

国 际 电 信 联 盟

ITU-R

国际电联无线电通信部门

ITU-R SA.2141-0建议书
(12/2021)

14.8-15.35 GHz频率范围内
空间研究业务系统的特性

SA系列
空间应用和气象学



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
2022年，日内瓦

© 国际电联 2022

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 SA.2141-0建议书

**14.8-15.35 GHz频率范围内空间研究
业务系统的特性**

(2021年)

范围

该建议书提供了14.8-15.35 GHz频段空间研究业务的技术和操作系统特性。应在共用和兼容性研究中应考虑这些特性。

关键词

系统特性、空间研究业务（SRS）、空对地、地对空、空对空、前向馈线链路、数据中继卫星（DRS）

相关的ITU-R建议书和报告

ITU-R SA.364-6建议书 – 用于空间研究业务载人和无人近地卫星的优选频率和带宽

ITU-R SA.510-3建议书 – 空间研究业务与14和15 GHz频段附近其它业务频率共用的可行性 – 数据中继卫星系统的潜在干扰

ITU-R SA.609-2建议书 – 有人和无人近地科学卫星的无线电通信链路的保护准则

ITU-R SA.1018-1建议书 – 对地静止轨道和低地球轨道用户航天器中含有数据中继卫星的系统的假设参考系统

ITU-R SA.1019-1建议书 – 数据中继卫星网络/系统的频段和传输方向

ITU-R SA.1155-2建议书 – 与数据中继卫星系统操作相关的保护准则

ITU-R SA.1414-2建议书 – 数据中继卫星系统的特性

ITU-R SA.1626-1建议书 – 空间研究业务（空对地）与固定业务和移动业务之间在14.8-15.35 GHz频段共用的可行性

国际电联无线电通信全会，

考虑到

- a) 14.8-15.35 GHz频段划分给了作为主要业务的固定和移动业务以及作为次要业务的空间研究业务（SRS），在传输方向上没有限制；
- b) 根据《无线电规则》（RR）第5.339款，15.20-15.35 GHz频段划分给了作为次要业务的SRS（无源）和卫星地球探测业务（EESS）（无源）；
- c) 根据《无线电规则》（RR）第5.340和5.511款，15.35-15.4 GHz频段划分给了作为主要业务的SRS（无源）、EESS（无源）和射电天文学业务；
- d) 由多个主管部门操作的数据中继卫星系统将14.8-15.35 GHz频段用于轨道间用户链路（空对空）和馈线上行链路（地对空）；

- e) 将来仍有使用宽带SRS下行链路发射高数据速率科学数据的要求；
- f) WRC-23议项1.13提议考虑将该频段上的SRS划分从次要业务状态提升为主要业务状态，

认识到

- a) 数据中继卫星目前在卫星间链路中使用14.8-15.35 GHz频段，此举允许与非对地静止轨道（non-GSO）卫星建立通信，包括SRS的载人飞行；
- b) 14.8-15.35 GHz频段也用于SRS中non-GSO卫星的现有高速数据链路，并计划用于未来的系统；
- c) 这些卫星是操作望远镜和/或用于测量地球磁层和太阳耀斑等现象的其他无源仪器所必需的，

建议

在共享和兼容性研究中，应考虑附件1中详述的14.8-15.35 GHz频段中空间研究业务的技术和操作系统特性。

附件1

14.8-15.35 GHz频段内空间研究业务的技术和操作系统特性

1 引言

空间研究业务（SRS）系统将14.8-15.35 GHz频段用于以下应用：

- 从SRS任务（使用各种轨道类型）到全球地球站的直接数据下行链路，
- 从数据中继卫星（DRS）系统地球站到GSO数据中继系统卫星的地对空馈线上行链路，
- 从用户航天器到GSO DRS卫星的空对空轨道间链路。

下面将讨论这些应用中每一个的特性。

2 频段内SRS直接数据下行链路的特性

预计在该频段中使用直接数据下行链路的SRS任务数量将有限，估计全世界每年有三到五颗卫星。这些卫星一般将部署在低地球轨道上，要么是极地倾斜，要么是赤道倾斜，有的在地球静止高度上，有的在HEO轨道上或者在L1或L2平动点上，还有的在月球轨道上或者在月球表面上。对于大多数这些SRS任务轨道类型，发射直接数据下行链路的SRS卫星的特性反映在表1中给出的链路预算中。对于月球轨道或月球表面上的SRS S/C，链路预算参数将因操作需要以及可用的先进调制和编码技术而变化；然而，地球表面上的PFD将不超过ITU-R SA.1626建议书中规定的水平。

在大多数情况下，假设这些链路支持400 Mbit/s的空对链路数据速率，尽管有些链路支持高达1.2 Gbit/s的数据速率。通过调整e.i.r.p.频谱密度，ITU-R SA.1626建议书所述的pfd限值在所有仰角上都将得到满足。假设SRS地球站接收天线的辐射方向图满足ITU-R SA.509建议书的要求。根据ITU-R SA.609建议书的保护准则，对共用可行性做出了评估。

表1

高速率直接数据下行链路SRS任务链路预算的示例

情况	NGSO 800 km alt @ 5 deg ES ant elev	NGSO 800 km alt @ 10 deg ES ant elev	NGSO 800 km alt @ 90 deg ES ant elev	GSO @ 10 deg elev	HEO	HEO	L1/L2	L1/L2
频率 (GHz)	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15, 15.2
波长 (m)	0.020	0.020	0.020	0.020	0.020		0.020	
计划	RHCP 或 LHCP							
卫星远地点 (km)	800	800	800	35 785	300 000	300 000	1 500 000	1 500 000
卫星近地点 (km)	800	800	800	35 785	500	500	1 500 000	1 500 000
数据速率 (Mbit/s)	400	400	400	400	400	320	100	600/信道
调制方法	未编码的QPSK						未编码的QPSK	8PSK
S/C发射功率 (dBW)	5	5	5	13	13	11.8	13	23
S/C发射滤波器、电缆损耗 (dBW)	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5
S/C发射天线直径 (m)	0.38	0.38	0.38	0.86	1.5	1.5	1.5	2.3
S/C发射天线效率	0.55	0.55	0.55	0.55	0.6	0.6	0.6	0.6
S/C发射天线增益 (dBi)	32.9	32.9	32.9	40.0	45.2	45	45.2	49
S/C发射EIRP (dBW)	37.4	37.4	37.4	52.5	57.7	55.8	57.7	71.5
S/C峰值EIRP密度 (dBW/MHz)	14.4	14.4	14.4	29.5	34.7	35.8	40.7	48.5
路径长度 (km)	2 784	2 367	800	40 585	20 000	20 000	1 505 257	1 505 257
自由空间路径损耗 (dB)	184.9	183.5	174.0	208.1	225.5	225.5	239.5	239.5
$10 \cdot \log(4 \cdot \pi \cdot d^2)$	139.9	138.5	129.1	163.2	157.0	157.0	194.5	194.5
ES接收仰角 (度)	5.0	10.0	90.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0
PF D限值 (dBW/m ² MHz)	-124	-121.5	-114	-123.5	-121.5	-121.5	-121.5	-121.5

表1 (结束)

情况	NGSO 800 km alt @ 5 deg ES ant elev	NGSO 800 km alt @ 10 deg ES ant elev	NGSO 800 km alt @ 90 deg ES ant elev	GSO @ 10 deg elev	HEO	HEO	L1/L2	L1/L2
地球表面的PFD (dBW/m ² MHz)	-125.5	-124.1	-114.7	-133.7	-122.3	-161.7	-153.8	-147.3
ES接收天线直径	1.35	1.35	1.35	4.25	17.0	12.0	34.0	32.0
ES接收天线效率	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
ES接收天线增益 (dBi)	45.0	45.0	45.0	54.9	67.0	64.0	73.0	72.5
波束边缘余度、雨水和大气损耗 (dB)	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-4.0	-4.0	-4.0	-4.0
ES接收器系统噪声温度 (deg K)	150.0	150.0	150.0	150.0	150.0	150	150.0	150
No (dBW/Hz)	-206.8	-206.8	-206.8	-206.8	-206.8	-206.8	-206.8	-206.8
接收机损耗 (dB)	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0
接收的Eb/No (dB)	13.9	15.3	24.7	15.6	14.5	17.7	12.5	18.5
理论的Eb/No (1E-6 BER) (dB)	10.5	10.5	10.5	10.5	10.5	10.5	10.5	15
要求的Eb/No (1E-6 BER) (dB)	11.5	11.5	11.5	11.5	11.5	11.5	11.5	16
Eb/No余量 (dB)	2.4	3.8	13.2	4.1	3.0	6.2	1.0	2.5

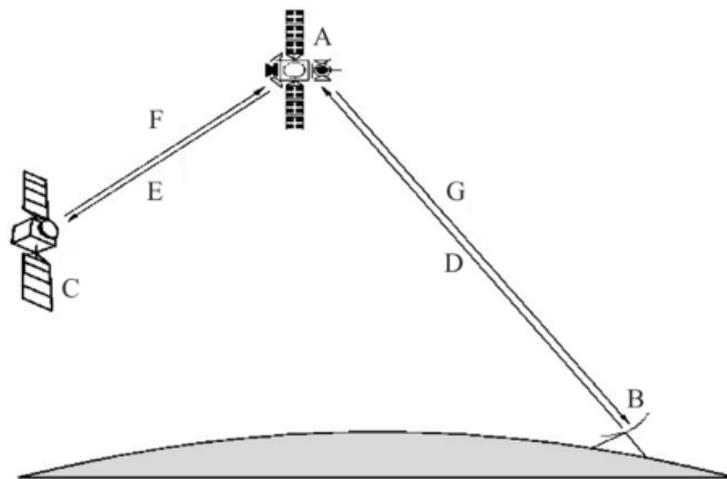
注：对于HEO轨道上的SRS S/C，在20,000 km的假定最小发射高度上计算PFD余量，并在300 000 km的最大作用距离上计算链路余量。

3 数据中继卫星系统

如下图1所示，DRS网络包含若干颗GSO卫星，用于位于中部的地球站和低地球轨道用户卫星之间的信号中继。在一些现有的DRS网络中，14.8-15.35 GHz频带段既用于图1中显示为链路D的“前向馈线链路”（从DRS地球站到DRS GSO卫星），也用于图1中显示为链路F的DRS“返回轨道间链路”（从用户卫星到DRS GSO卫星）。

图1

DRS网络的架构（ITU-R SA.1626建议书）



- A: DRS
- B: DRS地球站
- C: DRS用户航天器
- D: 前向馈线链路
- E: 前向轨道间链路（IOL）
- F: 返回IOL
- G: 返回馈线链路

SA.2141-01

3.1 数据中继卫星前向馈线链路的特性

工作于14.8-15.35 GHz频段的DRS前向馈线链路（见图1中的链路D）的特性见下表2。

表2
地对DRS Ku波段前向馈线链路特性

发射地球站		
网络	俄罗斯联邦	美利坚合众国
位置	俄罗斯联邦 ⁽¹⁾	美利坚合众国 ⁽¹⁾
频率范围 (GHz)	14.5-15.34 可选	14.6-15.25 可选
链路描述	前向馈线链路 ⁽³⁾	复合 ⁽²⁾
传输速率	≤ 105 Mbit/s	≤ 25 Mbit/s
调制	QPSK/SSM ⁽⁴⁾ , QPSK	PSK
极化	左手圆极化	线性极化
天线尺寸 (m)	13.1, 3.7, 3.0, 0.9	18.3
发射天线增益 (dBi)	63.3, 50.8, 49.8, 40.5	66.4
发射天线辐射方向图	ITU-R S.580建议书	RR附录8, 附件III
必要带宽 (MHz)	≤ 80/信道	650 (复合)
最大功率频谱密度 (dB(W/Hz))	-47	-58
最大e.i.r.p.频谱密度 (dB(W/Hz))	10.5	8.8
接收DRS		
轨道位置	ITU-R SA.1275建议书或ITU-R SA.1276建议书和31° E (对欧洲而言)	
天线尺寸 (m)	0.6	1.8
接收天线增益 (dBi)	36	47.0
接收天线辐射方向图	ITU-R S.672建议书	ITU-R S.672建议书
系统噪声温度 (K)	550	977
链路可用性 (%)	99.9	99.9
干扰准则	ITU-R SA.1155建议书	

表2的注:

- ⁽¹⁾ 俄罗斯联邦网络的地球站位于俄罗斯联邦领土内。美利坚合众国网络的地球站位于White Sands (新墨西哥州)、Blossom Point (马里兰州) 和关岛。White Sands地球站的坐标为32.5° N和106.60° W; Blossom Point地球站的坐标为38.43° N和77.08° W; 关岛地球站的坐标为13.62° N和144.86° E。
- ⁽²⁾ 美利坚合众国网络的复合链路由一个Ku波段 (14/11 GHz) 单一接入链路组成。
- ⁽³⁾ 俄罗斯联邦的DRS采用Ku频段的多个独立前向馈线链路信道、Ku波段单一接入 (Ku-SA) 链路以及为GLONASS系统 (GLONASS/SDCM) 加以扩展的不同的修正和监测系统链路。
- ⁽⁴⁾ SSM: 扩频调制。

3.2 SRS数据中继卫星系统轨间返回链路的特性

工作于14.8-15.35 GHz频段的DRS轨道间返回链路（见图1中的链路F）的特性见下表3。

表3
回程航天器至DRS链路特性

发射航空器		
网络	俄罗斯联邦	美利坚合众国
轨道位置	主要是低地球轨道	
频率范围（GHz）	14.76-15.34	14.891-15.116
链路描述	单一接入（Ku-SA）链路	
传输速率（bit/s）	≤ 105 Mbit/s	≤ 300 Mbit/s
调制	8PSK, QPSK	PSK
极化	RHC	圆极化
天线尺寸（m）	≤ 1.2	≤ 1.5
发射天线增益（dBi）	≤ 42.2	≤ 43
发射天线辐射方向图	ITU-R S.672建议书	
必要带宽（MHz）	≤ 80/信道	≤ 225
最大功率频谱密度（dB(W/Hz)）	-71.5	-73.5
最大e.i.r.p.频谱密度（dB(W/Hz)）	-29.3	-30.5
接收DRS		
网络	俄罗斯联邦	美利坚合众国
轨道位置	ITU-R SA.1275建议书 或 ITU-R SA.1276建议书	
频率范围（GHz）	14.76-15.34	14.891-15.116
天线尺寸（m）	4	4.9
发射天线增益（dBi）	52.6	52.6
发射天线辐射方向图	ITU-R S.672建议书	
系统噪声温度（K）	550	661
链路可靠性（%）	99.9	99.9
干扰标准	ITU-R SA.1155建议书	