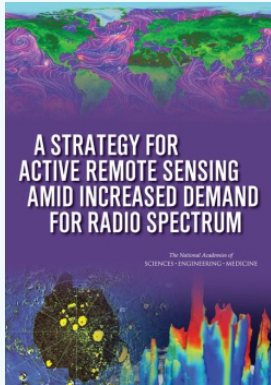


# 《无线电频谱需求增加下的主动遥感发展战略》评介

■ 侯美亭



NAP, 2015年

无线电频谱 (Radio Spectrum) 是频率介于0Hz和300GHz之间的电磁波谱, 其中0.3~300GHz范围的波谱被称为微波, 微波是科学界主动遥感主要使用的频谱范围。相比, 被动遥感使用的波谱范围更为宽泛, 即包括微波波段, 也包括频率大于300GHz的可见光、红外、热红外等波段。同可见光、红外相比, 微波的波长更长, 因此微波能够穿透云层、雾、沙尘等, 并且不受大气散射的干扰, 几乎在所有天气和环境条件下都可以检测到微波能量。这也是主动遥感大都采用微波波段的重要原因。

无线电频谱是一种宝贵的资源, 在社会许多行业领域都有重要的应用价值 (图1)。鉴于此, 许多国家都设有专门的机构对其进行监管。比如, 在美国, 隶属美国商务部的国家电信和信息管理局 (NTIA) 管理联邦政府频谱的使用, 美国联邦通信委员会 (FCC) 负责所有非联邦政府的频谱使用管理; 在英国, 设有专门的电信监管机构Ofcom负责频谱的管理。在日益增加的电子产品和移动通信技术的推动下, 社会对频谱的需求增长很



科学界以及相关的业务部门必须积极参与频谱分配和部署过程, 确保满足科学界对频谱资源的需求。

快。由其带来的无线技术的扩散对科学界主动遥感系统的干扰也不断增加, 特别是在L和C波段。因而, 如何满足各界 (特别是科学界) 对频谱资源的需求, 以及如何重新分配和共享频谱, 以便更高效的利用频谱, 也成为各频谱监管部门所面临的迫切问题。

为此, 来自美国多所高校、研究所及公司的科学家组成的主动遥感对无线电频谱利用调查委员会、物理学和天文学委员会以及美国国家科学院共同发布了《无线电频谱需求增加下的主动遥感发展战略》(A Strategy for Active Remote Sensing Amid Increased Demand for Radio Spectrum) 一书, 探讨了主动遥感利用频谱资源的有关问题及应对战略。该书于2015年由美国国家科学院出版社 (NAP, The National Academies Press) 出版, 其主要目标有3个:

- (1) 指出主动遥感对于社会的重要性;
- (2) 介绍目前和未来主动遥感有效利用电磁频谱所面临的威胁;
- (3) 为主动遥感所需频谱的保护和有效利用提供具体的建议。

本书共包括9章: 第1—6章介绍了主动遥感的重要价值, 并分别阐述了其在大气、海洋、陆表、空间物理、行星科学等几大领域的应用情况; 第7—9章则阐述了频谱资源的分配政策、主动遥感仪器面临的射频干扰问题以及缓解干扰的有关技术和建议。总体上, 本书内容可以汇总为以下3个方面。

## 一、主动遥感的重要性

主动遥感是指由探测器主动向目标物发射一定能量的电磁波, 再由至少一个接收器接受目标物反射或散射电磁波的遥感系统。通过测量目标物的反射或散射特性, 就可以分辨目标物的物理状态。在不同

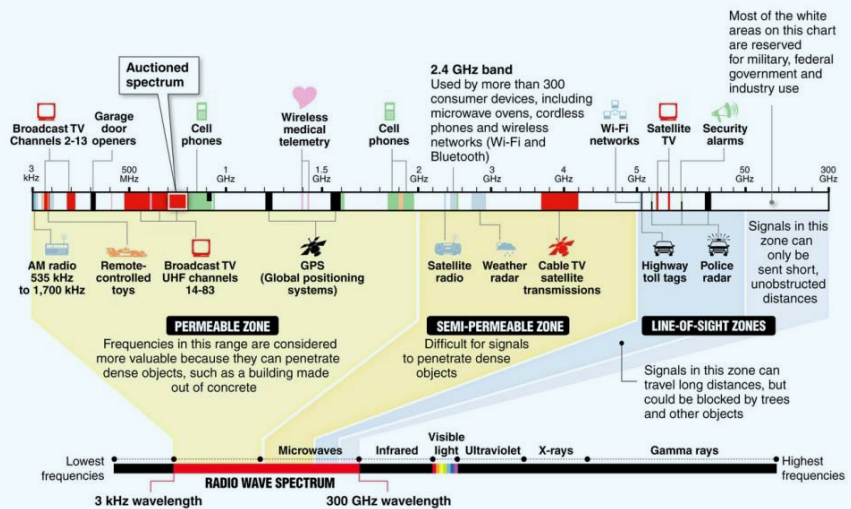


图1 无线电频谱及其应用

(来源: New America Foundation, MCT, Howstuffworks.com)

领域，主动遥感的目标物也有所差异。比如在大气科学领域，主动遥感的目标物主要包括地球大气、海洋和陆地表面，其探测器平台可以在地面、空中和/或卫星上。

目前，主动遥感已经成为研究和预测地球环境（包括大气、海洋和陆地表面以及地球附近空间环境）短期和长期变化的主要工具，对于理解地球的天气与气候变化、固体地球过程、空间天气灾害等至关重要。

不同领域的主动遥感技术对科学和社会的重要影响，具体包括：

- 1) 大气主动遥感可以提供对风暴、全球大气环流的深入了解；
- 2) 海洋领域，主动微波传感器可提供洋流、波浪和风速和风向测量，是被动微波、可见光和红外测量的重要补充。其对全球天气预测、风暴和飓风预警、波浪预测、沿海风暴潮、船舶航线、商业捕捞等具有重要应用价值；
- 3) 主动遥感测量雷达，包括真实孔径雷达、合成孔径雷达（SARs）和散射计，能为土地利用、环境管理等提供必要的数据库；
- 4) 电离层的主动遥感对于理解其附近空间区域的物理特征、以及预测空间天气事件对电力、通信等行业的影响直观重要；
- 5) 行星雷达天文学中的主动遥感技术，有助于人类提高对太阳系的理解、制定卫星发射计划以及跟踪和表征可能威胁到地球的近地小行星。

## 二、主动遥感所需频谱的有效使用在当前和未来面临的威胁

主动遥感使用的频率基本决定于所研究的物理现象。对于每种测量类型，很难把其所使用频段转换到其他频段。因此，对于那些对社会发展非常有必要的主动遥感测量，必须保证它们所需的频谱资源。

主动遥感传感器面临的频谱问题主要有两类：1) 与被动传感器一样，主动传感器也受到了其他无线电服务的射频干扰（Radio-frequency Interference, RFI）；2) 与被动系统

不同的是，主动遥感系统也发射信号，因此可以根据业务进行调整，以确保它们不会干扰其他服务。随着对频谱资源不断增长的使用和需求，这两个问题越来越影响到主动传感器当前和未来的发展。

当前和未来RFI问题，具体例子如下：

1) 在一些情形下，对主动传感器的传输限制大大阻碍了其收集科学数据的能力，如对欧空局BIOMASS卫星计划在某些区域上空的传输限制，因为BIOMASS对U.S. DOD SOTR（美国国防部空间对象跟踪雷达）系统存在干扰。在一些波段保守的干扰标准使科学操作变得困难，对超高频（UHF）和L波段的限制也随着时间不断提高。

2) 部分波段的RFI环境正日益恶化。对于大量使用并得到充分研究的L波段的1215~1300MHz部分，世界范围内观测到的RFI的量正不断增加，特别是在北美、欧洲和东亚尤为严重（图2）。欧空局称，在C波段，RFI也在增长。

3) 近期，商业服务计划在地球探测卫星分配频谱中的扩张将威胁到具有高附加值的C波段的科学雷达测量。例如，拟议的5350~5470 MHz无线局域网（RLAN）服务将严重限制欧空局的Sentinel-1星座（哥白尼计划）和加拿大的Radarsat-2和RadarSat星座任务（RCM）。RLAN发射器的宽波段、噪声状特性很难或无法得到减轻。

4) 虽然有多个波段被分配到

地球探测卫星主动频谱上，然而仅有部分波段正在使用，或根本不被使用。由于容纳新的服务的不断压力，在未来可能更难在这些波段上建立新的科学任务。

5) 目前，RFI已不再是行星雷达天文学观测的一个重要障碍。然而，随着对近地小行星图像高空间分辨率的需求，导致了对带宽需求的增加，将来RFI可能会是一个大问题。为方便获取近地小行星高空间分辨率影像，需要分配60~120MHz的带宽。比如，NASA JPL Goldstone雷达目前拥有200MHz的带宽，其中中心频率为8.600GHz。

应该指出的是，例行报告通常指出了其他非科学来源传感器对主动科学传感器的干扰，而科学传感器似乎很少会干扰其他服务。其原因之一是通信系统可以抵抗具有窄脉冲波形与低占空比的雷达系统的干扰，窄脉冲波形与低占空比正是科学和业务雷达的典型特征。而不同的主动科学传感器之间可能会存在干扰，比如NASA CloudSat上的雷达可以干扰射电天文测量雷达。

当前，RFI缓解技术可以在UHF、L和C波段上显著地降低干扰对科学传感器的影响，C波段以上频率进行的科学测量基本上已经不再受到RFI问题的影响。因此，主动遥感能够更有效地与一些服务分享频谱，这取决于干扰信号的性质。

此外，表征RFI影响主动遥感空间仪器的困难之一是当前世界范围内主动遥感信号发射器信息不够全

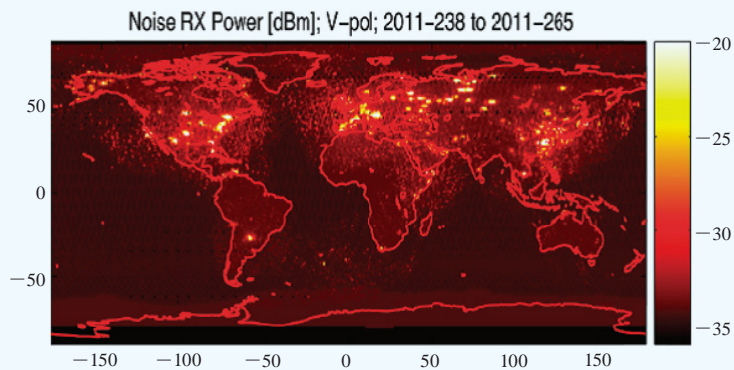


图2 Aquarius L波段观测到的射频干扰（RFI）（来源：NASA/JPL-Caltech）