

ITU-R M.1638 建议书

用于工作在 5 250 和 5 850 MHz 之间频段内的无线电定位、航空
无线电导航和气象雷达共用研究的特性和保护准则

(2003 年)

摘要

本建议书描述工作在 5 250-5 850 MHz 频段内的雷达的技术和操作特性以及保护准则。这些特性旨在用于评估这些系统与其他业务的兼容情况。

国际电联无线电通信全会，

考虑到

- a) 雷达的天线、信号传播、目标探测以及为完成其功能具有较大必要带宽的特性在某些频段内是优化的；
- b) 无线电定位、无线电导航和气象雷达的技术特性由系统担负的任务决定，并且即便在一个频段内变化也很大；
- c) 无线电导航业务正如《无线电规则》(RR) 的第 4.10 款规定的是一种安全业务，且需要专门措施以保证其不遭受有害干扰；
- d) 考虑到从 WARC-79 以来已对无线电定位和无线电导航的频谱划分进行了大量消减或降级（合计约 1 GHz）；
- e) 一些 ITU-R 技术小组正在考虑在无线电导航、无线电定位和气象雷达使用的 420 MHz 和 34 GHz 之间频段内引入新型系统（例如固定无线接入和高密度固定和移动系统）或业务的可能性；
- f) 为了确定新型系统工作的频段内有无可能引入这些新型系统而需要了解无线电定位、无线电导航和气象雷达的典型的技术和工作特性；
- g) ITU-R M.1461 建议书提供了雷达和其他业务中系统之间兼容性分析的程序和方法；
- h) 无线电定位、无线电导航和气象雷达在 5 250-5 850 MHz 之间的频段内工作；
- j) 在 5 600-5 650 MHz 频段内，批准用于气象的地面雷达与航空无线电导航业务（ARNS）台站以同等条件工作（见《无线电规则》第 5.452 款），

建议

1 附件 1 中描述的无线电定位、无线电导航和气象雷达的技术和工作特性作为工作在 5 250 和 5 850 MHz 之间频段内这些特性的典型代表（见注 1）；

2 ITU-R M.1461 建议书作为无线电定位、无线电导航和气象雷达与其他业务的系统之间兼容性分析的指导原则；以-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 的准则作为无线电定位与其他业务共用研究所要求的保护触发电平。如果存在多个干扰，该保护准则代表净保护电平。

注 1 — 关于水上无线电导航雷达的特性应采用 ITU-R M.1313 建议书。

附 件 1

无线电定位、航空无线电导航和气象雷达的特性

1 引言

如表 1 所示，5 250 和 5 850 MHz 之间的频段已划分给 ARNS 和无线电定位业务主用。在 5 600-5 650 MHz 频段内，批准用于气象的地面雷达与水上无线电导航业务的台站以同等条件工作（见《无线电规则》第 5.452 款）。

表 1

频段 (MHz)	划 分
5 250-5 255	无线电定位
5 255-5 350	无线电定位
5 350-5 460	航空无线电导航
5 460-5 470	无线电定位
5 470-5 650	水上无线电导航 ⁽¹⁾
5 650-5 725	无线电定位
5 725-5 850	无线电定位

⁽¹⁾ 根据《无线电规则》第 5.452 款，在 5 600-5 650 MHz 频段内，批准用于气象的地面雷达与水上无线电导航业务的台站以同等条件工作。

无线电定位雷达完成各种功能，如：

- 跟踪处于研发测试和运行测试的空间运载火箭和航空飞行器；
- 海空监视；
- 环境测量（例如海水环流和气候现象如飓风的研究）；
- 地面成像；以及
- 国防和多国维和。

航空无线电导航雷达主要用于航空气象避险和风向切变检测，且作为一种安全业务（见《无线电规则》第 4.10 款）。

气象雷达用于探测恶劣天气环境如龙卷风、飓风和猛烈的雷暴雨。这些气象雷达还提供在可能发生的洪水的水文预报中非常重要的定量的地区降雨量测量。该信息用于向公众提供警报，由此提供的是一项生命安全业务。

ITU-R M.1313 建议书中包含了 5 470-5 650 MHz 频段内水上无线电导航雷达的特性。

2 技术特性

5 250 和 5 850 MHz 之间的频段由许多不同类型地面固定、船载、机载和可搬运的平台上的雷达所使用。表 2 和表 3 包含了这些频段内典型系统部署的技术特性。这些信息在评估这些雷达和其他系统之间兼容性的一般计算中通常是足够的。

但是这些表中未包含工作在该频率范围内的频率跳变雷达的特性。频率跳变是普通的电子对抗的对抗测量（ECCM）的一种。雷达系统设计成工作在敌方电子攻击环境采用频率跳变作为其 ECCM 技术之一。这种雷达通常是将其划分的频段分成信道。雷达发送则从所有可用信道中随机选择一条信道。这种随机占用一条信道的方式可在每一波束位置发生，许多脉冲在同一信道上发送，也可以每个脉冲占用一条信道。在共用研究中应该考虑雷达系统的这一重要特征并应计入频率跳变雷达的潜在影响。

表 2

航空无线电导航和气象雷达系统的特性

特 性	雷达 A	雷达 B	雷达 C	雷达 D	雷达 E	雷达 F	雷达 G	雷达 H	雷达 I	雷达 J
功能	气象	气象	气象	航空无线电 导航	气象	气象	气象	气象	气象	气象
平台类型 (机载、船载、地面)	地面/船载	机载	地面	机载	地面	地面	地面	地面	地面	地面
调整范围 (MHz)	5 300-5 700	5 370	5 600-5 650	5 440	5 600-5 650	5 300-5 700	5 600-5 650	5 600-5 650	5 600-5 650	5 250-5 725
调制	不适用	不适用	不适用	不适用	不适用	不适用	不适用	常规的	带多普勒性能的	带多普勒性能的
进入天线的 Tx 功率	250 kW 峰值 125 W 平均值	70 kW 峰值	250 kW 峰值 1 500 W 平均值	200 W 峰值	250 kW 峰值	250 kW 峰值	250 kW 峰值	250 kW 峰值 150 W 平均值	250 kW 峰值 150 W 平均值	2.25 kW 峰值
脉冲宽度 (μs)	2.0	6.0	0.05-18	1-20	1.1	0.8-2.0	3.0	0.8-5	0.8-5	0.1
脉冲升/降时间 (μs)	0.2	0.6	0.005	0.1	0.11	0.08	0.3	0.2-2	0.2-2	0.005
脉冲重复率 (pps)	50, 250 和 1 200	200	0-4 000	180-1 440	2 000	250-1 180	259	250-1 200	50-1 200	100 000
输出设备	同轴磁控管	同轴磁控管	速调管	磁控管	速调管	可调磁控管	同轴磁控管	同轴磁控管 或速调管	同轴磁控管	同轴磁控管
天线方向性图 (锐锥型、 扇型、余割平方型等)	锥型	扇型	锐锥型	锐锥型	锐锥型	锐锥型	锐锥型	锐锥型	锐锥型	锐锥型
天线类型 (反射器、相控阵、 隙缝阵等)	固体金属 抛物线型	抛物线型	抛物线型	隙缝阵	抛物线型	抛物线型	固体抛物线 型	固体抛物线型	固体抛物线型	固体抛物线型
天线极化	垂直	水平	水平	水平	水平	水平	水平	水平和/或垂 直	水平或垂直	水平或垂直
天线主波束增益 (dBi)	39	37.5	44	34	50	40	40	40-50	40-50	35-45

表 2 (完)

特 性	雷达 A	雷达 B	雷达 C	雷达 D	雷达 E	雷达 F	雷达 G	雷达 H	雷达 I	雷达 J
天线仰角波束宽度 (度)	4.8	4.1	0.95	3.5	< 0.55	< 1.0	1.65	0.5-2	0.5-2	2.4-12
天线方位波束宽度 (度)	0.65	1.1	0.95	3.5	< 0.55	< 1.0	1.65	0.5-2	0.5-2	1.5-12
天线水平扫描速率 (度/s)	0.65	24	0-36 (0-6 rpm)	20	21-24	30-48	30-48	6-18 (1-3 rpm)	6-18 (1-3 rpm)	1.2
天线水平扫描类型 (连续、 随机、360°、扇区等) (度)	360	180 扇区	360	连续	连续 360 扇区	360	360	360	360	360
天线垂直扫描速率 (度/s)	不适用	不适用	不适用	45	15	15	15	1-10	1-14	不适用
天线垂直扫描类型 (连续、 随机、360°、扇区等) (度)	不适用	不适用	不适用	扇区	逐步地、 0.5-60	逐步地、 -2 至+60	-1 至+60	-1 至+90	-5 至+90	不适用
天线旁瓣 (SL) 电平 (第一 SL 和远 SL) (dB)	-26	-20	-35	-31	-27	-25	-25	-25 至-35	-25 至-35	-20
天线高度 (m)	30	飞机高度	10	飞机高度	30	30	30	6-30	6-30	10
接收机 IF 3 dB 带宽 * (MHz)	0.5	0.6	20	1.0	0.91	0.6	0.25 至 0.5	0.7 至 4	0.1 至 3.0	10
接收机噪声系数 (dB)	7	6	4	5	2.3	3	3	3.5-8	1.5-8	3
最小可识别信号 (dBm)	-110	-106	-97	-109	-109	-109 至-112	-114	-113 至-120	-113 至-120	-113 至-118

表 3

无线电定位系统的特性

特 性	雷达 K	雷达 L	雷达 M	雷达 N	雷达 O	雷达 P	雷达 Q	雷达 R	雷达 S
功能	检测仪表	检测仪表	检测仪表	检测仪表	检测仪表	表面和空中 搜寻	表面和空中搜寻	研究和地面 成像	搜寻
平台类型(机载、船载、地面)	地面	地面	地面	地面	地面	船载	船载	机载	机载
调整范围 (MHz)	5 300	5 350-5 850	5 350-5 850	5 400-5 900	5 400-5 900	5 300	5 450-5 825	5 300	5 250-5 725
调制	不适用	无	无	脉冲/线性调频脉 冲	线性调频脉冲	线性 FM	无	非线性/线性 FM	CW 脉冲
进入天线的 Tx 功率	250 kW	2.8 MW	1.2 MW	1.0 MW	165 kW	360 kW	285 kW	1 或 16 kW	100-400 W
脉冲宽度 (μs)	1.0	0.25, 1.0, 5.0	0.25, 0.5, 1.0	0.25-1 (普通的) 3.1-50 (线形调频)	100	20.0	0.1/0.25/1.0	7 or 8	1.0
脉冲升/降时间 (μs)	0.1/0.2	0.02-0.5	0.02-0.05	0.02-0.1	0.5	0.5	0.03/0.05/0.1	0.5	0.05
脉冲重复率 (pps)	3 000	160, 640	160, 640	20-1 280	320	500	2 400/1 200/ 750	1 000-4 000	200-1 500
线性调频脉冲带宽 (MHz)	不适用	不适用	不适用	4.0	8.33	1.5	不适用	62, 124	不适用
RF 发射带宽 -3 dB -20 dB (MHz)	4.0 10.0	0.5-5	0.9-3.6 6.4-18	0.9-3.6 6.4-18	8.33 9.9	1.5 1.8	5.0/4.0/1.2 16.5/12.5/7.0	62, 124 65, 130	4.0 10.0
天线方向性图(锐锥型、扇型、 余割平方型等)	锐锥型	锐锥型	锐锥型	锐锥型	锐锥型	余割平方型	扇型	扇型	锐锥型
天线类型(反射器、相控阵、 隙缝阵等)	抛物线型 反射器	抛物线型	抛物线型	相控阵型	相控阵型	抛物线型	行波馈电 喇叭阵型	单座两个双极 化喇叭型	隙缝阵型

表 3 (完)

特 性	雷达 K	雷达 L	雷达 M	雷达 N	雷达 O	雷达 P	雷达 Q	雷达 R	雷达 S
天线极化	垂直/左旋 圆极化	垂直/左旋 圆极化	垂直/左旋 圆极化	垂直/左旋 圆极化	垂直/左旋 圆极化	水平	水平	水平和垂直	圆极化
天线主波束增益 (dBi)	38.3	54	47	45.9	42	28.0	30.0	26	30-40
天线仰角波束宽度 (度)	2.5	0.4	0.8	1.0	1.0	24.8	28.0	28.0	2-4
天线方位波束宽度 (度)	2.5	0.4	0.8	1.0	1.0	2.6	1.6	3.0	2-4
天线水平扫描速率 (度/s)	不适用 (跟踪)	不适用 (跟踪)	不适用 (跟踪)	不适用 (跟踪)	不适用 (跟踪)	36, 72	90	不适用	20
天线水平扫描类型 (连续、随机、360°、扇区等) (度)	不适用 (跟踪)	不适用 (跟踪)	不适用 (跟踪)	不适用 (跟踪)	不适用 (跟踪)	连续 360	30-270 扇区	固定于航路左 侧或右侧	连续
天线垂直扫描速率 (度/s)	不适用 (跟踪)	不适用 (跟踪)	不适用 (跟踪)	不适用 (跟踪)	不适用 (跟踪)	不适用	不适用	不适用	不适用
天线垂直扫描类型 (连续、随机、360°、扇区等) (度)	不适用 (跟踪)	不适用 (跟踪)	不适用 (跟踪)	不适用 (跟踪)	不适用 (跟踪)	不适用	固定	仰角固定 (-20 至-70)	不适用
天线旁瓣 (SL) 电平 (第一 SL 和远 SL) (dB)	-20	-20	-20	-22	-22	-20	-25	-22	-25
天线高度 (m)	20	20	8-20	20	20	40	40	至 8 000	9 000
接收机 IF 3 dB 带宽 (MHz)	1	4.8, 2.4, 0.25	4, 2, 1	2-8	8	1.5	1.2, 10	90, 147	1
接收机噪声系数 (dB)	6	5	5	11	5	5	10	4.9	3.5
最小可识别信号 (dBm)	-105	-107	-100	-107, -117	-100	-107	-94 (短/中等脉冲) -102 (宽脉冲)	-90, -87	-110

3 操作特性

3.1 气象雷达

机载和地面气象雷达都工作在 5 250-5 850 MHz 频率范围内，且技术特性已在表 1 中给出。

地面气象雷达系统用于探测恶劣天气和规划飞行活动且通常位于遍布全球的机场附近。而且这些雷达还是 24 h/日连续工作的。

气象雷达提供量化的地区降雨量且多数情况是属于国家或区域范围协同测量网络中的。那些采用了多普勒雷达技术的气象雷达还监视可表明如龙卷风、飓风和猛烈的雷暴雨以及风切变和骚动这样的恶劣气象元素的出现和活动。这两种雷达采用实时的量化测量，是水文、气象和环境预报的关键而独特的数据来源。通过对用数字表示的数据的吸纳，在气象、水灾和污染特别是造成破坏的情况的模型化和预报中，这些数据用以提高预报和警报的精度和时效性。可能直接采用这些数据，例如闪电危害的评估。许多应用对普通公众（同时对生命和财产）的安全和保护以及军队作战的安全和保障都是至关重要的。

机载气象雷达既用于飓风研究，也用于飓风搜索。航空器在高达 20 000 英尺（6 096 m）和低至 1 500 英尺（457 m）的范围重复地穿过眼壁。有些航空器专为飓风强度和着陆预报的计算机模型采集研究飞行任务的数据。另一些航空器则穿过狂暴程度稍低的更高高度（30 000-45 000 英尺，或 9 144-13 716 m）的飓风以确定飓风眼的位置。

3.2 航空无线电导航雷达

工作在 5 350-5 460 MHz 频段内 ARNS 的雷达主要是用于飞行安全的机载系统。在飞行中气象探测和避险雷达都是连续工作的，同样一旦飞机下降至 2 400 英尺（732 m）高度以下就自动工作的风切变探测雷达也在使用之列。这两种雷达具有类似的特性且主要是前视雷达，其扫描量集中在航空器的飞行路径周围。这些系统在一个给定的方位和仰角范围内自动地扫描，且特点是由领航员（可为导航决策选择不同的仰角“切换”）手动（机械）地调整仰角。

3.3 无线电定位雷达

在整个 5 250-5 850 MHz 范围内为完成各种不同任务的无线电定位业务的雷达有许多种类。表 3 给出了使用这些频率，可用于评估与无线电定位雷达和其他业务系统间兼容性的这类雷达的若干代表类型的技术特性。

量测雷达在处于研发测试和运行测试的空间运载火箭和航空飞行器上用来提供高精度位置数据。这些雷达具有典型的高发射机功率和非常窄的锐锥型波束的大孔径抛物型反射器天线。这类雷达对感兴趣的目标既有雷达跟踪还有信标跟踪的自动跟踪天线。（注意这种雷达信标未在表中出现；它们通常在 5 400-5 900 MHz 上可调，发射机功率在 50-200 W 峰值范围内，且用于转发收到的雷达信号。）运行周期根据测试程序可从数分钟持续至长达 4-5 小时。可以 24 小时/日、7 日/周按安排好的时间运行。

船载海空监视雷达用于船只保护且在船只行进中和在进港和离港时都是连续工作的。这些监视雷达通常采用适度高的发射机功率、仰角方向电子扫描、整个 360° 方位上的机械扫描的天线。在一定地理地区内多艘船只的这种雷达可同时工作。

在 5 250-5 850 MHz 频段内还工作着其他特殊用途的雷达。雷达 Q（表 3）是一种机载综合口径雷达，它用于陆地测绘和成像、环境和陆用研究以及其他相关研究活动。它可在各种高度上连续工作且根据特殊的测量活动可在长达数小时的时间周期内改变俯视角度的工作。

4 保护准则

来自其他业务的 CW 或类似噪声型调制引起的在该频段内工作的雷达灵敏度降低效应，可以料想与其强度有关。在合理的近似范围内，这种干扰活动在任何方位扇区上，其功率谱密度可简单地加到雷达接收机热噪声的功率谱密度上。如果在不存在干扰时雷达接收机噪声的功率谱密度以 N_0 表示而类似噪声型的干扰表示为 I_0 ，则合成的有效噪声功率谱密度直接变成 $I_0 + N_0$ 。对于气象雷达和无线电定位雷达来说，增大约 1 dB 就会构成严重恶化。这种增大相当于 1.26 的 $(I + N)/N$ 的比值，或约 -6 dB 的 I/N 比值。对于无线电导航业务和气象雷达，涉及其生命安全功能时，约 0.5 dB 的增大就会构成严重恶化。这样一个增大相当于约 -10 dB 的 $(I + N)/N$ 的比值。当然，还需要对该比值进一步验证。这些保护准则表示的是多个干扰源存在时的综合影响；每个干扰源的 I/N 允许值应根据干扰源的个数及其几何量并需要在对给定的情况进行分析时估算。

对可部署大量台站的某些通信系统，合成因子会非常可观。

脉冲型干扰的影响定量的难度更大且更多取决于接收机/处理器的设计和工作方式。有效目标回波信号通常是同步脉冲的有效目标返回的，干扰脉冲通常是异步的，这二者的差分处理增益尤其会对一定电平的脉冲型干扰的影响起重要的作用。这种灵敏度降低会引起几种不同形式的性能恶化。分析这种恶化是分析特殊类型雷达之间相互作用的一个目标。一般情况下，无线电测定雷达的很多特性是可预期抑制低占空因数的脉冲型干扰的，特别是来自少数孤立源的。抑制低占空因数脉冲型干扰的技术在 ITU-R M.1372 建议书《无线电测定业务中雷达站对无线电频谱的有效使用》中给出。

5 干扰减轻技术

一般情况下，无线电定位、航空无线电导航和气象雷达之间的相互兼容性都是由限制主波束耦合的天线波束的扫描来完成的。另外干扰的减轻由两种类型的雷达波形之间的差别以及抑制有害脉冲来完成的，如通过限制技术、灵敏度时间控制和信号综合等接收机滤波和信号处理技术来抑制有害脉冲。此外，还可以通过载波频率分离或通过采用异步脉冲衰减/抑制技术的时间鉴别来减轻干扰。在雷达与雷达的相互作用中，由于自然出现的或通过良好的设计来达到很高的功率耦合隔离度和时间隔离度，并不总是需要用频率分离来达到兼容性操作。雷达系统采用的减轻干扰技术的其他细节在 ITU-R M.1372 建议书中给出。
