

MH

中华人民共和国民用航空行业标准

MH / T 401 7—2004

空中交通管制S波段一次监视 雷达设备技术规范

S band primary surveillance radar technical specification for ATC

2004-12-20发布

2005-04-01实施

中国民用航空总局 发布

目 次

前言	
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 缩略语	3
5 技术要求	3
附录A(规范性附录) 脉冲雷达距离计算	8

前 言

本标准的附录A为规范性附录。

本标准由中国民用航空总局空中交通管理局提出并负责解释。

本标准由中国民用航空总局航空安全技术中心归口。

本标准起草单位：中国民用航空总局空中交通管理局、中国民用航空学院。

本标准主要起草人：甘泉、张弘、任磊、蒲海波、刘伟、杜文一。

空中交通管制S波段一次监视雷达设备技术规范

1 范围

本标准规定了用于民用航空空中交通管制S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S波段一次监视雷达设备的配备和使用。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件,其随后所有的修改单(不包括勘误的内容)或修订版均不适用于本标准,然而,鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件,其最新版本适用于本标准。

GB 6364—1986 航空无线电导航台站电磁环境要求

GB 8702—1988 电磁辐射防护规定

GB 10436—1989 作业场所微波辐射卫生标准

MH / T 4003—1996 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 / T 4008 空管雷达及管制中心设施间协调移交数据规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

3.1

一次监视雷达primary surveillance radar

通过自主辐射电磁波并检测到飞行器对该电磁波反射进而对飞行器进行空中定位的雷达设备。

3.2

脉冲功率pulse power

P_t

脉冲持续期间的平均功率。

3.3

距离分辨力 range resolution

在同一方位上,雷达区分相邻飞行器最小间距的能力。

3.4

距离精度 range accuracy

雷达测距估值的均方误差。

3.5

方位分辨力 azimuth resolution

在同一距离上,雷达区分相邻飞行器最小方位角的能力。

3.6

方位精度 azimuth accuracy

雷达探测方位估值的均方误差。

3.7

交叉极化电平 fraction of cross. polarized radiation

采用对消比表示圆极化纯度的一种度量。

用公式表示为：

$$A = B / C$$

式中：

A——对消比；

B——有抑制时的接收功率；

C——无抑制时的接收功率。

3. 6

积累对消比 integrated cancellation ratio

抑制气象回波平均性能的一种度量。

3. 9

改善因子 improvement factor

动目标显示系统杂波滤波器输出信杂比(S_o / C_o)与输入信杂比(S_t / C_t)的比值。

3. 10

脉冲压缩技术 pulse compression technology

用大时宽、带宽积信号进行目标空中定位的雷达技术。

3. 11

脉冲幅度 pulse amplitude

A

脉冲包络峰值电压的幅度(见图1)。

3. 12

脉冲宽度 pulse duration

脉冲包络上升沿和下降沿半幅度点(0. 5A)之间的时间间隔(见图1)。

3. 13

脉冲上升时间 pulse rise time

脉冲包络上升沿0. 1A到0. 9A之间的时间(见图1)。

3. 14

脉冲下降时间 pulse decay time

脉冲包络下降沿0. 9A到0. 1A之间的时间(见图1)。

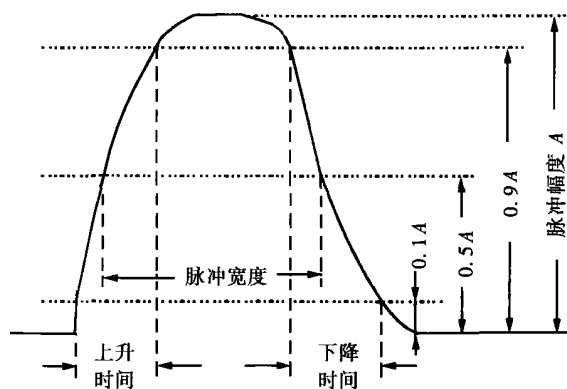


图 1 脉冲波形

3. 15

脉冲间隔pulse interval

第一个脉冲上升沿半幅度点(0.5A)和第二个脉冲上升沿半幅度点之间的时间间隔。

3. 16

仙波 angle clutter

由于气象条件或鸟群、集群飞行的昆虫造成的反射回波。

4 缩略语

下列缩略语适用于本标准。

AMTD(adaptive moving-target detector) 自适应动目标检测

CPI(coherent processing interval) 相参处理间隔

FIR(finite impulse respond) 有限冲击响应

I(improvement factor) 改善因子

ICR(integrated cancellion ratio) 积累对消比

LRU(line replaceable unit) 在线可替换单元

STALO(stable local oscillator) 稳定本地振荡器

STC(sensitivity time control) 灵敏度时间控制

5 技术要求

5.1 组成

S波段一次监视雷达设备由天线、转台(旋转关节、马达、码盘等)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。

5.2 一般要求

5.2.1 S波段一次监视雷达站址周围的电磁环境应符合GB 6364—1986的要求。

5.2.2 S波段一次监视雷达站址周围障碍物环境应符合MH/T 4003—1996的要求。

5.2.3 S波段一次监视雷达站室内设备的微波泄漏辐射应符合GB 8702—1988和GB 10436—1989的要求。

5.2.4 组成s波段一次监视雷达的各设备(天馈系统和维护显示器除外)应采用冗余配置,能自动和手动切换。

5.2.5 组成S波段一次监视雷达的各设备(发射机末极除外)应采用全固态器件和电路。设备组成的各插件或独立功能单元应在各插件或独立功能单元的前面板设置相应的正常和故障监视指示。

5.2.6 各设备应能连续工作。在冗余配置的情况下,室内设备故障平均间隔时间(MTBF)应大于10 000 h,故障平均维修时间(MTYR)应小于0.5 h。

5.2.7 设备的环境条件如下:

——室内设备运行的环境要求为:

——工作温度:0℃~40℃;

——相对湿度:10%~90%;

——室内设备存储的环境要求为:

——环境温度:-10℃~50℃;

——相对湿度:10%~90%;

——室外设备环境应满足5.4.10的要求;

——室内和室外设备应能在海拔2 500 m的环境条件下正常工作。

5.3 性能要求

5.3.1 作用距离

5.3.1.1 计算作用距离的条件为:

- 目标的雷达截面积 $\sigma = 2 \text{ m}^2$;
- 目标的起伏模型为Swerling I型;
- 虚警概率 $P_{fa} = 10^{-6}$;
- 检测概率 $P_d = 0.8$;
- 0.25° 高度角(θ);
- 天线转速为 15 r/min 。

5.3.1.2 作用距离应按附录A给出的BLAKE距离算法估值。

5.3.1.3 最大作用距离不应小于110 km(60 n mile),最小作用距离不应大于1 km(0.5 n mile)。

5.3.2 距离参数

5.3.2.1 距离分辨力不应大于200 m(约1/8 n mile)。

5.3.2.2 测距精度的均方根值不应大于120 m(约1/16 n mile)。

5.3.3 方位参数

5.3.3.1 方位分辨力不应大于 1.45° 。

5.3.3.2 测角精度的均方根值不应大于 0.25° 。

5.3.4 目标处理能力

在5.4.7的条件下目标处理能力应满足以下要求:

- 天线每转一周处理能力应大于400批的目标(目标均匀分布);
- 在 11.25° 扇区处理能力应大于32批的目标(目标均匀分布)。

5.3.5 气象通道

S波段一次监视雷达的气象通道应满足5.7.5的要求。

5.3.6 数据格式

雷达设备输出目标报告的数据格式应符合MH/T 4008的规定。

5.3.7 合装能力

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。

5.4 S波段一次监视雷达天线馈线系统技术要求

5.4.1 雷达天线工作频率范围应为2 700 MHz~2 900 MHz。

5.4.2 雷达天线工作带宽在工作频率上应满足辐射信号频谱的要求。

5.4.3 雷达天线的:

- 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;
- 交叉极化电平不应大于-20 dB;
- 积累对消比(ICR)不应大于-20 dB。

5.4.4 雷达天线的波束应由高、低波束组成。天线高、低波束在接收反射回波时应能进行自动转换合成波束。

5.4.5 雷达天线增益为:

- 高波束的增益不应小于32 dB;
- 低波束的增益不应小于34 dB。

5.4.6 雷达天线波束的要求如下:

- 水平波束为:
 - 3 dB水平波束宽度不应大于 $1.45^\circ \pm 0.05^\circ$;
 - 20 dB水平波束宽度不应大于 $3.2^\circ \pm 0.2^\circ$;

——旁瓣电平应小于-25 dB;

——垂直波束应满足不同高度角的垂直覆盖要求,垂直波束增益应为余割平方变化律。

5.4.7 雷达天线转速应为12 r/min~15 r/min。

5.4.8 雷达天线方位码盘不应小于12位。

5.4.9 雷达天线旋转关节的通道应预留三路二次监视雷达的信号通道。

5.4.10 雷达天线主体(包括室外设备)应在以下环境条件下正常工作:

——环境温度:-55℃~70℃;

——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;

——风速:160 km/h;

——盐雾:在海岸区域工作。

5.4.11 雷达天线的俯仰角应能在-2°~6°范围内调整。

5.5 S波段一次监视雷达发射机技术要求

5.5.1 发射机工作频率范围为2 700 MHz~2 900 MHz。

5.5.2 发射机工作带宽在工作频率上应满足辐射信号频谱的要求。

5.5.3 发射频率稳定性和脉冲之间的相位变化引起的改善因子限制应满足5.7.4的要求。

5.5.4 脉冲宽度应满足作用距离和距离分辨力的要求。

5.5.5 发射脉冲的上升沿不应大于0.1 μs。

5.5.6 发射脉冲的下降沿不应大于0.1 μs。

5.5.7 平均脉冲重复频率应为800 Hz~1 200 Hz。脉冲重复频率(定时)抖动引起的改善因子限制应满足5.7.4的要求。

5.5.8 脉冲重复频率交错(参差)应采用最佳交错比。速度响应的平坦度应在±7 dB范围之内。等效第一盲速不应小于1 000 m/s。

5.5.9 调制方式可采用脉冲压缩体制或常规脉冲体制。

5.5.10 发射机输出功率应满足最大作用距离的要求。发射脉冲幅度的起伏引起的改善因子限制应满足5.7.4的要求。

5.5.11 发射机应采用频率分集或频率捷变的工作方式。

5.5.12 发射机机柜的泄漏功率应符合GB 10436—1989的要求。

5.5.13 发射机应具备在线自检功能,监视发射机系统的工作状态,出现故障时给出故障指示和保护。

5.6 接收机技术要求

5.6.1 接收机工作频率应为2 700 MHz~2 900 MHz。

5.6.2 STALO的改善因子限制应满足5.7.4的要求。

5.6.3 接收机的镜象抑制不应小于60 dB。

5.6.4 接收机的噪声系数不应大于2 dB。

5.6.5 接收机的带宽应满足信号检测的频谱要求和匹配接收的要求。同时应满足接收机的性能要求。

5.6.6 接收机至少应具备STC、杂波图增益控制、噪声电平控制。

STC的控制深度不应小于60 dB,步进1 dB,控制规律 $P=1/R_n$ 由STC图控制。

杂波图增益控制单元应有足够的分辨率满足信号处理要求。

噪声电平控制应保持接收机输出恒虚警率。

- 5. 6. 7 雷达视频输出(压缩后)信号的时间旁瓣电平应小于-40 dB。
- 5. 6. 8 在作用距离范围之内,接收机的动态范围应满足信号处理的要求。
- 5. 6. 9 相参基准频率不稳定性引起的改善因子限制应满足5. 7. 4的要求。
- 5. 6. 10 相位检波(鉴相器)应采用先进的相位检测技术。
- 5. 6. 11 气象接收机通道和目标接收机通道均应满足5. 6. 1~5. 6. 10的要求。
- 5. 6. 12 接收机应具备在线自检功能,监视接收机系统的工作状态,出现故障时给出故障指示和保护。
- 5. 7 信号处理器
 - 5. 7. 1 信号处理器应有两个独立的通道:目标通道和气象通道。
 - 5. 7. 2 信号处理应采用AMTD技术。
 - 5. 7. 2. 1 多普勒滤波器组应采用4~8个FIR滤波器。
 - 5. 7. 2. 2 CPI应为4~8脉冲重复周期。
 - 5. 7. 2. 3 多普勒滤波器的频率响应值应自动适应下列杂波环境的变化以得到最佳的过滤:
 - 无杂波;
 - 弱杂波;
 - 强杂波;
 - 云雨杂波。
 - 5. 7. 2. 4 应能检测切线飞行的运动目标。
 - 5. 7. 2. 5 应能检测运动杂波背景的运动目标。
 - 5. 7. 3 信号处理器应有静态杂波图和动态杂波图,静态杂波图应能自动和手动建立杂波图存储。
 - 5. 7. 4 I(改善因子)包括系统不稳定的改善因子限制和天线扫描的改善因子限制,系统的I应大于50 dB。
 - 5. 7. 5 气象通道应有六级气象回波的强度选择,并在显示设备通过本控和遥控方法显示至少二级气象轮廓。
 - 5. 7. 5. 1 气象通道应有效抑制地物杂波,消除飞机回波、异步干扰和二次串绕的气象回波。
 - 5. 7. 5. 2 气象回波的分辨力应:
 - 方位不大于波束宽度;
 - 距离不大于1 km。
 - 5. 7. 5. 3 气象信息的更新率应小于七次天线扫描。
 - 5. 7. 5. 4 s波段气象通道的工作距离范围为1 km~110 km。
 - 5. 7. 6 点迹录取器应有独立的点迹输出接口,目标和气象数据输出信号格式应满足MH / T 4008的要求。对于使用MH / T 4008要求之外的自定义的数据内容,应给出自定义的数据项、数据项的定义和在“单雷达点迹标准用户应用相关表”的位置。
 - 5. 7. 7 信号处理器应通过系统内部产生的测试信号对信号处理器的性能进行在线监控,出现故障时给出故障指示和保护。
- 5. 8 监控维护席位
 - 5. 8. 1 监控维护席位应由国际通用的工业控制机和高分辨率的大屏幕彩色显示器、串行接口、远程I / O控制板、打印机等组成。
 - 5. 8. 2 监控维护席位应具有良好的人工界面,能发出整机的控制信息,能观察整机各子系统的运行状态和故障信息。
 - 5. 8. 3 监控维护席位应对系统的主要技术参数进行数据采集、数据分析。对系统的正常和故障状态作出正确的判决,并在监视设备上直观显示。监控维护席位应能在线检测到LRU级。
 - 5. 8. 4 当被监视部分出现故障时应输出故障告警信息,同时控制相应的故障部件或分机改变配置或切

断电源。

5.8.5 监控维护席位应具备自动和手动、本控和遥控的功能。

5.8.6 监控维护席位应对监视器所显示的内容进行自动存储和通过打印机打印。

5.8.7 监控维护席位应配置维护显示器,用于监视一次监视雷达系统的工作状态及设备的维修和调整。

5.8.8 维护显示器应:

- 按照正确的比例显示用户要求的地图背景;
- 具备显示一次雷达和二次雷达原始视频的能力;
- 具备显示雷达的气象信息的能力,并满足5.7.5的要求;
- 能在线工作,完成对雷达一般性能的测试;
- 具备记录和回放点迹的功能。

5.8.9 天馈系统监控的内容应包括:

- 驱动系统的油温和油位故障告警,出现故障告警时能切断天线驱动系统电源;
- 天线馈电系统动力相线故障告警,出现故障告警时能切断天线驱动系统电源;
- 天线驱动电机过流、过温故障告警,出现故障告警时能切断天线驱动系统电源;
- 天线码盘状态;
- 天线转速;
- 天馈系统电压驻波比告警;
- 线极化、圆极化切换状态;
- 波导内气压告警。

5.8.10 发射机和接收机监控的内容应包括:

- 发射机过热告警,出现告警时能切断电源;
- 发射机功率下降告警;
- 电源相线故障告警;
- 发射通道失配告警;
- 接收机灵敏度下降告警;
- 接收机增益故障告警。

5.8.11 信号处理器监控应包括:

- 设备组成的硬件故障告警;
- 设备的软件运行状态监视告警;
- 目标点迹的实时统计。

附录A
(规范性附录)
脉冲雷达距离计算

脉冲雷达距离计算步骤见表A. 1。

表 A. 1

1. 在前两栏填入检测概率、虚警概率、目标类型、回波数、天线高度和目标高度角。				
2. 根据 A 栏提出的要求计算系统的噪声温度 T_s 。				
3. 以实际的数值将距离因子填入 B 栏。				
4. 将分贝值或对数值填入 C 栏, 正值填入加 (+), 负值填入减 (-)。				
检测概率 P_d	虚警概率 P_{fa}	目标起伏类型		
雷达天线高度 $h =$ m		目标高度角 $\theta =$ °		回波数 $n =$
A. 计算 T_s $T_s = T_a + T_r + L_r T_r$	B. 距离因素	C. 分贝值	加 (+)	减 (-)
	P_t (kW)	$10\log P_t$ (kW)		
(a) 计算 T_a 当 $T_{ig} = T_{ia} = 290^\circ\text{K}$ 时, 通常地面噪声取 $T_g = 36^\circ\text{K}$, 从理想天线噪声温度曲线查 T_a' L_a (dB): $L_a:$ $T_a = 290 + (0.876 T_a' - 254) / L_a$ $T_a =$ °K	τ (μs)	$10\log \tau$ (μs)		
	G_r	G_r (dB)		
	G_t	G_t (dB)		
	σ (m^2)	$10\log \sigma$ (m^2)		
	f (MHz)	$-20\log f$ (MHz)		
	T_s (°K)	$-20\log T_s$		
	D_0	$-D_0$		
	C_B	$-C_B$		
(b) 使用 $T_r = T_{r'}(L_r - 1)$ 计算 T_r $T_{r'} = 290^\circ\text{K}$ 时, L_r (dB) = $T_r = 290(L_r - 1)^\circ\text{K}$ $T_r =$ °K	L_r	$-L_r$		
	L_p	$-L_p$		
	L_x	$-L_x$		
	距离方程常数 $40\log 1.292$ (n mile)			
	5. 求各列之和			
(c) 使用 $T_e = T_0(F_n - 1)$ 计算 T_e F_n (dB) = $T_e =$ °K $L_r =$ $L_r T_e =$ °K	6. 将小的总和填到大的总和下面			
	7. 相减得净分贝数			
	8. 从方程 $R_0 = 100 \times \text{反对数}(\text{dB}/40)$ 其中 dB 是第 7 步的数值。 $R_0 \rightarrow$ <input style="width: 50px;" type="text"/>			
	9. 将 R_0 乘方向性传播因子 F , 自由空间 $F = 1$ 。 $R' = R_0 F \rightarrow$ <input style="width: 50px;" type="text"/>			
求和 T_e °K				
	10. 使用迭代法或图解法对 R' 进行大气衰减校正。确定 R' 的大气吸收损失 $L_{a(\text{db})1} \rightarrow$ <input style="width: 50px;" type="text"/>			
	11. 利用公式 $\delta = \text{antilog}(-L_{a(\text{db})1}/40)$ 求距离因子 δ_1 ($\delta_1 < 1$) \rightarrow <input style="width: 50px;" type="text"/>			
	12. $R_1 = R' \delta_1$ $R_1 \rightarrow$ <input style="width: 50px;" type="text"/>			
13. 如果 R_1 和 R' 差距较大, 继续迭代。				

表 A.1 (续)

BLAKE 算法的雷达方程表达式及参数定义

$$R_{\max} = 129.2 \left[\frac{P_t \tau G_t G_r \sigma F_t^2 F_r^2}{f^2 T_s D_0 C_B L} \right]^{\frac{1}{4}} \quad (\text{n mile})$$

其中:

P_t	发射信号功率	kW
τ	脉冲宽度	μs
G_t	发射天线功率增益	
G_r	接收天线功率增益	
σ	雷达目标截面积	m^2
F_t	发射天线到目标的方向性图传播因子	
F_r	接收天线到目标的方向性图传播因子	
f	雷达工作频率	MHz
D_0	检测因子	dB
C_B	带宽修正因子*	
T_s	系统噪声温度	°K
L	系统损失因子*	dB

1. 带宽修正因子 $C_B = \frac{B_n \tau}{4\alpha} \left[1 + \frac{\alpha}{B_n \tau} \right]^{\frac{1}{2}}$

其中: B_n 噪声带宽、 τ 脉冲宽度和 α 是脉冲宽度和最佳带宽乘积 $B_n \tau_{opt}$ 。

2. 系统损失因子 $L = L_i L_p L_x$

其中: L_i 为发射机功率输出到送至天线端口之间的功率损失;

L_p 为天线方向性图损失;

L_x 为其他损失(极化损失、量化损失等)。

3. 计算系统噪声温度中的损失(由于已计入在系统噪声温度中,不出现在方程中)

L_a 等于天线损失与 1 减天线的效率之差的乘积;

L_r 等于接收机传输线功率损失。

中华人民共和国民用航空
行业标准
空中交通管制S波段
一次监视雷达设备技术规范

MH / T 4017—2004

★

中国民航出版社出版发行
(北京市朝阳区光熙门北里甲31号楼)

—邮政编码:100028—

北京华正印刷厂印刷

版权专有不得翻印

★

开本880×1230 1/16 印张1 字数17千字
2005年4月第1版 2005年4月第1次印刷印数1-500册
统一书号:1580110·245 定价:10.00元