

国 际 电 信 联 盟

**ITU-R**

国际电联无线电通信部门

**ITU-R M.1730-2 建议书**  
(02/2023)

**15.4-17.3 GHz频段中无线电  
定位业务的特性和保护标准**

**M 系列**  
**移动、无线电定位、业余**  
**和相关卫星业务**



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
<b>M</b>	<b>移动、无线电定位、业余和相关卫星业务</b>
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  
2023年，日内瓦

© 国际电联 2023

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 M.1730-2建议书

## 15.4-17.3 GHz频段中无线电定位业务的特性和保护标准

(2005-2009-2023年)

## 范围

本建议书提供了操作于和计划操作于15.4-17.3GHz频段的无线电定位系统的技术特性和保护标准。研究开发该建议书作为源文件，旨在支持相关联的致力于确定与操作于无线电定位业务和其他业务中的雷达间的兼容性所用的分析程序的ITU-R M.1461建议书的共用研究。

## 关键词

无线电定位、雷达、保护标准、脉冲干扰、技术特性

## 相关的ITU-R建议书、报告

## 建议书

ITU-R M.1313	水上无线电导航雷达的技术特性
ITU-R M.1372	无线电测定业务雷达站对无线电频谱的有效利用
ITU-R M.1460	2 900-3 100 MHz频段无线电测定雷达的技术和操作特性及保护标准
ITU-R M.1461	无线电测定业务雷达和其他业务系统间干扰可能性的确定程序
ITU-R M.1462	在420-450 MHz频率范围无线电定位业务雷达的特性和保护标准
ITU-R M.1463	1 215-1 400 MHz频段无线电测定业务雷达的特性和保护标准
ITU-R M.1464	2 700-2 900 MHz无线电定位雷达的特性，以及在2 700-2 900 MHz频段内运行的无线电测定业务中航空无线电导航和气象雷达共用研究的特性和保护标准
ITU-R M.1465	在3 100-3 700 MHz频率范围内工作的无线电测定业务的雷达特性和保护标准
ITU-R M.1466	31.8-33.4 GHz频段无线电导航业务雷达的特性和保护标准
ITU-R M.1638	用于工作在5 250和5 850 MHz之间频段内的无线电测定（地面气象雷达除外）及航空无线电导航雷达共用研究的特性和保护标准
ITU-R M.1851	用于干扰分析的无线电测定雷达系统天线方向图的数学模型

国际电联无线电通信全会，

考虑到

- a) 雷达的天线、信号传播、目标检测和大的所需带宽的特性使其在某些频段中可达到它们的最佳功能；
- b) 操作在无线电定位业务中的雷达的技术特性是由系统的任务来确定的，甚至在同一频段内的变化也很大；

- c) ITU-R正在考虑可能在无线电测定业务中的雷达所使用的420 MHz和34 GHz频段之间引入新的系统类型或应用；
- d) 需要操作在无线电测定业务中的雷达的典型技术和操作特性以确定在划分给无线电测定业务的频段中引入新系统类型的可行性；
- e) 分析无线电测定业务中的雷达和其他业务中的系统之间的兼容性的程序和方法可在ITU-R M.1461建议书中找到；

#### 注意到

- a) 本建议书与ITU-R M.1461建议书共同用作分析其他业务中无线电测定雷达和系统间兼容性的指南；
- b) 干扰信号功率到雷达接收机噪声功率电平的准则已在ITU-R M.1461建议书中做了规定，

#### 认识到

- a) 根据具体类型的干扰信号确定所需的保护标准；
- b) 保护标准的应用会需要考虑准则的统计特性和进行兼容性研究方法的其他元素（例如包括发射机运动的天线扫描和传播损耗）。这些统计考虑的进一步研究会适当编入本建议书和其他相关建议书以后的修订中，

#### 建议

- 1 附件1中描述的无线电定位雷达的技术和操作特性应被认为是在15.4-17.3 GHz频段中操作和计划操作的雷达的典型特性；
- 2 在15.4-17.3GHz频段中有无线电定位划分的部分，应将-6 dB的I/N比视为雷达所需的保护电平，同时考虑到上述认识到a)和b)；
- 3 如出现脉冲型干扰，则应基于逐案分析确定判断准则，同时考虑到无用的脉冲序列特点并尽可能考虑雷达接收机的信号处理。

注1 – 应在可获得更详细的资料时，对本建议书进行修订。

## 附件1

### 操作于或计划操作于15.4-17.3 GHz频段内的 无线电定位业务的雷达的特性和保护标准

#### 1 引言

操作于或计划操作于全球范围15.4-17.3 GHz频段内的无线电定位雷达的特性在表1中给出，并在后续段落中详细描述。

#### 2 技术特性

15.4-17.3 GHz频段被用于许多不同类型的雷达，包括有陆基的、可搬运的、船载和安装在空中平台的。该频段中实际操作着的无线电定位功能包括空中载荷和地面搜索、地图测绘、地形跟踪、水上和目标识别。雷达操作的频率可假设均匀地延展在各雷达的整个调谐范围上。表1包含了部署于或计划部署于15.4-17.3 GHz频段中典型无线电定位雷达的技术特性。

操作于或计划操作于15.4-17.3 GHz频段的主要无线电定位雷达首先是用于飞行目标的检测以及有些用于地图测绘。它们需要测量目标的高度、距离、方位并形成地形图。有些飞行目标和地面目标很小而有些范围大到300海里（556 km），因此这些无线电定位雷达必须具有很高的灵敏度且必须具有对包括从海上、陆地和空中凝结物返回的所有形式的杂乱信号的高度抑制。

表 1

## 15.4-17.3 GHz频段中无线电定位雷达的特性

特性	单位	系统1	系统2	系统3	系统4	系统5	系统6
功能		搜索、跟踪和地图测绘 雷达（多功能）	搜索、跟踪和地图测绘 雷达（多功能）	空中监视、辅助着陆、 扫描跟踪	监视	地面监视和跟踪	搜索、跟踪和地图测 绘雷达（多功能）
平台类型		空中载荷， 低功率	空中载荷， 高功率	船载， 高功率	陆基， 低功率	陆基， 高功率	空中载荷 (300-13 700 米)
调谐范围	GHz	16.2-17.3	16.29-17.21	15.7-17.3	16.21-16.5	15.7-16.2	15.4-17.3
调制		可变线性调频	线性调频脉冲	脉冲，跳频	线性调频脉冲	脉冲，跳频	线性调频脉冲
发射峰值功率	W	80	700	20 k	2	10 k	500
脉冲宽度	μs	18.2、49	120-443	0.1	5.5	36	0.05-50
脉冲升/降时间	ns	20	4	7/70	10	8	5-100
脉冲重复率	pps	5 495、2 041	900-1 600	4 000、21 600	7 102	20 000	200-20 000
最大占空比		0.1	未规定	0.00216	0.039	0.00072	0.2 <sup>(1)</sup> 以下
输出设备		行波管	行波管	行波管	晶体管	行波管	行波管
天线方向图类型		扇形/锐锥形	扇形	锐锥形	锐锥形	锐锥形	锐锥形（ITU-R M.1851 建议书余弦平 方分布）
天线类型		开槽波导	相控阵	平面相控阵	抛物面轮廓的椭圆形	带有馈电喇叭的双曲 发射器	相控阵
天线极化		线性垂直极化	线性垂直极化	右旋圆极化	水平极化	圆极化	线性
天线增益	dBi	25.6	38.0	43.0	37.0	43	35
天线仰角波束宽度	度	9.7	2.5	1	1.1	1.6	3.2
天线方位角波束宽度 (度)	度	6.2	2.2	1	3.5	.25	3.2
天线水平扫描速率		30 度/s	5 度/s	1 500 次扫描/min	7.8 或 15.6 度/s	60 rpm, 360 度/s	1-30 度/s

表1 (续)

特性	单位	系统1	系统2	系统3	系统4	系统5	系统6
天线水平扫描类型 (连续、随机、扇形等)		$\pm 45^\circ$ to $\pm 135^\circ$ (机械的)	$\pm 30^\circ$ (电子的、锥形)	$\pm 40^\circ$ (机械的)	$180^\circ$ (机械的)	$360^\circ$ (连续的)	$\pm 45^\circ$ (电子的)
天线垂直扫描速率		30°/s	5°/s	1 500 次扫描/min	不适用	不适用	1 °/s, 5°/s
天线垂直扫描类型		$-10^\circ$ 至 $-50^\circ$ (机械的)	$0^\circ$ 至 $-90^\circ$ (电子的、锥形)	$+30^\circ$ – $-10^\circ$ (机械的)	$+22.5^\circ$ – $-33.75^\circ$ (机械的)	不适用	$+5^\circ$ 至 $-45^\circ$ (电子的)
天线第一旁瓣电平		在 $31^\circ$ 时为 10 dBi	在 $1.7^\circ$ 时为 18 dBi	在 $1.6^\circ$ 时为 20 dBi	在 $2.4^\circ$ 时为 15 dBi	在 $1.6^\circ$ 时为 23 dBi	在 $5.2^\circ$ 时为 3.5 dBi
天线高度		飞行器的高度	飞行器的高度	桅杆/甲板安装高度	地面高度	100 m	飞行器的高度
第 1/第 2 接收机 IF –3 dB 带宽	MHz	215/68	26.7 (宽带)、 7.2 (窄带)	70/40	500/0.750	50	25
接收机噪声系数	dB	4	2.7	未规定	4	1 + (860/290) 860 = 接收机噪声 温度 K 290 = 地球噪声温度 K 3.97	5
最小可辨别信号	dBm	–89	–97.4	–80	–100.4	–92	–100
脉冲带宽	MHz	$\leq 640$	未规定	30	0.750	未规定	$< 1\ 900^{(2)}$
发射机 RF 发射带宽: –3 dB –20 dB	MHz	622、271 725、324	1 200、600、180 1 220、620、200	6.8、37 20、42	0.608 2.35	540 670	1 850 1 854

(1) 将使用从0.01的低占空比到0.2的高占空比之间的多个占空比进行共享研究。

(2) 共享研究将以1600MHz的线性调频段宽为重点。

主要由于这些任务需求，使用或计划使用15.4-17.3 GHz频段的无线电定位雷达趋于具有以下常规特性：

- 它们趋于具有除明显例外的高发射机峰值功率和平均功率；
- 它们典型地采用了主控振荡功率放大器的发射机而非功率振荡器。它们通常可调谐且有些是频率捷变的。它们中的一些采用线性FM（线性调频）或相位编码的脉冲内调制；
- 它们中的一些具有采用电子波束控制的方位和俯仰都可控制的天线主波束；
- 它们典型地采用了多种接收和处理能力，如辅助旁瓣消除接收天线、相干载波脉冲序列处理以利通过移动目标指示抑制返回的杂乱信号、持续误报警速率技术以及在某些情况中，基于对各种频率干扰的感知做出操作频率的适当选择。

表1概述了部署在或计划部署在15.4-17.3 GHz的整个频段或部分频段中的典型系统的技术特性。这些信息对评估这些雷达和其他系统之间兼容性的一般计算足够了。尽管它们并不表明可能出现在未来系统中的全部特性，但某些或所有无线电定位雷达的特性会具有表1给出的上述性质。

## 2.1 发射机

操作于或计划操作于15.4-17.3 GHz频段的雷达采用了包括未调制脉冲、频率调制（线性调频）脉冲和相位编码脉冲在内的各种调制。在发射机的最后一级采用了线性波束和固态输出设备。由于多普勒信号处理的要求，新的雷达系统倾向采用线性波束和固态输出设备。此外，配置了固态输出设备的雷达具有较低的发射机峰值输出功率和较高的脉冲占空比。

使用固态发射机是较低功率的雷达，而使用正交场设备（磁控管）和线性波束（行波管）设备的发射机是较高功率的雷达。

### 2.1.1 跳频

这类采用跳频技术的雷达通常将其频段划分成信道。此后雷达在所有可用的信道中随机选择一个信道发射。信道的随机占用可按照有多少脉冲在同一信道上发射确定发生在多少个波束位置上，或以各脉冲来确定其占用。这是雷达系统所要考虑的重要方面，且跳频雷达可能产生的影响在共用研究中应予以考虑。

## 2.2 接收机

新一代的雷达系统在对距离、方位的检测和多普勒处理之后，采用数字信号处理。通常，信号处理被用于增强所需目标的检测和在显示时产生目标标记号的技术。用于增强和识别所需目标的信号处理技术也产生了异步于所需信号的一些低占空比（小于5%）脉冲型的杂散干扰。

新一代雷达的信号处理采用线性调频和相位编码脉冲来产生所需信号的处理增益并会对无用信号进行抑制。

一些新的低功率固态雷达采用高占空比的多信道信号处理以增强所需信号的返回。有些雷达接收机具有识别无用信号的低电平的 RF 信道的能力，并命令发射机在那些 RF 信道上发射。



## 2.3 天线

有各种不同类型的天线被用于操作在或计划操作在15.4-17.3 GHz频段中的雷达。该频段中的天线通常有各种尺寸大小，并除了关注于长距离性能的应用之外，同样重要的还关注移动性和轻型的应用。15.4-17.3 GHz频段内的许多雷达操作于或计划操作于包括搜索、地图测绘和导航（气候观察）模式的各种模式。这种雷达的天线通常在水平面中扫描整个360°。该频段中的另外一些雷达更为专用，且扫描限于一个固定的扇面。15.4-17.3 GHz中的大多数雷达采用或计划采用机械扫描，但新一代雷达采用的是电子扫描阵列天线。采用水平、垂直和圆极化。对于陆基和船上安装的雷达的典型天线高度分别在高于表面8 m和100 m的范围。

## 3 保护标准

对于存在无线电定位划分的部分 15.4-17.3GHz 频段而言，来自另一业务的信号产生了一个-6 dB 以下的  $I/N$  比值，对于采用从其他业务来的信号具有高占空比（例如连续波、二相移相键控、四相移相键控、类噪声等）的雷达用户而言这是可接受的。一个-6 dB 的  $I/N$  比值对  $(I+N)/N$  的影响是 1.26，或大约使雷达接收机的噪声功率增加 1 dB。需要进一步研究或进行兼容性测量，来评估干扰对雷达操作性能产生的影响。应注意的是，正在研究无线电测定雷达系统保护标准统计和操作方面使用的可行性。该统计方法特别针对于非连续信号的情况。在雷达系统操作于有关雷达特性和现有保护标准的 ITU-R 建议书规定的频段时，应就有关保护标准的具体指南咨询相关建议书<sup>1</sup>。

脉冲型干扰的影响量化更困难且很大程度地取决于接收机/处理器的设计和操作模式。特别是，对有效目标返回的差分处理增益是同步脉冲型的，而对脉冲型干扰的电平确定有着重要影响的干扰脉冲通常是异步的。这种去敏作用可造成若干不同类型的性能恶化。假设它将成为对专用雷达类型之间相互作用分析的一个目标。

一般来说，无线电测定雷达的大量特性被认为有助于抑制低占空比脉冲型干扰，尤其是来自几个独立的干扰源时。抑制低占空比脉冲型干扰的技术包含在 ITU-R M.1372 建议书中—无线电测定业务中雷达站无线电频谱的有效使用。

当存在多个干扰时，所建议的  $I/N$  保护标准保持不变（这是因为该准则取决于雷达接收机的类型和其信号处理的特性）。实际到达雷达接收机的总干扰电平（必须根据建议的  $I/N$  保护标准来查对）取决于干扰的数量、它们的空间分布和它们的信号结构，且需在给定情况的整体分析过程中对其进行评估。如果干扰是从若干方位的方向接收到的，那么为了评估兼容性，由雷达天线主波束和/或旁瓣接收的来自所有这些方向的同时出现的分量必须累计进行综合分析。

## 4 未来的无线电定位系统

在大的轮廓内，未来可能研发的操作在15.4-17.3 GHz频段的无线电定位雷达很可能类似于在此描述的现有雷达。

未来的无线电定位雷达可能至少有着比现在描述的雷达更强的灵活性，其中包括操作于不同方位和仰角扇区内的不同能力。

---

<sup>1</sup> 一些含有专用频段技术特性和保护准则的ITU-R建议书包括：ITU-R M.1313、ITU-R M.1460、ITU-R M.1462、ITU-R M.1463、ITU-R M.1464、ITU-R M.1465、ITU-R M.1466和ITU-R M.1638。

很实际地希望是一些未来的设计会争取能操作在更宽泛的频段上，至少扩展到本次考虑的频段限制。

未来在该频段中的无线电定位雷达可能具有电子控制的天线。当然，最近的技术已使相位控制成为一种实用且具有吸引力的可替代频率控制的方案。而最近开发的用于其他频段的众多无线电定位雷达在方位和俯仰都采用了相位控制。与频率控制的雷达不同，新的相控阵雷达可在雷达操作频段内的任何基本频率上操作，使之达到其角度覆盖区内的任意方位和仰角。还有其他的优势，例如许多情况下会使电磁兼容更容易。

希望未来的一些无线电定位雷达具有在这里描述的雷达那么高的平均功率能力。当然，有理由期待未来雷达的设计人员将努力降低宽带噪声的发射，使该噪声低于那些采用磁电管或正交场放大器的现有雷达。降低这种噪声有望通过使用固态发射机/天线系统来完成。在这种情况下，发射脉冲会更长且发射占空比也比那些最早管型雷达发射机的占空比高得多。

---