

国 际 电 信 联 盟

**ITU-R**

国际电联无线电通信部门

**ITU-R M.2007 建议书**  
(03/2012)

**5 150-5 250 MHz频段航空无线电  
导航业务内操作的雷达特性  
及保护标准**

**M 系列**  
移动、无线电测定、业余无线电  
以及相关卫星业务

**150**  
1865-2015



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>	<b>移动、无线电定位、业余和相关卫星业务</b>
<b>P</b>	无线电波传播
<b>RA</b>	射电天文
<b>RS</b>	遥感系统
<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

注：本ITU-R建议书英文版已按ITU-R第1号决议规定的程序批准。

电子出版  
2015年，日内瓦

© 国际电联 2015

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. 2007建议书

**5 150-5 250 MHz 频段航空无线电  
导航业务内操作的雷达特性及保护标准**

(2012年)

**范围**

本建议书具体阐述了在5 150-5 250 MHz 频段航空无线电导航业务（ARNS）内操作的雷达特性及保护标准。技术和操作特性应在分析航空无线电导航业务雷达与其它业务系统的兼容性时使用。

国际电联无线电通信全会，

**考虑到**

- a) 完成各自功能的雷达，其天线、信号传播、目标检测和必要的大带宽特性在某些频段是适宜的；
- b) 航空无线电导航业务所用的雷达的技术特性取决于系统要完成的任务，即便在同一频段内也会有很大不同；
- c) 为了确定引入新型系统的可行性，需要了解在为航空无线电导航业务（ARNS）划分的频段内工作的、系统的代表性技术和操作特性；
- d) 需要对ARNS和其它业务系统中的雷达进行兼容性分析的程序和方法。

**认识到**

- a) 根据《无线电规则》第5.446A款，5 150-5 250 MHz频段划分给除航空移动业务以外的作为主要业务的航空无线电导航、卫星固定（地对空）和移动业务；

**建议**

- 1** 附件1中描述的ARNS雷达的技术和操作特性应认为是，那些在5 150-5 250 MHz频率范围内工作的且在与其它业务系统的共用研究中使用的雷达的典型技术和操作特性；
- 2** ITU-R M.1461建议书应当用于分析无线电测定业务雷达与其它业务系统之间的兼容性；
- 3** 如果存在多个干扰源， $-6$  dB的干扰信号功率与雷达接收机噪声功率电平之比 $I/N$ ，应用作航空无线电导航雷达所需的保护电平，也是净保护电平。

## 附件1

## 5 150-5 250 MHz 频段航空无线电 导航业务内操作的雷达特性及保护标准

### 1 引言

ARNS系统在全球范围已作为主要业务划分给5 150-5 250 MHz频段。本附件介绍了在此频段内操作ARNS的具代表性无线电导航脉冲多普勒雷达的技术和操作特性。

### 2 航空无线电导航感知与避让雷达的特性

无人机(UA)的安全飞行需要采用先进技术,发现和跟踪附近的航空器、地形及导航障碍。同有人机相同,UA需要避让这些障碍,遥控驾驶员需要了解航空器的操作环境,能够确定航空器持续安全操作所面临的潜在风险,并采取相应行动。感知与避让雷达的主要功能是提供检测、跟踪和向遥控驾驶员报告空中交通信息,从而使其与其他飞行器/障碍保持适当距离。该系统使用“人机闭环”的方式,其中地面无人机系统(UAS)驾驶员对无人机系统的避让操作具有最终决定权。运行于5 150-5 250 MHz频段的航空无线电导航雷达的技术参数见表1。

表1

机载感知与避让雷达的技术参数

参数	雷达1
平台	无人机
平台高度 (km)	最高 20
雷达类型	空对空交通防撞系统 (多普勒雷达导航辅助)
对地速度 (km/h)	最快 1 500
频率调谐范围 (MHz)	5 150-5 250
发射类型	线性FM (LFM) 脉冲
线性调频带宽 (MHz)	20
脉冲宽度 ( $\mu\text{s}$ )	5-11
脉冲上升和下降的时间 (ns)	0.1-0.2
RF发射带宽为 -3 dB	18
-20 dB (MHz)	22
-40 dB	26
脉冲重复频率 (pps)	31 500-33 500

表1（完）

参数	雷达1
发射机峰值功率（W）	80.0
发射机平均功率（W）	16
接收IF为-3 dB带宽（MHz）	30
灵敏度（dBm）	-133
接收机噪声数值（dB）	5
天线类型	相控阵
天线位置	航空器前端
天线增益（dBi）	33-36
第一天线旁瓣（dBi）	18-20
水平波束宽度（度）	8
垂直波束宽度（度）	8
极化	垂直
垂直天线扫描（度）	±45
水平天线扫描（度）	±45
保护标准（dB）	-6

### 3 感知与避让操作

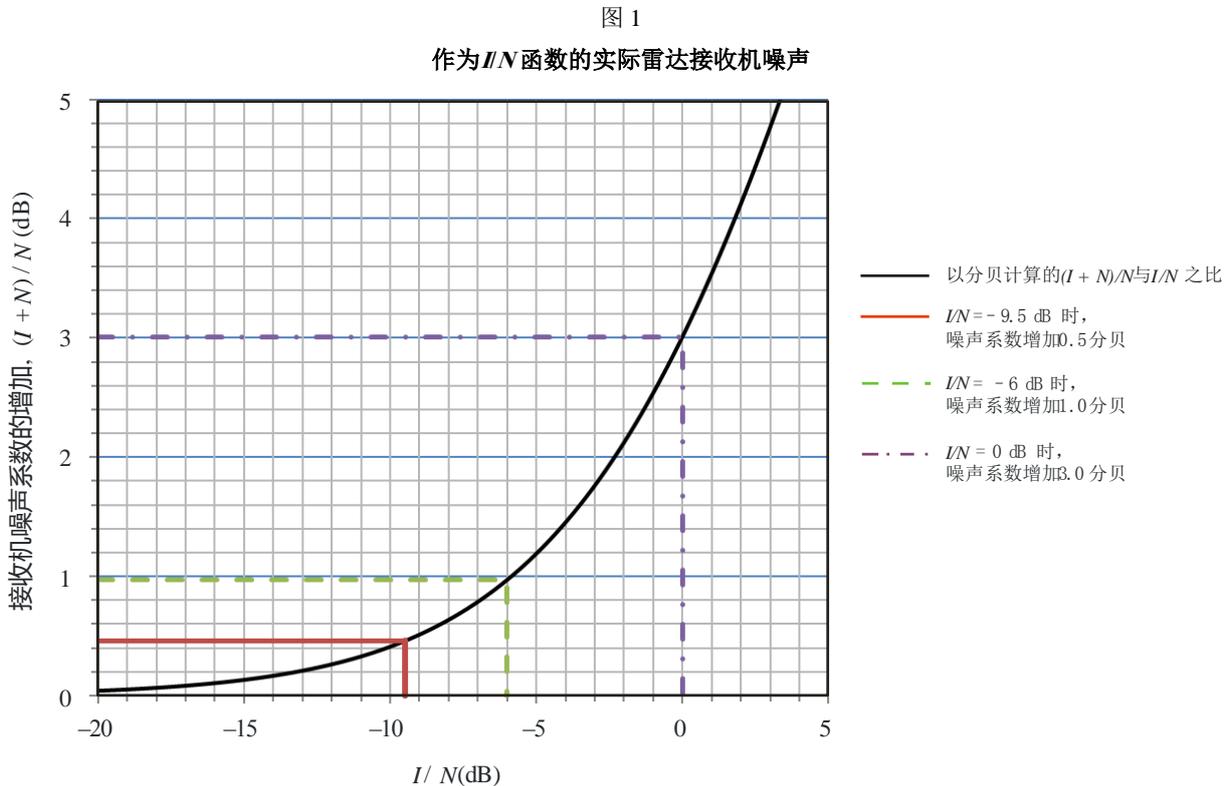
即使飞机配有转发器或雷达系统，有人机长期以来靠的是驾驶舱内飞行员的视力感知其他飞机并避免空中相撞。UAS不具备这一车载安全功能优势。根据设想，UA将与有人机实现全方位的应用集成。经过论证和计划的UAS应用来自农业、通信中继、航拍、测绘、应急管理、科研、环境管理和执法等领域。因此，UAS必须常态化具有这种感知与避让（S&A）功能，才能在非隔离空域飞行。保持S&A传感器系统的灵敏度，是确保及时发现和避让临近UAS的飞机的关键。

与其他飞机保持安全间距，需要能够保持与其他航空器净距离的主动搜索功能。搜索功能的参数可以包括时间、距离、接近速度、飞机姿态角和可操作性。自动分离功能在足够的时间内操纵无人机系统，避免激活避撞功能。

避免碰撞是最后时刻的避撞机动。此功能只有在所有隔离保障模式都未能保持安全距离时才起作用。其次，参数可以包括时间、距离、接近速度、飞机姿态角和可操作性。处于这种碰撞体积的UAS，几乎没有时间进行空中避撞机动。其功能必须能够解读传感器数据，并相应地形成适当机动。传感器数据可包括飞机的雷达横截面和范围。如果信噪比下降，检测范围也将缩小。此外，大气衰减（即使在5 000 MHz）可能会有巨大差异，因此还需要具有对工作范围的广泛容忍度。

#### 4 保护标准

如果雷达接收机受到干扰，干扰的平均功率贡献率 $I$ ，将与雷达固有噪声功率 $N$ 相结合，而这一功率之和往往会屏蔽对目标的侦测。综合的噪声加干扰与固有噪声之比为 $(I + N)/N$ ，其相对于 $I/N$ 比的表现见图1中的图示。



M.2007-01

如图1所示，当平均干扰功率低于标称接收机噪声电平9.5分贝时，接收器噪声系数增加0.5分贝；当平均干扰功率低于标称接收机噪声电平6分贝时，接收器噪声系数增加1分贝。这些实际噪声系数的增加表明，受干扰的雷达接收机所最小可测信号电平也相应增加。因此，为充分保护ARNS雷达在此频段的操作，在 $I/N$ 保护标准应等于-6分贝<sup>1</sup>。

这些保护标准代表存在多重干扰的集总效应；单个干扰的允许 $I/N$ 比取决于干扰数量及其几何图形，有必要在对特定情境的分析过程中做出评估。在某些能够部署大量电台的通信系统中，集总因子会很可观。

<sup>1</sup> ITU-R M.1461-1建议书“无线电测定业务雷达和其它业务系统间干扰可能性的确定程序”。

对脉冲型干扰的影响量化更困难，而它更多地取决于接收机/处理器的设计和工作模式。特别是对有效目标返回差分处理增益，它是同步脉冲型，而干扰脉冲通常是异步的，经常会对已知的脉冲型干扰产生重大的影响。这种去敏作用可造成几种不同形式的性能恶化。在规定的雷达类型之间相互作用的分析将成为对此进行评估的一个目标。用于低占空比脉冲型干扰抑制的技术可从ITU-R M.1372建议书中得到。

---