

## ITU-R SA.1015-1建议书

## 深空研究的带宽要求

(ITU-R第209/7号课题)

(1994-2007年)

**范围**

本建议书介绍了未来空间研究业务（深空）频段划分需要考虑的空间研究业务（深空）带宽的要求。此外，还解释了这些带宽要求的技术基础。

国际电联无线电通信全会，

考虑到

- a) 针对深空通信空对地和地对空方向在可预见的将来所需的最大符号速率早已确定（见附件1）；
- b) 已利用目前可用的技术，规定了相应所需的带宽；
- c) 已划分频段的所需带宽受各个链路的需求，以及深空研究地球站天线波束宽度内并行链路数量的影响；
- d) 将来，通过使用更新的技术，深空研究中某些通信功能需要的带宽会减少，

建议

- 1 深空研究的频段划分应考虑到附件1中列出的带宽需求；
- 2 未来的深空研究电信系统应考虑降低所需带宽应采取的一切可行步骤。

**附件1****深空研究的带宽要求****1 引言**

适于深空电信使用的总带宽是所需符号速率、每次任务中航天器链路的数量、任务的数量和不产生相互干扰的情况下频率共用程度的函数。

## 2 链路带宽

地对空和空对地带宽由所需的遥测符号速率和角度及范围测量所需的精度决定。

表1总结了所需的符号速率和预计深空研究将会使用的不同功能的相应带宽。

表 1  
深空任务所需的最大符号速率和带宽

方向和功能	符号速率 (Msymbol/s)	射频 (RF) 带宽 (MHz)
地对空		
遥控指令	0.002	0.040 <sup>(1)</sup>
计算机编程	0.2	0.8
话音	0.045	0.18
电视	30	120
测距	100 <sup>(2)</sup>	400
空对地		
维护遥测	1.2 <sup>(3)</sup>	4.8
科学数据	600 <sup>(4)</sup>	1 200 <sup>(5)</sup>
话音	0.27 <sup>(3)</sup>	1.08
电视	60 <sup>(4)</sup>	240
测距	100 <sup>(2)</sup>	400

(1) 通常使用子载波。

(2) 正弦波测距的单位为MHz，伪噪声 (PN) 测距的单位为Mchip/s (百万码片每秒)

(3) 假设将使用1/6速率的纠错码。

(4) 假设将使用1/2速率的纠错码。

(5) 假设将使用四相频移键控 (QPSK) 调制。

使用甚长基线干涉 (VLBI) 的超精确导航技术要求信号音的传输远离载波。一般情况下，间隔的变化范围在航天器发射频率的1/200至1/600这一区间，且这些信号音与载波的相对功率通常为-15 dB。这些信号的传输不连续。因此，VLBI中使用的频音频谱线间隔不应作为确定所需带宽的一项决定因素。

航天器设计的简洁性、可靠性和电信链路的最佳性能，使残载波双向调制被当作传统的深空信息传输技术。为能通过周期性调制方波且损耗不超过0.3 dB，带宽必须包括调制方波中的第五谐波。对于遥测信号，射频带宽必须足够宽，以便能够通过子载波频率的第五谐波和2.5倍的符号速率。使用现有技术，子载波频率必须高到至少能够提供每符号1.5

个子载波周期。因此，所需最大射频总带宽为：

$$BW = 2 [(SR \times 1.5 \times 5) + 2.5 SR] = 20 SR$$

式中：

$BW$ ： 射频带宽

$SR$ ： 符号速率

随着遥测符号速率的上升，子载波将数据功率拒于载波跟踪环路带宽之外的重要性随之下降。这是因为载波环路带宽仅是符号频谱带宽中相对较小的一部分，且由载波锁相环路跟踪的符号功率可忽略不计。通过使用适当的编码，载频附近的符号功率亦可被降至最低，从而不再需要子载波。取消子载波会将总射频带宽的要求降至：

$$BW = 2 (2 SR) = 4 SR$$

对于高数据速率，可用QPSK调制将带宽需求降低一半。

目前的测距工作使用方波或在载波上进行相位调制的正弦波时钟信号。将来，有些任务拟使用伪噪声（PN）测距。实现可接受的测距性能所需的带宽是正弦或方波测距时钟频率的四倍，亦是PN测距码片速率的四倍。测距被用于确定某项任务的带宽需求。随着所需遥测速率的快速增长，在许多新任务中，测距已不再是带宽需求的决定因素。

为满足超高遥测速率未来的要求，可能需要进一步降低发射频谱的带宽，以便在某特定频段的划分内容纳更多的航天器。适用的技术可能包括最小频移键控和其它高效带宽调制技术。

某特定任务需要的最大射频带宽由实现并行功能所需的总符号速率和计算方法来确定。对于当前的实施，单个无人航天器的最大射频带宽约为12 MHz。就VLBI功能而言，一对与载频间隔最多可达115 MHz的频谱线可能是构成发射信号的组成部分。表1所示未来对更高速率的要求将使所需传输带宽高达几百MHz。

### 3 围绕行星开展任务的带宽

当某星球周围存在几个航天器时，这些航天器通常在地球站的波束宽度之内。电信链路并行工作，要求必须有足够的射频带宽，以便在无相互干扰的情况下容纳若干信号。

考虑到各航天器并行的功能需求，典型任务设计会得出这样的结论，即假设三至四项任务将以最高科学数据速率同时工作，这时多项深空任务需要的总带宽约为4 000至5 000 MHz。集总带宽可能会大幅下降，如果将来在高数据速率的条件下能够应用高效带宽调制技术，则潜在的下降幅度可达二至四倍。

#### 4 链路的可靠性和划分频段的使用

上节规定了开展深空研究所需的最大带宽。2和8 GHz附近的现有划分无法实现这些最大需求。但是，这些划分确为深空研究提供了最基本的空间。

2 GHz附近10 MHz的划分，提供了相对不受云雨负面影响的链路。过去和现在规划的航天器通常包含使用这些划分所需的设备，以便确保在因不利天气而无法使用更高频段的情况下至少可确保任务取得部分成功。

目前的任务主要依赖8 GHz附近的50 MHz划分为普通任务操作提供链路。当某任务不需最大可用符号速率时，这些划分仍将继续用于提供所需的深空链路。

尽管不能满足表1中对科学数据的最大带宽需求，但32 GHz附近的500 MHz划分可为深空任务提供补充带宽。

---