

MH

中 华 人 民 共 和 国 民 用 航 空 行 业 标 准

MH/T 4038—2013

空 中 交 通 管 制 L 波 段 一 次 监 视 雷 达 技 术 要 求

L band primary surveillance radar for ATC—Technical requirement

2013 – 05 – 10 发布

2013 – 08 – 01 实施

中 国 民 用 航 空 局 发 布

前 言

本标准按照GB/T 1.1—2009给出的规则起草。

本标准由中国民用航空局空管行业管理办公室提出。

本标准由中国民用航空局航空器适航审定司批准立项。

本标准由中国民航科学技术研究院归口。

本标准起草单位：中国民用航空局空中交通管理局技术中心、南京恩瑞特实业有限公司。

本标准主要起草人：田振才、郭静、李冰、任森、李航宇、冯兵、陶晶。

MH

空中交通管制 L 波段一次监视雷达 技术要求

1 范围

本标准规定了民用航空空中交通管制L波段一次监视雷达设备的通用技术要求。
本标准适用于民用航空空中交通管制L波段一次监视雷达设备的配置和使用。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅所注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB 6364 航空无线电导航台站电磁环境要求
GB 8702 电磁辐射防护规定
GB 10436 作业场所微波辐射卫生标准
MH/T 4003 航空无线电导航台和空中交通管制雷达站设置场地规范
MH 4008 空管雷达及管制中心设施间协调移交数据规范
MH/T 4017—2004 空中交通管制S波段一次监视雷达设备技术规范
MH/T 4020 民用航空通信导航监视设施防雷技术规范

3 术语、定义和缩略语

3.1 术语和定义

MH/T 4017—2004中确立的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1.1

斯威林 I 型目标 swerling 1 targets

在雷达每次扫描期间的回波脉冲相关，但两次扫描之间回波独立的目标。

3.1.2

数字脉冲压缩主副瓣比 ratio of sidelobe to mainlobe in digital pulse compression

使用数字脉冲压缩技术时，主瓣幅度相对最大副瓣幅度的倍数。

3.1.3

轴角编码器 angular encoder

将天线转轴的角位移转换成数字量输出的转换设备。

3.2 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

BITE 机内测试设备(Build In Test Equipment)
GNSS 全球导航卫星系统(Global Navigation Satellite System)
LRU 现场可更换单元(line replaceable unit)
MTD 动目标检测(moving target detect)
STC 灵敏度时间控制(sensitivity-time control)
UPS 不间断电源(uninterruptible power system)

4 技术要求

4.1 组成

空中交通管制L波段一次监视雷达设备由天线、转台（旋转关节、电机、轴角编码器等）及馈线系统、发射机、接收机、信号处理器、监控维护席位等组成。

4.2 一般要求

- 4.2.1 L波段一次监视雷达站址周围的电磁环境应符合 GB 6364 的要求。
- 4.2.2 L波段一次监视雷达站址周围障碍物环境应符合 MH/T 4003 的要求。
- 4.2.3 L波段一次监视雷达室内设备的微波泄露辐射应符合 GB 8702 和 GB 10436 的要求。
- 4.2.4 组成雷达的主要设备（包括发射功放驱动、接收单元、信号处理单元、监控单元等）应采用冗余配置，能自动和手动切换。
- 4.2.5 雷达采用全相参、全固态、动目标检测体制。
- 4.2.6 雷达应能 24 h 连续工作。
- 4.2.7 雷达应在全天候条件下实现自动目标录取。

4.3 性能要求

4.3.1 工作频段

雷达工作频率范围应为1 250 MHz~1 350 MHz。

4.3.2 作用空域

4.3.2.1 计算作用距离的条件为：

- 目标的雷达截面积(σ)为 2 m²；
- 目标的起伏模型为斯威林 I 型目标；
- 虚警概率(P_f)为 10⁻⁶；
- 检测概率(P_d)为 0.8；
- 高度角 (θ) 为 2.5° ；
- 天线转速为 5 r/min。

4.3.2.2 最大作用距离应不小于 220 n mile，最小作用距离应不大于 1 n mile。

4.3.2.3 仰角覆盖范围为 0° ~40° 。

4.3.2.4 最大探测高度应不小于 18 000 m。

4.3.3 距离参数

4.3.3.1 距离分辨力应不大于 750 m。

4.3.3.2 距离精度的均方根值应不大于 120 m。

4.3.4 方位参数

4.3.4.1 方位分辨力应不大于 3.3° 。

4.3.4.2 测角精度的均方根值应不大于 0.22° 。

4.3.5 抗干扰能力

系统应具有以下抗干扰能力：

- 抗异步干扰；
- 抗气象杂波；
- 杂波中目标可见度不小于 48 dB。

4.3.6 气象探测能力

雷达设备应具有独立的气象通道和冗余通道输出，能按6个强度等级显示监视空域中的气象轮廓。

4.3.7 目标处理能力

天线转速为5 r/min条件下，目标处理能力应能满足以下要求：

- 天线每转一周处理大约 900 批的目标（目标均匀分布）；
- 在 11.25° 扇区处理大于 150 批目标（目标均匀分布）。

4.3.8 合装能力

4.3.8.1 在电路设计和结构设计上应具备与二次监视雷达合装的能力。

4.3.8.2 应具有一、二次雷达点迹和航迹配对能力。

4.3.8.3 配对成功率应不小于 95%。

4.3.9 数据接口

数据接口应满足以下条件：

- 雷达设备能通过网络、RS422 或 RS232 等多种接口输出数据；
- 端口格式和数据传输速率可由用户选择配置；
- 目标和气象数据输出信号格式满足 MH 4008 的要求；对于使用 MH 4008 要求之外的自定义数据内容，给出自定义的数据协议文件。

4.3.10 供电

系统应能在 $380\text{ V}\pm 38\text{ V}$ 、 $50\text{ Hz}\pm 2.5\text{ Hz}$ 的供电条件下正常工作。雷达总功耗应不大于 50 kW。

4.3.11 防雷

进入建筑物的电源电缆、数据信号电缆均应安装避雷器或防雷保护器。设备应具备抗雷击能力，满足 MH/T 4020 的要求。

4.3.12 可靠性

单通道雷达平均故障间隔时间 (MTBF) 应不小于 1 000 h；雷达系统致命性故障间的任务时间 (MTBCF) 应不小于 30 000 h；故障平均维修时间 (MTTR) 应不大于 0.5 h。

4.3.13 自检功能

4.3.13.1 雷达设备应具有完善的 BITE 功能,能实现对雷达系统主要性能的监视与测量,自主进行在线或非在线的系统故障隔离与诊断。

4.3.13.2 故障检测率应不小于 95%。

4.3.13.3 故障隔离覆盖率应不小于 95%。

4.3.13.4 90%以上的故障应自动定位到单个 LRU。

4.3.13.5 95%以上的故障应自动定位到 3 个 LRU。

4.3.13.6 故障虚警率应不大于 5%。

4.3.14 授时功能

雷达设备应具备 GNSS 时标接收能力。

4.3.15 设备的环境条件

4.3.15.1 室内设备运行的环境要求如下:

——工作温度: $0^{\circ}\text{C}\sim 40^{\circ}\text{C}$;

——相对湿度: 10%~90%。

4.3.15.2 室内设备存储的环境要求如下:

——贮存温度: $-55^{\circ}\text{C}\sim 70^{\circ}\text{C}$;

——相对湿度: 10%~90%。

4.3.15.3 室外设备环境应满足 4.4.9 的要求。

4.3.15.4 室内和室外设备应能在海拔 3 000 m 的环境条件下正常工作。

4.4 天线馈线系统技术要求

4.4.1 天线的极化方式应包括线极化和圆极化,极化方式应通过遥控进行转换,转换时间应小于 10 s。

4.4.2 天线增益要求如下:

——低波束的增益应不小于 36 dB;

——高波束的增益应不小于 32 dB。

4.4.3 3 dB 水平波束宽度要求如下:

——低波束应不大于 $1.25^{\circ}\pm 0.15^{\circ}$;

——高波束应不大于 $1.3^{\circ}\pm 0.15^{\circ}$ 。

4.4.4 水平波束副瓣电平要求如下:

——最大副瓣电平相对主瓣电平应不大于 -27 dB ($\pm 10^{\circ}$ 范围内);

——平均副瓣电平相对主瓣电平应不大于 -40 dB ($\pm 10^{\circ}\sim \pm 180^{\circ}$ 范围内)。

4.4.5 天线垂直波束应分为高、低波束,高、低波束均应为锐截止余割平方赋型波束,应保证 $0^{\circ}\sim 40^{\circ}$ 仰角空域的连续覆盖。

4.4.6 天线馈线驻波比应不大于 1.5。

4.4.7 天线馈线耐功率的峰值功率应不小于 60 kW,平均功率应不小于 5.5 kW。

4.4.8 雷达天线俯仰角应能在 $-3^{\circ}\sim +3^{\circ}$ 范围内调整。

4.4.9 雷达天线主体(包括室外设备)应能在以下环境条件下正常工作:

——环境温度: $-55^{\circ}\text{C}\sim 70^{\circ}\text{C}$;

——相对湿度: 5%~100%;

——降雨: 降水量 60 mm/h;

- 冰雹：直径25 mm，风速18 m/s；
- 冰载：径向厚度1.25 cm；
- 雪载：240 kg/m²；
- 抗风：平均风速小于15 m/s时，正常工作；平均风速小于32 m/s时，不被损坏；
- 盐雾：在海岸区域工作。

4.4.10 雷达天线驱动要求如下：

- 天线转速应为 2.5 r/min~10 r/min；
- 方位编码最小分辨率应不大于 0.022°；
- 应有安全闭锁装置；
- 控制单元、驱动电机和轴角编码器应采用冗余配置，单台电机应能保证对天线正常驱动。

4.5 发射机技术要求

- 4.5.1 发射机总输出功率应满足雷达最大作用距离的要求，工作频段内峰值功率起伏应不大于 1 dB。
- 4.5.2 发射脉冲上升沿应不大于 1.2 μs。
- 4.5.3 发射脉冲下降沿应不大于 0.5 μs。
- 4.5.4 发射脉冲顶降应不大于 15%。
- 4.5.5 发射工作比应不大于 10%。
- 4.5.6 发射机改善因子应不小于 60 dB。
- 4.5.7 谐波输出应不大于 -45 dB。
- 4.5.8 带外杂波输出应不大于 -50 dB。
- 4.5.9 应具备过占空比保护、驻波保护、过压保护、过温保护、停转保护等安全保护功能。

4.6 接收机技术要求

4.6.1 接收通道应满足以下要求：

- 具有独立的高、低波束接收通道和气象接收通道；
- 实现任意方位单元、不同距离上的高低波束信号选择；
- 接收机噪声系数不大于 2 dB；
- 接收机线性动态范围不小于 60 dB；
- STC 控制范围不小于 60 dB，步进 1 dB，全程可控；
- 接收机承受峰值功率不小于 50 mW；
- 接收机带宽与发射信号带宽相匹配；
- 带外干扰抑制能力不小于 40 dB。

4.6.2 激励源应满足以下要求：

- 激励源输出功率满足驱动发射机正常工作的要求；
- 信号形式采用宽、窄脉冲组合；
- 发射激励脉冲包络无自激；
- 采用脉冲重复频率参差，使第一盲速不小于 1 000 m/s；
- 激励信号杂散谱抑制不大于 -60 dB；谐波抑制不大于 -50 dB。

4.6.3 频率源应满足以下要求：

- 本振源相位噪声在 1 kHz 处不大于 -100 dBc/Hz；
- 变频方式为脉间变频或脉组变频；
- 变频频率点不小于 16 个；
- 频率捷变时间不大于 5 μs；

——输出基准时钟信号。

4.7 信号处理器技术要求

4.7.1 发射和接收信号时间带宽积大于 100 时，数字脉冲压缩主副瓣比应不小于 35 dB。

4.7.2 应采用自适应 MTD，可根据不同的杂波环境选择不同的滤波器组。

4.7.3 应能设置 MTD 滤波器系数和各通道门限。

4.7.4 应能检测切向飞行的运动目标。

4.7.5 应能检测各种杂波背景下的运动目标。

4.7.6 应具备杂波图处理功能，杂波图检测门限应可调。

4.7.7 应采用恒虚警处理，恒虚警门限应可调。

4.7.8 气象通道应有效抑制地物杂波、飞机回波和二次回波。

4.7.9 气象轮廓图分辨力应为：

——方位不大于波束宽度；

——距离不大于 1 km。

4.7.10 输出点迹和航迹数据信息中应包含每个点迹或航迹的时标。

4.7.11 航迹录取方式应能选择自动和手动录取。

4.7.12 应能设置航迹禁止起始区，首点起始区等多种录取区。

4.8 监控维护席位技术要求

4.8.1 应具备本地和遥控功能，能按登录权限控制一次监视雷达的开关机、转速、工作频率、极化方式、工作方式等操作，并能设置各分系统的运行参数。

4.8.2 应能按总体、分系统、模块三级显示雷达工作状态以及工作参数。

4.8.3 应具有故障监视、离线测试控制和维修指导，对严重故障信息，应能给出颜色、声音警报。

4.8.4 天线馈线系统监视内容应包括：

——电机的电流和温度、减速箱的油位和温度、控制器状态等；

——天线转台油位、油温；

——闭锁开关状态；

——天线极化状态；

——轴角编码器状态；

——天线转速。

4.8.5 发射机监视内容应包括：

——发射机柜进出风口温度；

——发射前级状态（输出功率、电流和工作温度）；

——发射末级状态（输出功率、电流和工作温度）；

——发射电源状态（电压、电流和工作温度）；

——发射机输出总功率；

——发射机输出驻波。

4.8.6 接收机监视内容应包括：

——每个 LRU 状态；

——接收机噪声电平；

——接收机稳定性。

4.8.7 信号处理器监视内容应包括：

——每个 LRU 的工作状态；

- 脉冲压缩波形;
 - 点迹数统计;
 - 航迹数统计;
 - 软件运行状态。
- 4.8.8 配套设备监视内容应包括:
- UPS 工作状态;
 - 干燥机工作状态;
 - 工作环境(温度、湿度、火警、门禁等)。
- 4.8.9 显示器尺寸应不小于 51 cm(20.1 in)。
- 4.8.10 雷达画面显示内容应包括:
- 点迹、航迹及其参数;
 - 天线转速;
 - 目标信息列表;
 - 背景地图和航道;
 - 命令菜单;
 - 当前工作状态、参数。
- 4.8.11 显示目标容量为每转不小于 900 批, 每批目标参数信息应包含航迹点批号、方位、距离、航向、航速、质量等。
- 4.8.12 显示器应能同屏显示目标航迹和一次视频信息; 通过操控能选择显示一次、二次、一次加二次信息, 其中一次信息可选择为原始视频或动目标视频。
- 4.8.13 应能显示气象轮廓图, 且每 6 个天线周期更新一次。
- 4.8.14 应能进行点迹、航迹、雷达状态和操作的记录, 连续记录时间应不小于 1 年。
-