和方位角分辨率，或者垂直（沿迹）分辨率。（注意：在此意义上，“垂直”不是指高度。）
方位角分辨率	

图1

锥形扫描散射仪典型的扫描配置

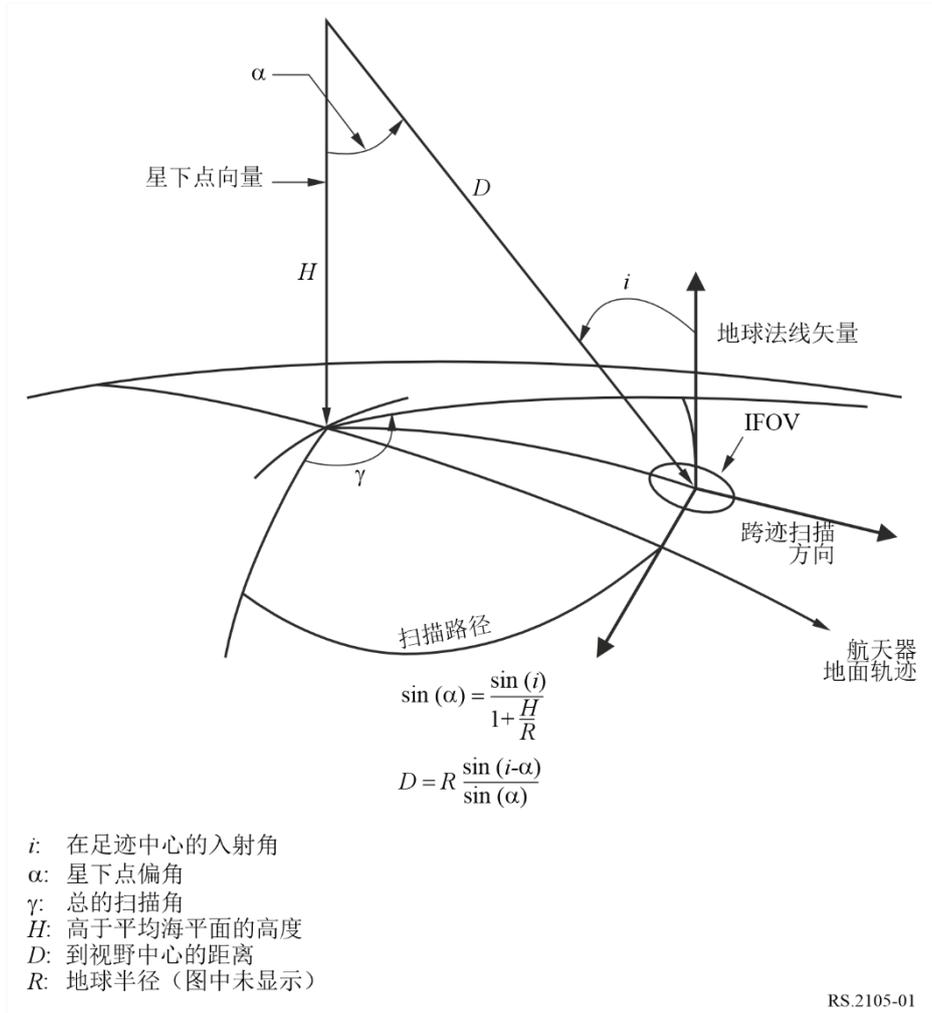
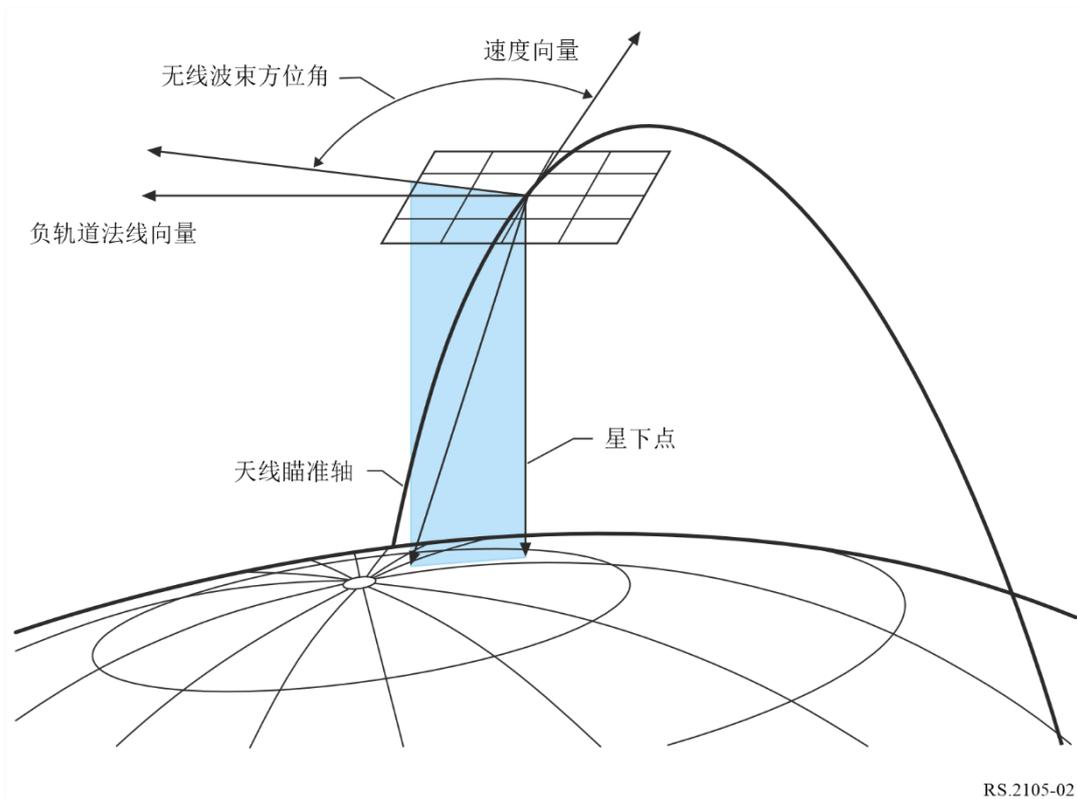


图2

由速度矢量和负轨道法线向量定义的平面



RS.2105-02

7 典型系统的参数

本节提供了432 MHz与238 GHz之间EESS（有源）频段上有源传感器的典型参数。一组参数使用一个频段，以支持最坏情况下的静态分析和动态分析。

7.1 工作于432-438 MHz频段上的有源传感器的典型参数

435 MHz SAR是使用432-438 MHz频段的有源微波传感器，以实现独立于天气的昼夜对地观测能力。较低的频率能够穿透植被冠层，从而提供全球植被模型，以提高对全球陆地碳循环的量化程度。表5中显示了435 MHz SAR的典型特性。

表5

432-438 MHz频段上EESS（有源）任务的特性

参数	SAR-A1
传感器类型	SAR
轨道类型	SSO
高度 (km)	665
倾角 (度)	98.1
升交点LST	06:00
重复周期 (天)	17
波束数	1
天线直径 (m)	12
天线峰值发射增益 (dBi)	33.6
天线峰值接收增益 (dBi)	33.6
极化	线性H、V
方位角扫描速度 (rpm)	0
天线波束观测角 (度)	22.7、25.9、28.2
天线波束方位角 (度)	86.2-93.8
天线仰角波束宽度 (度)	4.8
天线方位角波束宽度 (度)	3.2
射频中心频率 (MHz)	435
射频带宽 (MHz)	6
发射峰值功率 (W)	170
发射平均功率 (W)	10
脉冲宽度 (μs)	38
最大脉冲重复频率 (Hz)	1 550
调频转换速率 (MHz/ μs)	0.200、0.182、0.1861
发射占空比 (%)	5.9
e.i.r.p.平均值 (dBW)	43.6
e.i.r.p.峰值 (dBW)	55.9
系统噪声指数 (dB)	3

7.2 工作于1 215-1 300 MHz频段上的有源传感器的典型参数

1.25 GHz SAR是使用1 215-1 300 MHz频段的有源微波传感器，以实现独立于天气的昼夜对地观测能力。SAR可以有若干种模式，包括高分辨率的映射模式、中分辨率的映射模式和scanSAR模式。表6中显示了工作于1 215-1 300 MHz频段的SAR的典型特性。

表6中显示了工作于1 215-1 300 MHz频段的典型陆地散射仪的特性。

表6

1 215-1 300 MHz频段上EESS（有源）任务的特性

参数	SCAT-B1	SCAT-B2	SAR-B1	SAR-B2	SAR-B3	SAR-B4
传感器类型	散射仪	散射仪	SAR	SAR	SAR	SAR
轨道类型	圆形、SSO	圆形、SSO	圆形、SSO	圆形、SSO	近圆形、SSO	圆形、SSO
高度 (km)	670	657	757	628	693	628
倾角 (度)	98	98	98	97.9	98.18	97.9
升交点LST	18:00	18:00	18:00	12:00*	18:00	12:00*
重复周期 (天)	3	7	12	14	12	14
天线类型	偏置抛物面反射器	三馈偏置抛物面反射器	线性阵列馈入反射器	平面相控阵	平面相控阵	平面相控阵
波束数	1	3	1	1	1	1
天线尺寸/直径	6 m	2.5 m	15 m	9.9 m × 2.9 m	11 m × 3.6 m	9.9 × 3.9 m
天线峰值发射增益 (dBi)	36	28.1	35	34.7	33.5 (双极化)、34.6 (四极化)、39.5 (波形模式) ⁽¹⁾	35.2
天线峰值接收增益 (dBi)	36	28.1	45	36.6	25.4	33.4
极化	双、线性 H、V	双、线性 H、V	双/四、线性 H、V	双/四、圆形、线性 H、V	单/双/四、线性 H、V	双/四、线性 H、V
方位角扫描速度 (rpm)	13.0-14.6	0	0	0	0	0
天线波束观测角 (度)	34	25.9/33.9/40.3	30 (发射)、20-40 (接收)	7.2-59	25.2-38.7	7.2-59
天线波束方位角 (度)	0-360	99.7/74.8/96.5	90	±90/±3.5	90	±90/±3.5
天线仰角波束宽度 (度)	2.5	6.5/6.7/7.1	20.9	4.3-4.6	3.36 (发射)、13.45 (接收)	3.5
天线方位角波束宽度 (度)	2.5	6.5/6.7/7.1	0.89	1.3-2.1	1.1 (发射)、5.5 (接收)	1.2-2.1
射频中心频率 (MHz)	1 215-1 300	1 260	1 215-1 300	1 236.5/1 257.5	1 215-1 300	1 236.5/1 257.5/1 278.5

表6 (完)

参数	SCAT-B1	SCAT-B2	SAR-B1	SAR-B2	SAR-B3	SAR-B4
射频带宽 (MHz)	1	4	25	1 484	40-85	28-84
发射峰值功率 (W)	200	200	3 200	3 944-6 120	9 000	5 390-8 680
发射平均功率 (W)	28	—	614.4	453-454	600 (双极化)、720 (四极化)	490-960
脉冲宽度 (μ s)	15	1 000	60	18-71	10-80	21-67
脉冲重复频率 (PRF) (Hz)	3 500	100	1 500-2 000	1 050-3 640	1 300-3 800	1 100-3 955 ⁽²⁾
啁啾速率 (MHz/ μ s)	0.067	0.004	0.42	0.21-1.95	0.15-0.93	0.42-3.68
发射占空比 (%)	5.25	10	19.2	6.8-11.5	6.7-8 (2%用于波模式) ⁽¹⁾	6.4-9.1 ⁽²⁾
e.i.r.p.峰值 (dBW)	60	51.1	71.5	70.7-74.5	78	74.5
系统噪声系数 (dB)	4.0	7.0	3.9	4.9	3.3	2.6

⁽¹⁾ 波模式仅用于海洋上空。

⁽²⁾ 在某些观测模式下，非恒定脉冲重复频率 (PRF) 操作将在这个PRF范围内进行。

7.3 工作于3 100-3 300 MHz频段上的有源传感器的典型参数

表7中显示了3.1 GHz SAR的典型特性。

表7

3 100-3 300 MHz频段上EESS（有源）任务的特性

参数	SAR-C1	SAR-C2	SAR-C3
传感器类型	SAR	SAR	SAR
轨道类型	圆形、SSO	圆形	圆形
高度 (km)	500	503-536	503-536
倾角 (度)	97.3	97.4	97.4
升交点LST	06:00	09:00±1:00	10:00±1:00
重复周期 (天)	31	16	16
天线类型	—	抛物面反射器	抛物面反射器
波束数	9	—	—
天线直径 (或尺寸)	—	6 m	6 m
天线峰值增益 (dBi)	37.6	42	44
极化	VV	H、V	H、V
方位角扫描速度 (rpm)	0	0	0
天线波束观测角 (度)	25-47	25-55	20-55
天线波束方位角 (度)	90	90/-90	90/-90
天线仰角波束宽度 (度)	2.5	1	1
天线方位角波束宽度 (度)	1	1	1
射频中心频率 (MHz)	3 200	3 200	3 200
射频带宽 (MHz)	60	50/200	50/200
发射峰值功率 (W)	3 000	5 000	11 220
发射平均功率 (W)	300	—	—
脉冲宽度 (μs)	27	10	1-16
调频转换速率 (MHz/μs)	2.22	5/20	5/20
发射占空比 (%)	10	可变, 最大20%	可变, 最大20%
系统噪声指数 (dB)	2	3	3

7.4 工作于5 250-5 570 MHz频段上的有源传感器的典型参数

表8、9和10中显示了工作于5 250-5 570 MHz频段下的若干种SAR传感器、高度计和散射仪的典型特性。

应该指出的是，这些有源传感器中的大多数其业务范围是全球性的，SAR-D4、SAR-D5、SAR-D6和SAR-D1（双星星座）就是这种情况。

表8

5 250-5 570 MHz频段上SAR传感器的特性

任务	SAR-D1	SAR-D2	SAR-D3	SAR-D4	SAR-D5	SAR-D6	SAR-D7	SAR-D8
传感器类型	SAR	SAR	SAR	SAR	SAR	SAR	SAR	SAR
轨道类型	圆形SSO	SSO、圆形	SSO	近圆形	近圆形	近圆形	近圆形	近圆形
高度 (km)	693	764	536	792-813	586.9-615.2	586.9-615.2	755	410-420
倾角 (度)	98.18	98.6	97	98.6	97.74	97.74	98.4	51.6
升交点LST	18:00/6:00 ⁽¹⁾	10:30	6:00	6:00	6:00	6:00 (TBC)	18:00	N/A
重复周期 (天)	12	35	13	24	12	12 (TBC)	29	-
天线类型	相位阵列	相位阵列	平面相控阵	平面相控阵	平面相控阵	平面相控阵	平面相控阵	相控阵
波束数	1	1	1	1	1	1	1	1
天线尺寸/直径	12.3 m × 0.8 m	10 m × 1.3 m	10 m × 3 m	15 m × 1.5 m	6.88 m × .37 m	6.88 m × 1.37 m	15 m × 1.232 m	2.5 m × 1.2 m
天线峰值发射增益 (dBi)	43.5-45.3	40-45	35	49 ⁽²⁾	45 ⁽³⁾	45 ⁽³⁾	48	38.7
天线峰值接收增益 (dBi)	43.5-44.8	40-45	35	49 ⁽³⁾	45 ⁽³⁾	45 ⁽³⁾	48	38.7
极化	V、H	H、V	线性H、V	HH、HV、VH、VV	HH、VV、HV、VH、	HH、VV、HV、VH、CH、CV	HH、HV、VH、VV	H、V
天线波束观测角 (度)	20-47 ⁽³⁾	15-45	10-45	9-50	16-51	16-53	10-60	15-40
天线波束方位角 (度)	90	90	90	0	0	0	0	0/180
天线仰角波束宽度 (度)	6-8	2.5	4.6	1.88 (针对聚焦波束)	2.05 (针对聚焦波束)	2.05 (针对聚焦波束)	2.288	3.15

表8 (结束)

任务	SAR-D1	SAR-D2	SAR-D3	SAR-D4	SAR-D5	SAR-D6	SAR-D7	SAR-D8
天线方位角波束宽度 (度)	0.3	0.3	1.4	0.19	0.42 (针对聚焦波束)	0.42 (针对聚焦波束)	0.188	1.6
地带宽度 (km)	20-410	10-405	10-225	18-500	20-500	20-500	10-650	40-400
射频中心频率 (MHz)	5 405	5 331	5 350	5 405	5 405	5 405	5 400	5 350
射频带宽 (MHz)	100	16	18.75-75	11.6、17.3、30、50、100	14-100	14-300	2-240	36.3
发射峰值功率 (W)	4 140	2 500	4 000	2 400或3 700	1 490	1 990	15 360	5 000
发射平均功率 (W)	370	200	260	300	180	240	1 900	750
脉冲宽度 (μ s)	5-53	16-41	2 0	21、42	10-50	10-50	15-50	17.5-25.5
脉冲重复频率 (Hz)	1 450-2 000	1 600-2 100	3 250	1 000-2 800	2 000-7 000	2 000-7 000	1 100 Hz ~ 4 500 Hz	6 000-8 560
调频转换速率 (MHz/ μ s)	0.34-3.75	0.39	0.937-3.75	0.27-2.38	0.14-10	0.14-10	0.13-6.85	1.41-2.05
发射占空比 (%)	0.5-9.0 取决于操作模式	8.61	6.5	可变、最大8%	可变、最大12%	可变、最大12%	可变、最大20%	可变、最大15%
e.i.r.p.平均值 (dBW)	70 (针对9%的占空比)	68.0	68	约73 ⁽⁴⁾	67.67	69.0	约80.7	67.5
e.i.r.p.峰值 (dBW)	80	78.0	71.0	83.5 ⁽⁵⁾	76.7	78.0	89.8	75.7
系统噪声指数 (dB)	3.2	4.5	5.8	6	6	6	4	4/6

(1) 本系统是一个双星星座。

(2) 较低的增益可以用于较宽的波束。

(3) 天线波束“入射角”。

(4) 脉冲重复间隔的平均e.i.r.p.。

(5) 脉冲发射期间的最大e.i.r.p.。

表9

5 250-5 570 MHz频段上高度计的特性

任务	ALT-D1	ALT-D2 ⁽¹⁾	ALT-D3	ALT-D4 ⁽¹⁾	ALT-D5	ALT-D6
传感器类型	高度计	高度计	高度计	高度计	高度计	高度计
轨道类型	NSS	圆形、SSO	SSO	NSS	NSS	圆形、SSO
高度 (km)	1 336	814	963	1 336	890	1 000
倾角 (度)	66	98.65	99.3	66	78	99.4
升交点LST	NSS	22:00	06:00	NSS	NSS	—
重复周期 (天)	10	27	14	10	21	14
天线类型	抛物面反射器	抛物面反射器	抛物面反射器	抛物面反射器	抛物面反射器	抛物面反射器
波束数	1	1	1	1	1	1
天线尺寸/直径	1.2 m	1.2 m	1.4 m	1.2 m	1.2 m	1.5 m
天线峰值发射增益 (dBi)	32	32	35	33.5	32.0	33.6
天线峰值接收增益 (dBi)	32	32	43	33.5	32.0	33.6
极化	线性	线性	线性VV	线性	线性	线性
方位角扫描速度 (rpm)	0	0	0	0	0	0
天线波束观测角 (度)	0	0	0	0	0	0
天线波束方位角 (度)	0	0	0	0	0	0
天线仰角波束宽度 (度)	3.4	3.4	2.3	3.4	3.4	3
天线方位角波束宽度 (度)	3.4	3.4	2.3	3.4	3.4	3
地带宽度 (km)	79.4	48.4	38.7	97	52.9	51.4
射频中心频率 (MHz)	5 300	5 410	5 250	5 410	5 300	5 300
射频带宽 (MHz)	100、320	320	160	320	100、320	100、320
发射峰值功率 (W)	17	32	20	25	17	15.8
发射平均功率 (W)	0.51	0.4(LRM)、 0.25(SAR)	8.2	< 2	0.51	0.51、0.71
脉冲宽度 (μs)	106.0	49	102.4	32	106.0	110.5
脉冲重复频率 (Hz)	300	275(LRM)、 157(SAR)	670	2 060-9 280	300	294、412
调频转换速率 (MHz/μs)	0.9、3.0	6.5	1.56	9.69	0.9、3.0	0.9、2.9
发射占空比 (%)	3.1	1.5(LRM)、 0.7(SAR)	40.96	30	3.1	3.2、4.5
e.i.r.p.平均值 (dBW)	29.5	30.8(LRM)、 28.4(SAR)	44.1	36.51	29.2	30.7、32.1
e.i.r.p.峰值 (dBW)	44.8	49.5	48	47.47	44.3	45.6
系统噪声指数 (dB)	4.45	3.8	3.5	3.5	4.45	5.75

⁽¹⁾ 在低分辨率模式 (LRM) 或合成孔径雷达模式 (星下SAR) 下, 实施测量的双频雷达高度计 (C/Ku频段)。LRM模式是传统的高度计脉冲限制模式, 具有交错的C/Ku频段脉冲, 而星下SAR模式是基于SAR处理的沿迹高分辨率模式。该系统是一个双星星座。

表10

5 250-5 570 MHz频段上散射仪的特性

任务	SCAT-D1	SCAT-D2
传感器类型	散射仪	散射仪
轨道类型	SSO	SSO
高度 (km)	832	832
倾角 (度)	98.7	98.7
升交点LST	21:30	21:30
重复周期 (天)	29	29
天线类型	六扇形波束天线 (开槽WG阵列)	六扇形波束天线 (开槽WG阵列)
波束数	6	6
天线尺寸/直径	2.251 m × 0.337 m (中)、 3.003 m × 0.253 m (侧)	2.757 m × 0.315 m (中)、 3.02 m × 0.315 m (侧)
天线峰值发射增益 (dBi)	24-32	23-31 ⁽¹⁾
天线峰值接收增益 (dBi)	24-32	23-31
极化	所有波束的线性VV	全部6个波束的线性VV + VH/HV以及2 个中波束的线性HH
方位角扫描速度 (rpm)	0	0
天线波束观测角 (度)	22-45.6 (中波束) 29.5-53.4 (侧波束)	17.5-45.5 (中波束) 24-54 (侧波束)
天线波束方位角 (度)	45、90、135、225、270、315	45、90、135、225、270、315
天线仰角波束宽度 (度)	23.6 (中波束) 23.9 (侧波束)	28 (中波束) 30 (侧波束)
天线方位角波束宽度 (度)	1.5 (中波束) 1.2 (侧波束)	1.3
地带宽度 (km)	轨道平面的每一侧为550	轨道平面的每一侧为665
射频中心频率 (MHz)	5 255	5 355
射频带宽 (MHz)	0.5	2
发射峰值功率 (W)	120	2 512
发射平均功率 (W)	29 (中波束) 36.5 (侧波束)	92
脉冲宽度 (μs)	10 000	1 000
脉冲重复频率 (PRF) (Hz)	28.259	32
调频转换速率 (MHz/μs)	0.00002	0.00002
发射占空比 (%)	28.29	3.68
e.i.r.p.平均值 (dBW)	39-47	42-50
e.i.r.p.峰值 (dBW)	53	57-65
系统噪声指数 (dB)	3.0	3.5

⁽¹⁾ 天线增益取决于天线位置 (中间或侧面) 和入射角, 随它们不同而不同。

7.5 工作于8 550-8 650 MHz频段上的有源传感器的典型参数

表11中显示了8.6 GHz SAR的典型特性。

表11

8 550-8 650 MHz频段上EESS（有源）任务的特性

参数	SAR-E1
传感器类型	SAR
轨道类型	圆形、NSS
高度（km）	400
倾角（度）	57
重复周期（天）	3
波束数	1
天线类型	开槽波导
天线（发射和接收）峰值增益（dBi）	44.0
极化	线性H、V
方位角扫描速度（rpm）	0
天线波束观测角（度）	20-55
天线波束方位角（度）	90
天线仰角波束宽度（度）	2.5
天线方位角波束宽度（度）	0.4
射频中心频率（MHz）	8 600
射频带宽（MHz）	10、20
发射峰值功率（W）	3 500
发射平均功率（W）	243
脉冲宽度（ μ s）	40
脉冲重复频率（PRF）（Hz）	1 395-1 736
调频转换速率（MHz/ μ s）	1.0、0.5
发射占空比（%）	7
系统噪声指数（dB）	4.3

7.6 工作于9 200-10 400 MHz频段上的有源传感器的典型参数

表12中显示了工作于9 200-10 400 MHz频段上的SAR的典型特性。其它信息包含在ITU-R RS.2043建议书中。

表12

9 200-10 400 MHz频段上EESS（有源）任务的特性

参数	SAR-F1	SAR-F2	SAR-F3	SAR-F4	SAR-F5	SAR-F6	SAR-F7	SCAT-F8
传感器类型	SAR	SAR	SAR	SAR	SAR	SAR	SAR	散射计
轨道类型	圆形、SSO	圆形、SSO	SSO	SSO	SSO	圆形、SSO	圆形	圆形
高度 (km)	514	620	512	620	514	514	650..850	835
倾角 (度)	97.4	97.8	97.9	97.8	97.44	97.4	97..99	98.85
升交点LST	18:00	06:00	06:00	06:00	18:00	18:00	N/A	19:30
重复周期 (天)	11	16	5	16	11	11	—	—
天线类型	有源相控阵	平面阵列	偏置线性阵列 馈入发射器	平面阵列	有源相控阵	有源相控阵	相控阵	相控阵
波束数	1	1	1	1	1	1	1	1
天线（发射和接收）峰值增益 (dBi)	45.5	45.5	46	46.8	43.4	47	45.6	39.5/38.5
极化	线性VV	线性HH	线性VV、VH	线性HH	线性HH、VV	线性HH、VV	线性HH、VV	线性VV
方位角扫描速度 (rpm)	0	0	0	0	0	0	0	0
天线波束观测角 (度)	15-60	21-44	30-40	37.8	15-45	18-50	15-55	90
天线波束方位角 (度)	90	90	90	90	90	90	90	N/A
天线仰角波束宽度 (度)	2.54	1.32	1.5	1.34	2.5	1.13	1-1.2	26
天线方位角波束宽度 (度)	0.37	0.32	0.5	0.32	0.4	0.53	0.4-0.45	0.13
射频中心频率 (MHz)	9 650	9 600	9 600	9 500	9 650	9 800	9 600	9 623.275
射频带宽 (MHz)	150、300	41-118	10	40-300	5-300	1 200	600	0.5
发射峰值功率 (W)	2 000	7 600	3 000	7 600	2 260	7 000	1 800	1 600
发射平均功率 (W)	400	836	270	836	452	2 100	—	—
脉冲宽度 (μs)	47	18-31	20-30	18-31	47	50	36	2
脉冲重复频率 (Hz)	2 000-6 500	2 850-3 230	1 000-3 000	1 000-3 000	3 000-6 500	6 000	—	—
调频转换速率 (MHz/μs)	3.2、6.8	3.81	0.5-0.67	3.81-9.7	0.85-6.38	24	16.6	N/A
发射占空比 (%)	20	7-11	2-9	7-11	20	30	可变， 最大15%	可变， 最大15%
系统噪声指数 (dB)	2.9	1.0	3	1.0	5.0	3	4	4

表13 (结束)

任务	ALT-G1	ALT-G3	ALT-G4	ALT-G5	ALT-G6 (注1)	ALT-G7 (注1)	ALT-G8	ALT-G9
天线仰角波束宽度 (度)	1.2	0.9	1.27	1.2	1.27	1.35	1.5	1
天线方位角波束宽度 (度)	1.2	0.9	1.27	1.1	1.27	1.35	1.5	1
射频中心频率 (MHz)	13 575	13 580	13 575	13 575	13 575	13 575	13.575	13 500
射频带宽 (MHz)	320、80、20	320	320	320	350	320	320	500
发射峰值功率 (W)	60	20	25	25	7.1	8	5.6	21.7 ⁽²⁾ ; 24.4 ⁽³⁾
发射平均功率 (W)	2.16	8.2	5.41	2.22	0.66	<4	1.27	19.1 ⁽²⁾ ; 7.1 ⁽³⁾
脉冲宽度 (μs)	20	102.4	106.0	50	49	32	110.5	49 ⁽²⁾ ; 18 ⁽³⁾
脉冲重复频率 (Hz)	1 795.33	2 000	2 060	1 970 (LRM) 1818.1 (SAR模式)	1 924 (LRM) 1782.5 (SAR模式)	2 060-9 280	2 060	18 000 ⁽²⁾ ; 15 500- 16 800 ⁽³⁾
调频转换速率 (MHz/μs)	16、4、1	3.12	3.02	7.11	7.14	9.69	2.9	10.2 ⁽²⁾ ; 27.8 ⁽³⁾
发射占空比 (%)	3.6	40.96	21.63	8.88	1.35-2.65、9.31	30	22.7	88.2 ⁽²⁾ ; 29.1 ⁽³⁾
e.i.r.p.平均值 (dBW)	44.5	52.1	49.33	45.5	40.2	48.02	43.2	55.1 ⁽²⁾ ; 50.8 ⁽³⁾
e.i.r.p.峰值 (dBW)	59.0	56.0	56	60.0	50.5	51.03	49.7	55.7 ⁽²⁾ ; 56.2 ⁽³⁾
系统噪声指数 (dB)	2.5、3.0	2.8	2.6	1.9 ⁽⁴⁾	3.1	2.5	5.75	2.8

⁽¹⁾ 30天的子周期。

⁽²⁾ 关闭突发模式。

⁽³⁾ 开放突发模式。

⁽⁴⁾ 接收机噪声系数。

注1 – ALT-G5和ALT-G6为双频雷达高度计 (C/Ku频段)，在低分辨率模式 (LRM) 或合成孔径雷达模式 (星下SAR) 下实施测量。LRM模式是传统的高度计脉冲限制模式，具有交错的C/Ku频段脉冲，而星下SAR模式是基于SAR处理的沿迹高分辨率模式。ALT-G6系统正在筹备中，将是一个双星星座，两颗卫星在同一轨道上，两星之间有180度的相位差。

表14

13.25-13.75 GHz频段上散射仪的特性

任务	SCAT-G1	SCAT-G2	SCAT-G3	SCAT-G4
传感器类型	散射仪	散射仪	散射仪	散射仪
轨道类型	SSO	SSO	SSO	SSO
高度 (km)	803	963	720	836
倾角 (度)	98.6	99.3	98.28	98.75
升交点LST	06:00	06:00	12:00 (下交点)	06:00
重复周期 (天)	4	14	2	5.5
波束数	2	2	2	4
天线直径	1 m	1.3 m	1 m	3 m
天线峰值发射增益 (dBi)	41	42	39.5	48
天线峰值接收增益 (dBi)	41	42	39.5	48
极化	H (内部)、 V (外部)	HH、VV	HH、VV	HH、VV
方位角扫描速度 (rpm)	18	19.0	21.14	15
天线波束观测角 (度)	40、46	35、41	43.63 (HH)、 49.09 (VV)	36、40
天线波束方位角 (度)	0-360	0-360	0-360	0-360
天线仰角波束宽度 (度)	1.6	1	1.67	0.9
天线方位角波束宽度 (度)	1.6	1	1.47	0.3
射频中心频率 (MHz)	13 402	13 255.5	13 515	13 350
射频带宽 (MHz)	0.53	3-6	0.4	2
发射峰值功率 (W)	100	120	100	1 000
发射平均功率 (W)	30.6	28.8	27	450
e.i.r.p.峰值 (dBW)	61.0	62.8	20	78.0
脉冲宽度 (μ s)	1 700	650-1 200	1 350	1 500
脉冲重复频率 (PRF) (Hz)	180	100-200	200	300
调频转换速率 (MHz/ μ s)	0.000311765	0.005	0.0003	0.0013
发射占空比 (%)	30.6	24	27.0	45
e.i.r.p.平均值 (dBW)	55.9	56.6	53.8	74.5
e.i.r.p.峰值 (dBW)	61.0	62.8	59.5	78.0
系统噪声指数 (dB)	3.4	4.2	3.0	3.5

表15

13.25-13.75 GHz频段上测雨雷达的特性

任务	PR-G2	PR-G3	PR-G4
传感器类型	测雨雷达	测雨雷达	测雨雷达
轨道类型	NSS	NSS	NSS
高度 (km)	410	407	400
倾角 (度)	50	65	50
重复周期 (天)	11	82	6
波束数	2	1	4
天线直径 (m)	2	2.1 × 2.1	5.3
天线 (发射和接收) 峰值增益 (dBi)	47	47.4	55
极化	HH	H	HH、HV
方位角扫描速度 (秒/扫描)	0.7	0.7	0.42
天线波束观测角 (度)	±20	±17	±31
天线波束方位角 (度)	±90	±90	±90
天线仰角波束宽度 (度)	0.7	0.7	0.28
天线方位角波束宽度 (度)	0.7	0.7	0.28
射频中心频率 (MHz)	13 647、13 653	13 597、13 603	13 626、13 642、 13 658、13 674
波束数	2	49	4
射频带宽 (MHz)	0.6 × 2	0.6 + 0.6	8 × 4
发射峰值功率 (W)	1 000	1 000	2 000
发射平均功率 (W)	7.2	12.1	360
脉冲宽度 (μs)	1.6	1.6	40
脉冲重复频率 (PRF) (Hz)	4 500	4 485	4 500
调频转换速率 (MHz/μs)	NA*	NA*	0.2
发射占空比 (%)	0.72	1.21/0.67	18
e.i.r.p.平均值 (dBW)	55.6	55.7	80.6
e.i.r.p.峰值 (dBW)	77.0	77.4	88.0
系统噪声指数 (dB)	5	5.1	3.5

* 未经调制的脉冲。

7.8 工作于17.2-17.3 GHz频段上的有源传感器的典型参数

表16中显示了17.25 GHz SAR雷达的典型特性。

表16
17.2-17.3 GHz频段上EESS（有源）任务的特性

参数	SAR-H1
传感器类型	SAR
轨道类型	圆形SSO
高度 (km)	512
倾角 (度)	97.9
升交点LST	06:00
重复周期 (天)	5
天线类型	偏置线性阵列馈入发射器
波束数	1
天线 (发射和接收) 峰值增益 (dBi)	49
极化	线性VV、VH
方位角扫描速度 (rpm)	0
天线波束观测角 (度)	30-40
天线波束方位角 (度)	90
天线仰角波束宽度 (度)	0.9
天线方位角波束宽度 (度)	0.3
射频中心频率 (MHz)	17 250
射频带宽 (MHz)	10
发射峰值功率 (W)	4 000
发射平均功率 (W)	360
脉冲宽度 (μs)	20-30
脉冲重复频率 (PRF) (μs)	1 000-3 000
调频转换速率 (MHz/ μs)	0.5-0.67
发射占空比 (%)	2-9
系统噪声指数 (dB)	5

7.9 工作于24.05-24.25 GHz频段上的有源传感器的典型参数

表17中显示了工作于24.05-24.25 GHz频段下的星载雷达的典型特性，典型参数值包括示例雷达的特性。该频谱旨在供测雨雷达和散射仪使用。

表17

24.05-24.25 GHz频段上EESS（有源）任务的特性

参数	SCAT-I1	PR-I1
传感器类型	散射仪	测雨雷达
轨道类型	圆形、NSS	圆形、NSS
高度（km）	803	350
倾角（度）	98.6	35
重复周期（天）	4	46
天线类型	直径为0.56米的偏置反射器	1.18米开槽波导阵列
波束数	2	1
天线（发射和接收）峰值增益（dBi）	41	47.4
极化	H（内部）、 V（外部）	H
方位角扫描速度（rpm或秒/扫描）	18	0.6 s/扫描
天线波束观测角（度）	40、46	±17
天线波束方位角（度）	0-360	±90
天线仰角波束宽度（度）	1.6	0.71
天线方位角波束宽度（度）	1.6	0.71
射频中心频率（MHz）	24 150	24 150
射频带宽（MHz）	0.53	0.6
发射峰值功率（W）	100	578
发射平均功率（W）	30.6	2.57
脉冲宽度（μs）	1 700	1.6
脉冲重复频率（PRF）（Hz）	180	2776
调频转换速率（MHz/μs）	0.0003118	NA
发射占空比（%）	30.6	0.44
系统噪声指数（dB）	5	7

7.10 工作于35.5-36.0 GHz频段上的有源传感器的典型参数

表18中显示了工作于35.5-36.0 GHz频段下的SAR、雷达高度计和测雨雷达的典型特性。

表18

35.5-36 GHz频段上EESS（有源）任务的特性

参数	ALT-J1	ALT-J2 (注1)	ALT-J3	SAR-J1 (注2)	PR-J1	PR-J2	PR-J3	PR-J4
传感器类型	高度计	高度计	高度计	SAR	测雨雷达	测雨雷达	测雨雷达	测雨雷达
轨道类型	SSO	NSS	NSS	SSO	SSO	NSS	NSS	NSS
高度 (km)	800	891	714	780	650	407	410	600 ¹
倾角 (度) 升交点LST ⁽¹⁾	98.53	77.6	92	98.6	98.2	65	50	50
升交点LST*	18:00	NA	NA	18:00	13:00	NA	NA	NA
重复周期 (天)	35	22	367	11	53	82	11	6
天线尺寸/直径	1.0 m	5 m × 0.26 m	1.4 m × 1.25 m	3 m × 0.6 m (发射)、 3 m × 2 m (接收)	2.5 m × 5 m	0.8 × 0.81.6 m	1.2 m	2.1 m
天线峰值发射增益 (dBi)	49.3	48.5	50.2	49.5	60.4	47.4	47	55
天线峰值接收增益 (dBi)	49.3	48.5	50.2	55.0	60.4	47.4	47	55
极化	圆形	H, V	线性	H、V	H、V	H	HH	HH、HV
方位角扫描速度 (rpm)	0	0	0	0	0	0.7 s/扫描 ⁽²⁾	0.7 s/扫描	0.42 s/扫描
天线波束观测角 (度)	0	0	0	30	±2.4	±17	±20	±31
天线波束方位角 (度)	0	0	0	90	90	90	±90	±90
天线仰角波束宽度 (度)	0.6	2.7	0.4	2.9	0.2	0.7	0.7	0.28
天线方位角波束宽度 (度)	0.6	0.10	0.4	0.16	0.1	0.7	0.7	0.25
射频中心频率 (MHz)	35 750	35 750	35 750	35 750	35 600	35 547、 35 553	35 547、 35 553	35 526、 35 542、 35 558、 35 574

表18 (结束)

参数	ALT-J1	ALT-J2 (注1)	ALT-J3	SAR-J1 (注2)	PR-J1	PR-J2	PR-J3	PR-J4
射频带宽 (MHz)	480	210	500	40	2.5	0.6+0.6、 0.3+0.3	0.6 × 2	8 × 4
发射峰值功率 (W)	2	1 368	3.8 ⁽³⁾ ; 4.3 ⁽⁴⁾	3 000	1 500	140	150	300
发射平均功率 (W)	0.856	40.51	3.4 ⁽³⁾ ; 1.3 ⁽⁴⁾	300	19.3	2.56	27	54
脉冲宽度 (μs)	107	6.7	49 ⁽³⁾ ; 18 ⁽⁴⁾	36.1	1.67	1.6、3.2	1.6/10/20/40	40
最大脉冲重复频率 (PRF) (Hz)	4 000	4 420	18 000 ⁽³⁾ ; 15 500 至 16 800 ⁽⁴⁾	2 770	7 700	4 485	4 500	4 500
调频转换速率 (MHz/μs)	4.49	31.34	10.2 ⁽³⁾ ; 27.8 ⁽⁴⁾	1.108	1.54	NA ⁽¹⁾	0.015-0.375	0.2
发射占空比 (%)	42.8	2.96	88.2 ⁽³⁾ ; 29.1 ⁽⁴⁾	10.0	1.28	1.83	0.7-18	18
e.i.r.p.平均值 (dBW)	48.6	64.6	55.5 ⁽³⁾ ; 51.2 ⁽⁴⁾	84.3	73.3	47.1	61.4	72.4
e.i.r.p.峰值 (dBW)	52.3	79.9	56 ⁽³⁾ ; 56.6 ⁽⁴⁾	74.3	92.2	68.9	68.8	79.8
系统噪声指数 (dB)	3.9	4	4.1	4.5	4	6.3	6	3.5

(1) 未调制的脉冲。

(2) 每次扫描的方位角扫描速度 (以秒为单位) 指的是在一个周期内从一侧到另一侧 (跨迹) 扫描所需的时间。

(3) 关闭突发模式。

(4) 开放突发模式。

注1 – 该高度计系统是一个雷达干涉仪仪器, 它在10米高空的两端装有两个Ka频段SAR天线, 两个天线沿着轨道轨迹的两侧发射和接收所辐射的雷达脉冲。观测角限制在4.5度以内, 提供120 km宽的地带。

210 MHz带宽实现了跨迹地面分辨率, 从远地带的约10米到近地带的约60米。通过合成孔径处理的方式, 在沿迹方向上可获得约2米的分辨率。

注2 – Ka频段SAR单程干涉测量任务仍处于概念阶段。正在考虑采用多天线的单颗卫星形式或两颗卫星形式。

7.11 工作于78-79 GHz频段上的有源传感器的典型参数

表19中显示了工作于78-79 GHz频段下的星载雷达的典型特性，典型参数值包括示例雷达的特性。

表19

78-79 GHz频段上EESS（有源）任务的特性

参数	PR-K1
传感器类型	测雨雷达
轨道类型	圆形、NSS
高度（km）	400
倾角（度）	60
重复周期（天）	23
天线类型	抛物面反射器
天线（发射和接收）峰值增益（dBi）	61.7
极化	线性H
方位角扫描速度（rpm）	0.197
天线波束观测角（度）	0
天线波束方位角（度）	±17
天线仰角波束宽度（度）	0.71
天线方位角波束宽度（度）	0.71
射频中心频率（MHz）	78.500
射频带宽（MHz）	0.8
发射峰值功率（W）	1 000
发射平均功率（W）	14
脉冲带宽（μs）	3.33
脉冲重复频率（PRF）（Hz）	4 250
调频转换速率（MHz/μs）	N/A
发射占空比（%）	1.42
系统噪声指数（dB）	3

7.12 工作于94-94.1 GHz频段上的有源传感器的典型参数

表20中显示了工94-94.1 GHz频段下的CPR的典型特性。

表20

94-94.1 GHz频段上EESS（有源）任务的特性

参数	CPR-L1	CPR-L2
传感器类型	云廓线雷达	云廓线雷达
轨道类型	SSO	SSO
高度 (km)	705	393
倾角 (度)	98.2	97
升交点LST	13:30	02:00
重复周期 (天)	16	25
天线类型	抛物面反射器 – 偏置卡塞格伦天线	抛物面反射器
天线直径 (m)	1.85-2.5	2.5
天线 (发射和接收) 峰值增益 (dBi)	63.1-65.2	66
极化	线性	LHC (发射)、 RHC (接收)
地球入射角 (度)	0	0
方位角扫描速度 (rpm)	0	0
天线波束观测角 (度)	0	0
天线波束方位角 (度)	0	0
天线仰角波束宽度 (度)	0.12	0.095
天线方位角波束宽度 (度)	0.12	0.095
波束宽度 (度)	0.095-0.108	0.095
射频中心频率 (MHz)	94.050	94.050
射频带宽 (MHz)	0.36	7
发射峰值功率 (W)	1 000	2 200
发射平均功率 (W)	21.31	44
脉冲宽度 (μs)	3.33	3.3
脉冲重复频率 (PRF) (Hz)	4 300	1 800-7 500
调频转换速率 (MHz/μs)	N/A ⁽¹⁾	2.1
发射占空比 (%)	1.33	2
最低灵敏度 (dBz)	-30-35	-30-35
水平分辨率	0.7-1.9 km	800 m
垂直分辨率 (m)	250-500	500
多普勒范围 (m/s)	±10	±10
多普勒精度 (m/s)	1	1
系统噪声指数 (dB)	7	7

⁽¹⁾ 传感器使用未调制脉冲。

7.13 工作于133.5-134 GHz频段上的有源传感器的典型参数

表21中显示了中心频率为133.75 GHz的CPR的典型特性。对于小冰粒的敏感度而言，需要非常高的频率。

表21

133.5-134 GHz频段上EESS（有源）任务的特性

参数	CPR-M1
传感器类型	云廓线雷达
轨道类型	SSO
高度（km）	705
倾角（度）	98.2
升交点LST	13:30
重复周期（天）	16
天线直径（m）	3
天线（发射和接收）峰值增益（dBi）	75
极化	线性
方位角扫描速度（rpm）	0
天线波束观测角（度）	0
天线波束方位角（度）	0
天线仰角波束宽度（度）	0.043
天线方位角波束宽度（度）	0.043
射频中心频率（GHz）	133.75
射频带宽（MHz）	0.65
发射峰值功率（W）	300
脉冲宽度（ μ s）	1.6
脉冲重复频率（PRF）（Hz）	4 000
距离分辨率（m）	250
水平分辨率	0.2×0.7 km
系统噪声指数（dB）	8

7.14 工作于237.9-238 GHz频段上的有源传感器的典型参数

表22中显示了中心频率为237.95 GHz的CPR的典型特性。对于小冰粒的敏感度而言，需要非常高的频率。

表22

237.9-238 GHz频段上EESS（有源）任务的特性

参数	CPR-N1
传感器类型	云廓线雷达
轨道类型	SSO
高度 (km)	705
轨道倾角 (度)	98.2
升交点LST	13:30
重复周期 (天)	16
天线直径 (m)	3
天线 (发射和接收) 峰值增益 (dBi)	78
极化	线性
方位角扫描速度 (rpm)	0
天线波束观测角 (度)	0
天线波束方位角 (度)	0
天线仰角波束宽度 (度)	0.024
天线方位角波束宽度 (度)	0.024
射频中心频率 (GHz)	237.95
射频带宽 (MHz)	0.65
发射峰值功率 (W)	80
脉冲宽度 (μ s)	1.6
脉冲重复频率 (PRF) (Hz)	4 000
距离分辨率 (m)	250
水平分辨率	0.1×0.7 km
系统噪声指数 (dB)	11