

国 际 电 信 联 盟

**ITU-R**

国际电联无线电通信部门

**ITU-R RS.2042-0 建议书**

(02/2014)

**使用40-50MHz频段的星载雷达测深系统的  
典型技术和操作特性**

**RS 系列  
遥感系统**



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电信业务合理、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
<b>BO</b>	卫星传送
<b>BR</b>	用于制作、存档和播出的录制；电视电影
<b>BS</b>	广播业务（声音）
<b>BT</b>	广播业务（电视）
<b>F</b>	固定业务
<b>M</b>	移动、无线电定位、业余和相关卫星业务
<b>P</b>	无线电波传播
<b>RA</b>	射电天文
<b>RS</b>	<b>遥感系统</b>
<b>S</b>	卫星固定业务
<b>SA</b>	空间应用和气象
<b>SF</b>	卫星固定业务和固定业务系统间的频率共用和协调
<b>SM</b>	频谱管理
<b>SNG</b>	卫星新闻采集
<b>TF</b>	时间信号和频率标准发射
<b>V</b>	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  
2014年，日内瓦

© 国际电联 2014

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.2042-0 建议书

使用40-50MHz频段的星载雷达测深系统的  
典型技术和操作特性

(2014年)

## 范围

本建议书介绍了供兼容研究使用的星载雷达测深仪的技术和操作特性。

国际电联无线电通信全会，

考虑到

- a) 通过使用有源星载传感器，星载雷达测深仪将可提供次表面散射层的雷达地图，以便对水/冰沉积进行定位；
- b) 这项研究的学术目标为：1) 了解地球冰盖的总体厚度、内部结构和热稳定性（如在格陵兰岛和南极洲），并将其作为地球气候演变的可观察参数；2) 了解沙漠环境（如北非和阿拉伯半岛）中地球化石含水层的形成、分布和动态发展，这是理解近来古气候变化的关键因素；
- c) 需要测量深度为10 m至100 m的次表面散射层的反射率；
- d) 次表面散射层在微波波长的穿透深度与频率约为反比关系；
- e) 在全球范围内，为重复测量北非和阿拉伯半岛等沙漠环境中的地下水沉积以及格陵兰岛和南极洲等地区的地球冰盖情况，星载有源传感器的使用必不可少；
- f) 40-50 MHz为可满足星载雷达探测器所有要求的最佳频率范围；
- g) 40-50 MHz频段已划分给作为主要业务的固定、移动和广播业务；
- h) 40.98-41.015 MHz频段已被用于作为次要业务的空间研究业务；
- j) 星载雷达测深仪与其他主要和次要业务的操作须遵守《无线电规则》第4.4款的无干扰规定，且不得对其他业务造成有害干扰，亦不得要求其他业务提供保护；
- k) 10 MHz的带宽足以满足星载雷达测深仪的使用要求；
- l) 已确定的操作限制允许根据《无线电规则》第4.4款在无干扰基础上进行操作，例如：仅在无人居住或人烟稀少的格陵兰岛和南极洲冰盖地区以及北非沙漠和阿拉伯半岛地区操作，且雷达应仅在当地时间凌晨3点至凌晨6点进行操作，详见附件1，

建议

- 1 在星载雷达测深仪和兼容性研究中使用附件表1中给出的特性。

## 附件

使用40-50MHz频段的星载雷达测深系统的  
典型技术和操作特性

## 1 引言

目前，各方均有意在40-50 MHz附近通过遥感技术来对地表进行远程测量，并以此绘制出次表面散射层的雷达图，以及通过使用有源星载传感器来对水/冰沉积进行定位。本附件介绍了之所以选择该频段的理由以及此雷达测深系统的典型技术和操作特性。

本附件介绍了有源传感器在40-50 MHz的技术和操作特性，并研究了传感器与在此频段内具有划分的其他业务的共用情况。40-50 MHz频段目前被划分给固定、移动和广播业务。空间研究业务（SRS）则作为次要业务使用40.98-41.015 MHz频段。

## 2 选择该频段的理由

将40-50 MHz频段划分给星载探测雷达的原因基于以下选择标准：表面渗透、观察尺度范围、电磁散射模型区域及前期工作。

## 2.1 表面渗透

入射雷达波的穿透力通常为数十个波长。在适当的波长和散射介质组合条件下，无线电波可轻易穿透地球次表面的电介质材料。此深度 $\delta_p$ 的定量估算如下：

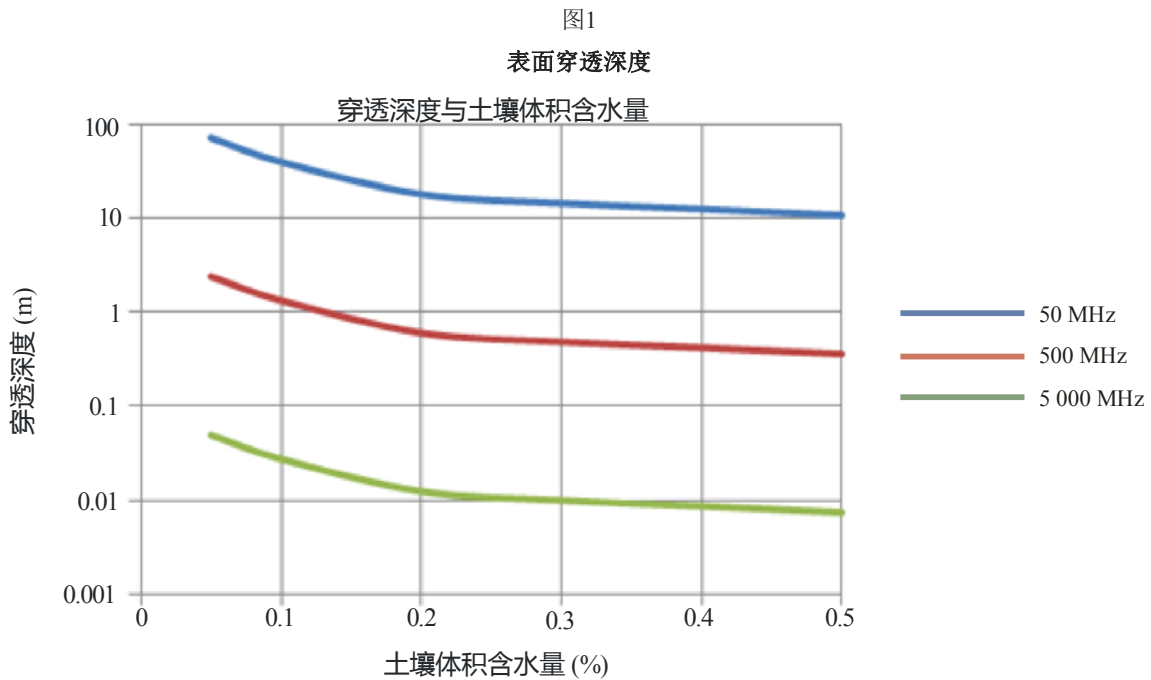
$$\delta_p = \frac{\lambda_0 \sqrt{e'}}{2\pi e''} \quad (1)$$

其中：

$\lambda_0$ : 波长

$e'$ 和 $e''$ : 表面介电常数的实部和虚部。

图1使用上述表达式与土壤介电常数给出了50 MHz、500 MHz和5000 MHz的表面穿透深度。从图中可明显看出，50 MHz的表面渗透比500 MHz深20至30倍，因而最适合进行地球渗透研究。我们的目标是绘制次表面散射层的雷达地图，以及使用有源星载传感器来对水/冰沉积进行定位。



RS.2042-01

## 2.2 观察尺度

在现有435 MHz和1250 MHz频段加上50 MHz将扩大表面粗糙度可被观察到的长度尺度范围。对许多地质表面而言，在背向散射中占主导地位的是波长接近或大于预计雷达波长的表面谐波分量，其他表面分量则仅通过二阶效应发挥作用。因此，在尽可能多的频率上以范围尽可能大的入射角进行雷达测量将有助于提高对地表所做描述的精度。

## 2.3 电磁散射模型区域

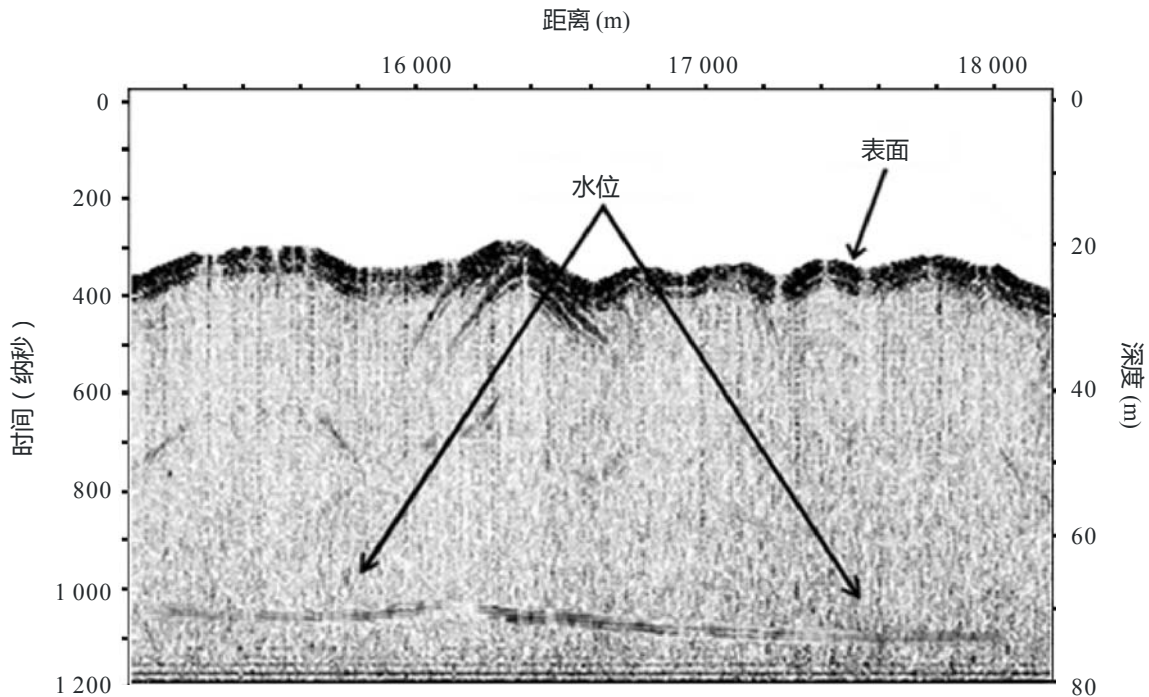
在现有435 MHz和1250 MHz频段加上50 MHz将扩大电磁散射模型的有效区域。50 MHz的雷达将对地下形态具有更高的敏感度，原因是表面的均方根高度仅为波长的一小部分，且导致所测得的雷达后向散射较低。由于50 MHz对地下形态具有较高敏感度，同时50 MHz信号可穿透的土壤深度更大，因此发生散射的地下体积将随之增加，同时，从地下接收到的功率与从表面接收到的功率之比将大于波长更短时的情况。此外，相对于50 MHz而言，埋设在冲积盖中的散射体将小于比435 MHz或1250 MHz时的情况。

## 2.4 在40-44 MHz频段的前期工作和规则状况

在3-50 MHz频段内，通过地面和机载雷达系统已完成大量开发和数据收集工作。在推进硬件开发的同时，在3-50 MHz亦完成了相应的计算工作，其目的是对表面穿透深度与土壤含水量的关系进行研究，以及对海洋雷达返回的测量数据进行分析。

在约50 MHz处，机载雷达已针对阿拉伯半岛的沙漠地区和南极进行了测量。图2给出了水位从49到52米的变化情况，相关数据源自2011年在科威特部署的机载甚高频（VHF）雷达。

图2  
2011年取自科威特机载VHF雷达的雷达探测图



RS.2042-02

在WRC-12的议项1.15下，曾考虑将3-50 MHz频段用于沿海地区的海洋雷达（无线电定位业务（RLS）），在ITU-R M.2234报告中，亦对相关共用研究做了介绍。WRC-12同意通过脚注及次要和主要划分相结合的形式在区域和国家层面将4-44 MHz子频段划分给RLS（43.35-44 MHz为通过国家脚注（两个国家）划分给RLS的最高频率范围），并通过脚注向现有的固定和移动业务提供保护。RLS应用仅限于根据第612号决议（WRC-12，修订版）操作的海洋雷达。第612号决议（WRC-12，修订版）亦包含了针对海洋雷达的其他限制，如25 dBW的最大e.i.r.p.和有所指配频率的台站标识（呼号）。在《无线电规则》中，在3-50 MHz频率范围内尚未针对EESS（有源）进行划分。如果为星载系统选择的频率处于较高或较低频段，那么将需针对沙漠地区的机载雷达操作重复开展相关硬件和计算工作。

### 3 40-50 MHz星载探测雷达的技术特性

星载探测雷达将在40-50 MHz频段内操作，且所测得的雷达数据将被用于地表研究，并就次表面散射层进行雷达测绘，以便对水/冰沉积进行定位。40-50 MHz星载探测雷达的特性见表1。

### 3.1 研究目标

星载有源传感器将产生的数据具有5-7 m的垂直分辨率，并具有66 dB的表面信噪比（SNR）。预计将需要9-16个月的时间才能完成轨道测绘工作。此项研究的学术目标为：1) 了解格陵兰岛和南极洲地球冰盖的总体厚度、内部结构和热稳定性，并将其作为地球气候演变的可观察参数；2) 了解沙漠环境（如北非和阿拉伯半岛）中的地球化石含水层的形成、分布和动态发展，这是理解近来古气候变化的关键因素。

### 3.2 轨道参数

星载有源传感器将由处于400 km高度的低地球轨道卫星运载，其倾角将针对太阳同步轨道进行优化，偏心率将小于0.001。

### 3.3 设计参数

我们假定地球轨道测深雷达系统为浅层雷达探测器（SHARAD）的地球增强副本，后者为SRS（有源）中的火星轨道探测雷达。星载探测雷达以45 MHz的中心频率发射FM调制脉冲，带宽为10 MHz，脉冲重复频率为1200 Hz。每个脉冲的持续时间为85  $\mu$ s。峰值射频（RF）功率为100 W，所发射的信号将被圆极化。上述设计参数见表1。

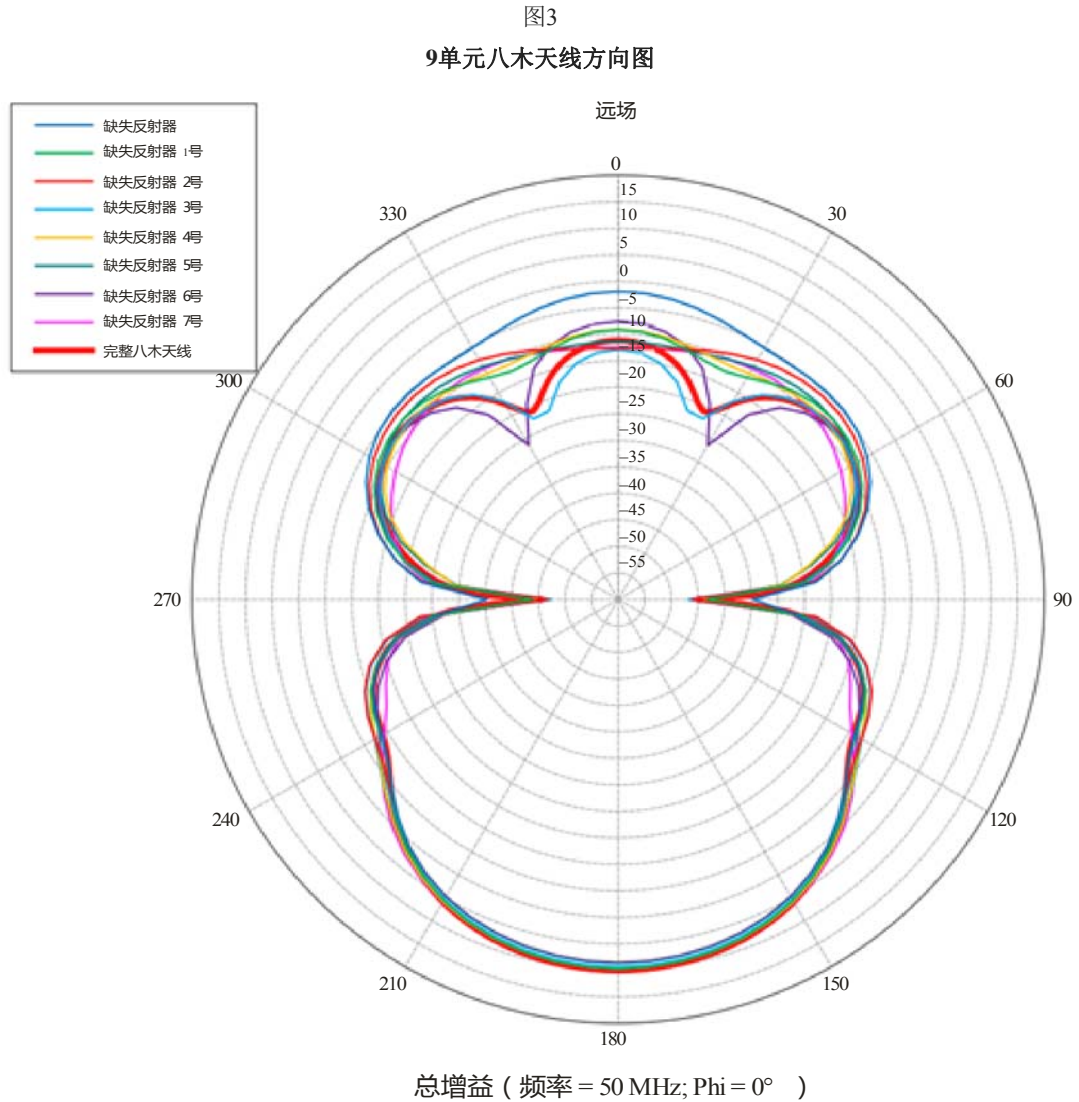
表1

50 MHz星载探测雷达的特性

参数	取值
轨道高度	400 km
轨道倾角	97度
射频中心频率	45 MHz
峰值射频输出功率	100 W
极化	圆极化（发射为LHC，接收为RHC）
脉冲调制	线性调频信号
脉冲带宽（-20 dB）	6-10 MHz
脉冲宽度	85 $\mu$ s
脉冲重复频率	1 220 Hz
压缩比	510-850
天线类型	Cross Yagi (9 elements) 十字八木（9元）
天线峰值增益	10 dBi
天线方向	天底
天线波束宽度	40度（EL），40度（AZ）

### 3.4 天线增益模式

星载探测雷达天线为9单元十字型八木天线，具有10 dBi的天线增益及范围和方位为40°的波束宽度，如图3所示。



RS.2042-03

### 3.5 操作限制

探测雷达将仅在无人居住或人烟稀少的格陵兰岛和南极洲冰盖地区以及北非沙漠和阿拉伯半岛地区操作，且雷达将仅在当地时间凌晨3点至凌晨6点进行的操作，在这个时间段，雷达信号所受到的电离层扰动最小，人为射频干扰亦最轻。



#### 4 地表pfd和频谱pfd电平

关于表1中所列的探测雷达参数，在45 MHz算得的功率通量密度（pfd）电平为-93.3 dB(W/m<sup>2</sup>-Hz)，这对应于45 MHz处-163.3 dB(W/m<sup>2</sup>-Hz)的频谱pfd电平，假定带宽为10 MHz。

#### 5 结论

目前，各方均有意在40-50 MHz附近通过遥感技术来对地表进行远程测量，并以此绘制出次表面散射层的雷达图，以及通过使用有源星载传感器来对水/冰沉积进行定位。本附件介绍了之所以选择该频段的理由以及此雷达测深系统的典型技术和操作特性。

将在40-50 MHz频率范围内操作的星载雷达测深仪的特性现已研发完毕。

---