

ITU-R M.1730 建议书

15.7-17.3 GHz 频带中无线电定位业务的特性和保护准则

(ITU-R 226/8 号研究课题)

(2005)

范围

本建议书提供了操作于分配给无线电定位业务作为主用的 15 700-17 300 MHz 频带的无线电定位系统的技术特性和保护准则。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。

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带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，甚至在同一频带内的变化也很大；
- 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 频带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分配给无线电测定业务的频带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；
- f) 15.7-17.3 GHz 频带分配给无线电定位业务作为主用，

认识到

- a) 根据具体类型的干扰信号确定所需的保护准则；
- b) 保护准则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认为是在 15.7-17.3 GHz 频带中的典型操作；
- 2 本建议书与 ITU-R M.1461 建议书一起应用，作为无线电测定雷达和其他业务中的系统之间兼容性分析的指导原则；
- 3 干扰信号功率相对于 ITU-R M.1461 建议书中规定的 -6 dB 的 I/N 比的雷达接收机噪声功率电平的判据应用，作为所需的保护电平且如果多种干扰出现时它代表的是净保护电平。

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 15.7-17.3 GHz 频带内的无线电定位业务的雷达的特性和保护准则

1 引言

操作在全球范围 15.7-17.3 GHz 频带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

15.7-17.3 GHz 频带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。该频带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 包含了分布在 15.7-17.3 GHz 频带中典型无线电定位雷达的技术特性。

操作在该频带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、大小、方位和形成的地形图。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
15.7-17.3 GHz 频带中无线电定位雷达的特性

特 性	系统 1	系统 2	系统 3	系统 4	系统 5
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
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
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
调制	可变速线性调频	线性调频脉冲	跳频	线性调频脉冲	跳频
发射峰值功率 (W)	80	700	20 k	2	10 k
脉冲宽度 (µs)	18.2; 49	120-443	0.1	5.5	36
脉冲升/降时间 (ns)	20	4	7/70	10	8
脉冲重复率 (pps)	5 495; 2 041	900-1 600	4 000; 21 600	7 102	20 000
最大占空比	0.1	未规定	0.00216	0.039	0.00072
输出设备	行波管	行波管	行波管	晶体管	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
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
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
天线增益 (dBi)	25.6	38.0	43.0	37.0	43
天线仰角波束宽度 (度)	9.7	2.5	1	1.1	1.6
天线方位角波束宽度 (度)	6.2	2.2	1	3.5	25
天线水平扫描速率	30°/s	5°/s	1 500 次扫描/min	7.8 或 15.6°/s	60 rpm, 360°/s

表 1（续）

特 性	系统 1	系统 2	系统 3	系统 4	系统 5
天线水平扫描类型（连续、随机、扇形等）	±45° to ±135° （机械的）	±30° （电子的、锥形）	±40° （机械的）	180° （机械的）	360° （连续的）
天线垂直扫描速率	30°/s	5°/s	1 500 次扫描/min	不适用	不适用
天线垂直扫描类型	-10° 至 -50° （机械的）	0° 至 -90° （电子的、锥形）	+30°/-10° （机械的）	+22.5°/-33.75° （机械的）	不适用
天线第一旁瓣电平	在 31° 时为 10 dBi	在 1.7° 时为 18 dBi	在 1.6° 时为 20 dBi	在 2.4° 时为 15 dBi	在 1.6° 时为 23 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
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
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
最小可辨别信号（dBm）	-89	-97.4	-80	-100.4	-92
脉冲带宽（MHz）	≤640	未规定	30	0.750	未规定
发射机 RF 发射带宽（MHz）： -3 dB -20 dB	622; 271 725; 324	1 200; 600; 180 1 220; 620; 200	6.8; 37 20; 42	0.608 2.35	540 670

由于这些任务需求的量很大，这一频带中使用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 概述了部署在这些频带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

操作在 15.7-17.3 GHz 频带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机峰值输出功率和较高的脉冲占空比。

操作在 15.7-17.3 GHz 的雷达的典型发射机 RF 发射（3 dB）带宽在 60 kHz 至 1 200 MHz 范围上。发射机峰值输出功率的范围从固态发射机的 2 W（33.01 dBm）至采用正交场设备（磁控管）和线性波束（行波管）设备的大功率雷达的 20 kW（73.01 dBm）。

2.1.1 跳频

跳频是最普通的电子对抗测量（ECCM）之一。为在敌对的电子攻击环境中工作而设计的雷达系统采用跳频作为其 ECCM 技术之一。这类雷达典型地是将其频带划分成信道。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大小、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产生无用的杂散信号。

一些新的低功率固态雷达采用高占空比（10%）的多信道信号处理以增强所需信号的返回。有些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 15.7-17.3 GHz 频带中的雷达。该频带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。15.7-17.3 GHz 频带内的许多雷达操作于包括搜索、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°。该频带中的另外一些雷达更为专用，且扫描限于一个固定的扇面。15.7-17.3 GHz 中的大多数雷达采用机械扫描，当然新一代的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 保护准则

通常情况下，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（CW）二相移相键控（BPSK）、四相移相键控（QPSK）、类噪声等）的雷达来说是可接受的。一个-6 dB 的 I/N 比值对 $(I+N)/N$ 的影响是 1.26，或使雷达接收机的噪声功率增加 1 dB，对雷达操作性能产生影响。通过用干扰来评估时需要进一步研究或进行兼容性测量。应注意的是，该研究正在研发对无线电测定雷达系统保护准则方面的统计和操作的应用。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准则的 ITU-R 建议书规定的频带时，应就有关保护准则的具体指南咨询相关建议书¹。

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。

¹ 一些含有专用频带技术特性和保护准则的 ITU-R 建议书的例子有：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.1638 和 ITU-R M.1466。

当存在多个干扰时，所建议的 I/N 保护准则保持不变（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 保护准则来查对）取决于干扰的数量、它们的频谱分量和它们的信号结构且需对给定的情况综合分析的过程进行评估。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

在大的轮廓上，未来可能研发的操作在 15.7-17.3 GHz 频带的无线电定位雷达很可能类似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大的灵活性，其中包括操作于不同方位和仰角扇区内的不同能力。

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带上，至少扩展到本次考虑的频带限制。

未来在该频带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带的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带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些。

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，认为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是合理的。降低这种噪声有望通过固态发射机/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的雷达发射机要高得多。
