ICS 49.090
CCS M 53

MH

中华人民共和国民用航空行业标准

MH/T 4010—2024
代替MH/T 4010—2016

空中交通管制二次监视雷达系统技术规范

Technical specification of ATC secondary surveillance radar

2024-02-27 发布　　2024-03-01 实施

中国民用航空局　发布

目　　次

前言 III
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 4
5.1　系统组成 4
5.2　一般要求 4
5.3　性能要求 5
5.4　询问模式 8
5.5　天馈系统 10
5.6　询问器 12
5.7　处理系统 13
5.8　终端系统 15
5.9　传输设备 17
5.10　授时设备 17
5.11　测试应答机 17
附录A（资料性）　S模式监视能力及DAPs数据 21
附录B（资料性）　天线垂直、水平方向性及顶空盲区示意图 22
参考文献 25

图1　C2-SPI引起假框架目标 2
图2　应答接近引起假框架目标 2
图3　切线灵敏度视频波形示意图 3
图4　距离/方位窗口区域划分 6
图5　目标容量的方位分布 7
图6　脉冲波形参数定义 8
图7　A/C模式询问脉冲序列波形 8
图8　联合询问模式脉冲序列波形 9
图9　S模式询问脉冲序列波形 9
图10　发射波形的频谱特性 12
图11　交织应答示意图 13
图12　同步串扰示意图 13
图13　A/C模式应答编码脉冲示意图 18
图14　S模式应答编码脉冲示意图 18
图15　测试应答机发射波形的频谱特性 19
图B.1　天线垂直方向性示意图 22

图B.2　天线水平方向性示意图 23
图B.3　顶空盲区示意图 24

表1　目标分辨力指标 6
表2　15 r/min条件下目标容量的距离分布 7
表3　10 r/min条件下目标容量的距离分布 7
表4　A/C询问模式 8
表5　联合模式询问脉冲特性 9
表6　S模式询问脉冲特性 10
表7　应答脉冲特性 19
表A.1　S模式ELS能力 21
表A.2　S模式EHS能力 21

前　言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件代替MH/T 4010—2016《空中交通管制二次监视雷达系统技术规范》，与MH/T 4010—2016相比，除结构性调整和编辑性改动外，主要技术变化如下：

——修改了范围，明确规定本标准适用范围为二次监视雷达系统地面设备（见第1章，2016年版的第1章）；

——增加了规范性引用文件；

——增加了以下术语和定义：系统测量误差、随机测量误差、探测概率、顶空盲区（见第3章）；修改了以下术语和定义：二次监视雷达系统、框架脉冲、异步干扰、假框架目标、切线灵敏度的定义；将原“飞机地址码”更名为“航空器地址码”并修订其定义（见第3章，2016年版的第3章）；删除了以下术语和定义：距离分辨力、测距精度、方位分辨力、方位精度、鉴别力、交织应答、同步串扰、反射假目标、零值深度、脉冲参数定义、常规二次监视雷达、单脉冲二次监视雷达、严重故障的定义（见2016年版的第3章）；

——修改了系统组成的内容（见5.1，2016年版的4.1）；

——删除了分类的内容（见2016年版的4.2）；

——增加了以下一般要求的内容：监视功能的要求、协同监视能力的要求、主备通道切换和模式选择的要求、系统BITE、故障隔离和系统重组的要求、在线维护功能的要求、运行参数管理的要求、无人值守和智慧台站的要求、室内外设备防雷的要求、一/二次合装能力的要求（见5.2）；修改了以下一般要求的内容：二次监视雷达设计结构的要求、冗余配置的要求、系统对工作环境的要求（见5.2，2016年版的4.3）；

——增加了以下性能要求的内容：覆盖范围、探测概率、代码有效性和正确性、目标分辨力、过载处置能力、目标处理延时的要求（见5.3）；修改了以下性能要求的内容：距离参数、方位参数、目标处理能力、抗干扰能力的要求（见5.3，2016年版的4.4）；删除了以下性能要求的内容：最大作用距离、最小作用距离、航迹综合能力的要求（见2016年版的4.4）；

——增加了以下询问模式的内容：脉冲波形参数定义、A/C模式询问脉冲图示、联合模式询问脉冲特性、脉冲上升、下降时间的注释信息（见5.4）；修改了以下询问模式的内容：A/C模式下脉冲间隔、脉冲宽度容差、S模式询问脉冲特性、天线空间辐射性能的描述（见5.4，2016年版的4.5）；删除了以下询问模式的内容：各模式下应答相关的内容（包括应答编码、应答格式、机载设备特性、应答信息字等内容）、S模式上行和下行询问格式的相关内容（见2016年版的4.5.4、4.5.5、4.5.6、4.5.7.1、4.5.8、4.5.9、4.5.10、4.5.11）；

——增加了以下天馈系统的内容：馈线系统的要求、射频切换单元的要求、单编码器故障时系统工作状态的要求、方位信号测试接口的要求、单脉冲二次监视雷达以及零值深度的注释信息（见5.5）；修改了以下天馈系统的内容：“天线系统”和“天线驱动及控制系统”的描述、天线辐射波束的内容、方位信号输出的要求、方位编码器的配置要求（见5.5，2016年版的4.6）；

——增加了以下询问器的内容：发射机功率检测和过温过载保护的要求，接收机RSLS信息输出、噪声系数及测试接口的要求（见5.6）；修改了以下询问器的内容：发射机输出功率、功率编程、脉冲参数、重复频率以及占空比的要求，接收机3dB带宽、STC距离增量、接收机幅相一致性的要求（见5.6，2016年版的4.7）；删除了以下询问器的内容：自检功能的要求、本振频率的要求、原始视频显示的相关内容（见2016年版的4.7.2、4.7.3）；

——增加了处理系统的相关内容（见5.7）；

——删除了点迹录取器、航迹处理器的相关内容（见2016年版的4.8、4.9）；

——增加了终端系统的相关内容（见5.8）；

——删除了监控维护系统的相关内容（见2016年版的4.10）；
——增加了传输设备的相关内容（见5.9）；
——删除了雷达数据输出的相关内容（见2016年版的4.11）；
——增加了授时设备的相关内容（见5.10）；
——增加了测试应答机的一般要求（见5.11.1）；
——修改了测试应答机天线的要求（见5.11.2，2016年版的4.12.1）；
——修改了测试应答机发射机的要求（见5.11.3，2016年版的4.12.2）；
——修改了测试应答机接收机的要求（见5.11.4，2016年版的4.12.3）；
——修改了测试应答机天线询问译码和应答编码的要求（见5.11.5，2016年版的4.12.4）；
——删除了测试应答机寄生辐射的要求（见2016年版的4.12.5）；
——删除了测试应答机环境条件的要求（见2016年版的4.12.6）；
——增加了测试应答机S模式数据链能力的要求（见5.11.6）；
——增加了S模式监视能力及DAPs数据的内容（见附录A）；删除了模式C编码的内容（见2016年版的附录A）；
——增加了顶空盲区的图示（见附录B），修改了天线方向性图的图示（见附录B，2016年版的附录B）。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国民用航空局空管行业管理办公室提出。

本文件由中国民航科学技术研究院归口。

本文件起草单位：中国民用航空局空中交通管理局。

本文件主要起草人：霍振飞、张德、曹苏苏、赵博、夏涛、水泉、陈扬、邵寅、许建颖、吴丕君、陈思聪、咸儆醒、刘淇。

本文件及其所代替文件的历次版本发布情况为：
——2000年首次发布为MH/T 4010—2000；
——2006年第一次修订为MH/T 4010—2006；
——2016年第二次修订为MH/T 4010—2016；
——本次为第三次修订。

空中交通管制二次监视雷达系统技术规范

1 范围

本文件规定了用于民用航空的空中交通管制二次监视雷达系统地面设备的通用技术要求。

本文件适用于民用航空使用的、具备S模式和A/C模式能力的二次监视雷达系统地面设备的设计、研制、建设和使用。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；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/T 12183 空中交通管制机载应答机通用规范

MH/T 4008 空管雷达及管制中心设施间协调移交数据规范

MH/T 4020 民用航空通信导航监视设施防雷技术规范

ICAO ANNEX 10 Volume IV 国际民用航空公约 附件10 航空电信第四卷 监视雷达和防撞系统（ICAO Annex 10 - Aeronautical Telecommunications - Volume IV- Surveillance Radar and Collision Avoidance Systems）

EUROCONTROL ASTERIX Category001 欧控标准文件监视数据交换第2a部分-单雷达目标报告消息（EUROCONTROL Specification for Surveillance Data Exchange – ASTERIX Part 2a Category 001 - Monoradar Target Reports）

EUROCONTROL ASTERIX Category002 欧控标准文件监视数据交换第2a部分-单雷达服务消息（EUROCONTROL Specification for Surveillance Data Exchange - ASTERIX Part 2a Category 002 - Monoradar Service Messages）

EUROCONTROL ASTERIX Category017 欧控标准文件监视数据交换第5部分-S模式监视协调功能消息传输（EUROCONTROL Standard Document for Surveillance Data Exchange Part 5: ASTERIX Category 017 - Mode S Surveillance Coordination Function Messages）

EUROCONTROL ASTERIX Category018 欧控标准文件监视数据交换第6部分-S模式数据链功能消息传输（EUROCONTROL Specification for Surveillance Data Exchange Part 6: ASTERIX Category 018 - Mode S Datalink Function Messages）

EUROCONTROL ASTERIX Category021 欧控标准文件监视数据交换标准文件第12部分-ADS-B报文传输（EUROCONTROL Specification for Surveillance Data Exchange Part 12: ASTERIX Category 021 - ADS-B Reports）

EUROCONTROL ASTERIX Category034 欧控标准文件监视数据交换第2b部分-单雷达服务消息传输（EUROCONTROL Standard Document for Surveillance Data Exchange Part 2b: ASTERIX Category 034 - Monoradar Service Messages）

EUROCONTROL ASTERIX Category048 欧控标准文件监视数据交换第4部分-单雷达目标报告消息传输（EUROCONTROL Specification for Surveillance Data Exchange Part 4: ASTERIX Category 048 - Monoradar Target Reports）

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

二次监视雷达系统 secondary surveillance radar system

通过地面询问器的询问和空中机载应答机的应答，对装有机载应答机的航空器进行定位，并可实现数据通信功能的雷达系统。

3.2

询问器　interrogator

发射询问编码脉冲和接收应答编码脉冲的系统。

3.3

航空器地址码　aircraft address

用于地空通信、导航和监视目的，对每架航空器指定的、唯一的24位二进制编码。

3.4

系统测量误差　systematic measurement error

在重复测量中保持不变或按可预见方式变化的测量误差的分量。

注1：系统测量误差的参考量值是真值，或是测量不确定度可忽略不计的测量标准的测得值，或是约定量值。

注2：系统测量误差及其来源可以是已知或未知的。对于已知的系统测量误差可采用修正补偿。

注3：系统测量误差等于测量误差减去随机测量误差。

3.5

随机测量误差　random measurement error

在重复测量中按不可预见方式变化的测量误差的分量。

注1：随机测量误差的参考值是对同一被测量由无穷多次重复测量得到的平均值。

注2：一组重复测量的随机测量误差形成一种分布，该分布可用期望和方差描述，其期望通常可假设为零。

注3：随机测量误差等于测量误差减去系统测量误差。

3.6

探测概率　probability of detection

雷达指定覆盖范围内，实际探测目标报告数量与预期目标报告数量的比值。

3.7

框架脉冲　framing pulses

A/C模式应答脉冲组中的F1脉冲与F2脉冲。

3.8

顶空盲区　cone of silence

由于天线辐射场型限制，形成天线顶部空间航空器无法被探测到的区域。

3.9

异步干扰　fruit

二次监视雷达收到其他监视信息探测系统询问应答信息或广播式监视信息所引起的非同步干扰。

3.10

假框架目标　phantom

由于错误判断框架脉冲所形成的目标。

示例1：由 C2-SPI 引起的假框架目标见图 1。

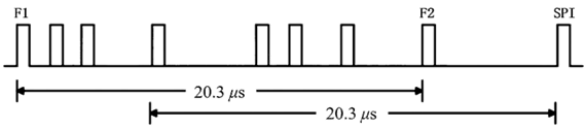


图1　C2-SPI 引起假框架目标

示例2：由应答接近引起的假框架目标见图 2。

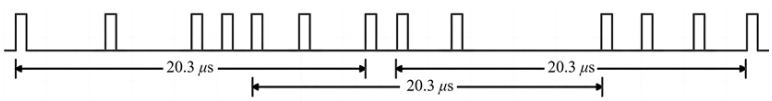


图2　应答接近引起假框架目标

3.11

切线灵敏度　tangential sensitivity

当输入的脉冲调制信号经接收机处理后，输出的视频信号（含随机噪声）的底部与接收机自身底噪的顶部相切时，输入脉冲调制信号的幅值。

示例：切线灵敏度视频波形示意图见图3。

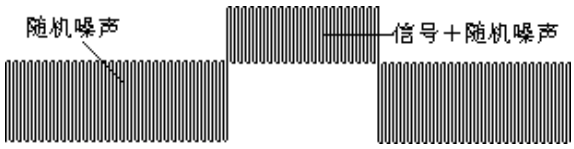


图3　切线灵敏度视频波形示意图

4　缩略语

下列缩略语适用于本文件。

ACAS：机载防撞系统（Airborne Collision Avoidance System）
ADS-B：广播式自动相关监视（Automatic Dependent Surveillance-Broadcast）
ASTERIX：欧控通用结构化监视信息交换格式（All Purpose Structered Eurocontrol Surveillance Information Exchange）
BDS：Comm-B数据选择器（Comm-B Data Selector）
BITE：机内在线测试设备（Built-In Test Equipment）
CA：应答机能力报告（Transponder Capability Report）
DAPs：航空器下行参数（Downlink Aircraft Parameters）
DCE：数据通信设备（Data Communications Equipment）
DLF：数据链功能（Data Link Function）
DTE：数据终端设备（Data Terminal Equipment）
EHS：增强型监视（Enhanced Surveillance）
ELM：扩展长度信息（Extended Length Message）
ELS：基本型监视（Elementary Surveillance）
FCU：飞行控制单元（Flight Control Unit）
FMS：飞行管理系统（Flight Management System）
FRUIT：异步干扰（False Replies Unsynchronized In Time）
FS：飞行状态（Flight Status）
GICB：地面发起的Comm-B（Ground Initiated Comm-B）
GNSS：全球导航卫星系统（Global Navigation Satellite System）
GPS：全球定位系统（Global Positioning System）
HDLC：高级数据链路控制（High-level Data Link Control）
II：询问器识别标识（Interrogator Identifier）
IP：网际互联协议（Internet Protocol）
LRU：现场可更换单元（Line Replaceable Unit）
LVA：大垂直孔径（Large Vertical Aperture）
MCP：模式控制面板（Mode Control Panel）
MTBCF：严重故障平均间隔时间（Mean Time Between Critical Failures）
MTBF：故障平均间隔时间（Mean Time Between Failures）
MTTR：故障维修时间（Mean Time To Repair）
NMEA：美国国家海洋电子协会（National Marine Electronics Association）
NTP：网络时间协议（Network Time Protocol）
OBA：偏离视轴角度（Off-Boresight Angle）
PPS：秒脉冲（Pulse Per Second）

RA：决断咨询（Resolution Advisory）
RSLS：接收机旁瓣抑制（Receiver Sidelobe Suppression）
SCF：协同监视功能（Surveillance Co-ordination Function）
SI：监视识别标识（Surveillance Identifier）
SPD：电涌保护器（Surge Protective Device）
SPI：特殊位置识别（Special Position Identification）
STC：灵敏度时间控制（Sensitivity Time Control）

5 技术要求

5.1 系统组成

5.1.1 二次监视雷达系统应包括天馈系统、询问器、处理系统、终端系统、传输设备、授时设备和测试应答机。
5.1.2 天馈系统应包括天线系统、馈线系统、天线驱动及控制系统和射频切换单元。其中，天线系统应包括 LVA 二次雷达天线；馈线系统应包括旋转关节和射频电缆等组件；天线驱动及控制系统应包括天线基座、天线驱动马达及减速箱、自动离合器装置（双马达配置时）、天线旋转控制、天线安全保护装置以及方位信号产生组件等。
5.1.3 询问器应包括发射机和接收机模块组件，用于射频信号的发射和接收。
5.1.4 处理系统应包括应答处理、询问管理、点航迹处理、数据链处理、协同监视处理等功能模块。
5.1.5 终端系统应包括监控维护设备和目标显示设备。
5.1.6 传输设备应包括内部网络交换设备、雷达数据输出设备、协同监视处理数据输入输出设备等。
5.1.7 授时设备应包括 GNSS 天线和 GNSS 接收设备，用于实现 GNSS 授时功能。
5.1.8 测试应答机应包括二次雷达测试应答机天线、发射机、接收机，以实现询问信号接收译码及应答信号编码发射功能。

5.2 一般要求

5.2.1 二次监视雷达系统应具备 S 模式和 A/C 模式监视功能。其中，S 模式监视功能应采用 GICB 和 Comm-B 广播等 S 模式特定服务，为空中交通管制提供基本（ELS）和增强（EHS）监视服务。基本和增强监视服务的具体内容见附录 A。
5.2.2 二次监视雷达系统应支持协同监视能力，至少包括接收处理其它雷达的 S 模式目标数据和 ADS-B 目标数据的能力，实现辅助航迹起始和跟踪、抑制虚假目标、改善特定区域雷达覆盖等功能。
5.2.3 二次监视雷达系统的组成设备应采用全固态、模块化和数字化的设计结构。
5.2.4 二次监视雷达系统中，天馈系统（除天线系统、馈线系统、天线基座、天线安全保护装置、射频切换单元外）、询问器、处理系统、传输设备、授时设备应采用双通道冗余设计。特殊应用情况下，可采用单天线驱动马达及减速箱配置。
5.2.5 二次监视雷达系统应具备主备通道的自动切换及手动切换功能。主备通道在自动或手动切换期间，雷达目标数据应能不中断的正常输出。
5.2.6 二次监视雷达系统应至少提供四路目标数据输出，每路数据可独立选择点迹、航迹或点迹和航迹目标数据输出。
5.2.7 二次监视雷达系统输出数据应符合 EUROCONTROL ASTERIX Category001、Category002、Category034、Category048 和 MH/T 4008 规定的报文格式，报文中各数据项可根据需求由用户现场配置。
5.2.8 二次监视雷达系统应具备 BITE 功能，能够在设备控制面板和监控维护设备上给出运行状态和故障告警指示，并支持系统的故障隔离和系统重组。故障隔离和系统重组不应影响雷达系统的基本功能。故障隔离和系统重组过程中，雷达目标数据应正常输出。
5.2.9 二次监视雷达系统应具备在线维护功能。维护通道的操作不应影响主用通道的正常工作。
5.2.10 二次监视雷达系统应具备设备运行参数的导入和导出功能，并支持设备运行参数的在线配置功能。
5.2.11 二次监视雷达系统 MTBF 应大于 3 000 h，MTBCF 应大于 30 000 h。二次监视雷达系统室内设备

的 MTTR 应小于 0.5 h，室外设备的 MTTR 应小于 2 h。

5.2.12 二次监视雷达系统电源应具有过流、过压、欠压和缺相保护能力。工作电源支持交流 220 V 和 380 V。220 V 的正负电压偏差限值至少为＋7%和－10%；380 V 的正负电压偏差限值至少为±7%；频率的正负偏差限值为±0.5 Hz。

5.2.13 二次监视雷达系统的防雷要求应符合 MH/T 4020《民用航空通信导航监视设施防雷技术规范》关于天馈系统馈线、信号线和电源线对 SPD 安装位置和选型的要求。

5.2.14 二次监视雷达系统应具备与一次雷达合装的能力。

5.2.15 二次监视雷达系统应能全天 24 h 连续工作，设备的设计寿命应大于 15 年。

5.2.16 二次监视雷达系统应能在以下条件下正常工作。

a) 室内设备（除测试应答机外）应能在下列环境正常运行：
   1) 工作温度：0 ℃～＋40 ℃；
   2) 相对湿度：5%～90%（非冷凝）。
b) 测试应答机应能在下列环境正常运行：
   1) 工作温度：0 ℃～＋45 ℃；
   2) 相对湿度：5%～90%（非冷凝）。
c) 室内设备应在下列环境中存储：
   1) 存储温度：－10 ℃～＋50 ℃；
   2) 相对湿度：5%～90%（非冷凝）。
d) 室外设备（包括天线系统）应在下列环境条件下正常工作：
   1) 环境温度：－55 ℃～＋70 ℃；
   2) 相对湿度：5%～95%（非冷凝）；
   3) 降雨：降水量60 mm/h；
   4) 冰雹：直径为25 mm的冰雹，风速18 m/s；
   5) 冰载：径向厚度1.25 cm；
   6) 雪载：最大240 kg/m^2；
   7) 风速：44 m/s；
   8) 盐雾：海岸区域。
e) 室内、外设备正常稳定工作的最大海拔高度应不小于 3500 m。
f) 特殊地域或特殊情况下，上述工作环境要求可根据实际情况做适当调整。

5.3 性能要求

5.3.1 覆盖范围

二次监视雷达系统应能够在360° 方位角范围内，在0.5 n mile至256 n mile的范围内，提供连续、无缝的覆盖，最大高度不小于66 000 ft，顶空盲区不低于45° 仰角。

5.3.2 距离参数

测距的系统测量误差（以下简称“系统误差”）应小于1/128 n mile（约14 m），在不考虑应答机应答延时误差情况下，A/C模式测距的随机测量误差（以下简称“随机误差”）应小于30 m，S模式测距的随机误差应小于15 m。

5.3.3 方位参数

测角的系统误差应小于0.022° ；测角的随机误差应小于0.068° 。

5.3.4 探测概率

A/C模式探测概率应不小于97%，S模式探测概率应不小于99%。

5.3.5 代码有效性和正确性

代码有效性和正确性在不同询问应答模式下应符合下列要求。

a) A/C 模式下应满足：

1） 识别码有效且正确的概率不小于 98%；
2） 高度码有效且正确的概率不小于 96%；
3） 识别码有效但不正确的概率小于 0.1%；
4） 高度码有效但不正确的概率小于 0.1%。

b） S 模式下应满足：
应答数据（包括识别码和高度码）有效且正确的概率不小于99%。

注1：代码有效性（probability of validated code）是雷达指定覆盖范围内，识别码或高度码有效的目标报告数量与形成航迹的目标报告数量的比值。

注2：代码正确性（probability of correct code）是雷达指定覆盖范围内，识别码或高度码正确的目标报告数量与形成航迹的目标报告数量的比值。

5.3.6 目标分辨力

在不同询问应答模式下，目标分辨力应符合下列要求：

a） A/C 模式下，当两个目标分别位于不同距离/方位窗口（见图 4）时，探测概率、解码有效且正确的概率应满足表 1 的要求；

b） S 模式下，无论两个目标相对位置如何，选呼询问的目标探测概率、解码有效且正确的概率均不小于 99%。

注：目标分辨力是指在同一距离和方位上，雷达区分相邻目标最小距离和方位角间隔的能力。

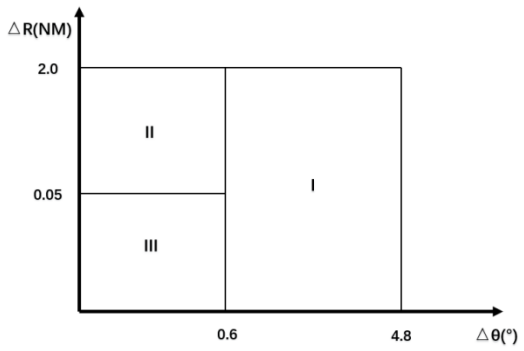


图4 距离/方位窗口区域划分

表1 目标分辨力指标

指标/区域	I	II	III
探测概率	≥98%	≥98%	≥60%
识别码有效且正确的概率	≥98%	≥90%	≥30%
高度码有效且正确的概率	≥98%	≥90%	≥30%

5.3.7 目标处理能力

在不同天线转速和目标位置分布的条件下，目标处理能力应符合下列要求：

a） 转速在 15 r/min，0.5 n mile 至 150 n mile 范围内且目标方位和高度随机分布的条件下，二次监视雷达系统处理不同距离间隔内目标应答的能力应满足表 2“目标容量”的要求；

b） 转速在 10 r/min，0.5 n mile 至 256 n mile 范围内且目标方位和高度随机分布的条件下，二次监视雷达系统处理不同距离间隔内目标应答的能力应满足表 3“目标容量”的要求；

c） 当所有目标都均匀分布在 4 个 45° 大扇区（见图 5）时，二次监视雷达系统应满足表 2 和表 3 中“45° 大扇区容量”的要求；

d） 当所有目标都均匀分布在 4 个 3.5° 小扇区（见图 5）时，二次监视雷达系统应满足表 2 和表 3 中“3.5° 小扇区容量”的要求；

e） 对于S模式目标，二次监视雷达系统每圈应能录取2个GICB，录取成功概率不小于90%。

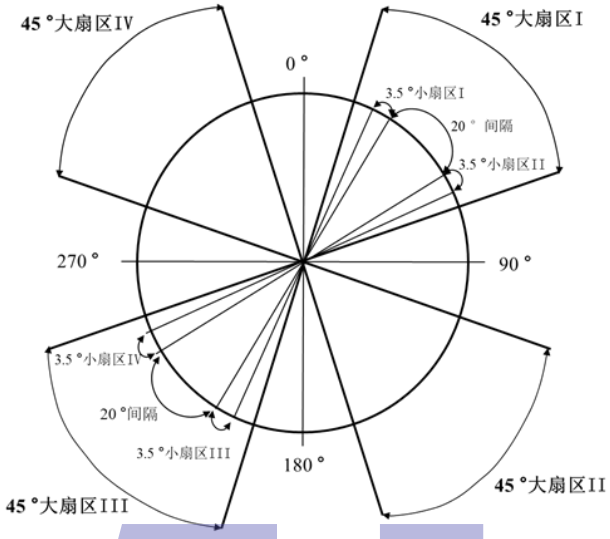


图5 目标容量的方位分布

表2 15 r/min条件下目标容量的距离分布

批次	范围（n mile）								
	5	10	20	40	60	80	90	130	150
目标容量	48	116	200	304	428	556	608	716	900
45° 大扇区容量	12	29	50	76	107	139	152	179	225
3.5° 小扇区容量	3	6	12	18	24	30	35	39	43

表3 10 r/min条件下目标容量的距离分布

批次	范围（n mile）										
	5	10	20	40	60	80	90	130	150	200	256
目标容量	64	140	240	360	512	664	720	848	1 072	1 140	1 200
45° 大扇区容量	16	35	60	90	128	166	180	212	268	285	300
3.5° 小扇区容量	3	6	12	16	26	34	37	44	56	60	64

5.3.8 过载处置能力

系统过载时，二次监视雷达系统应具备相应的处置机制，目标数据输出不应中断。当过载情况消失后，系统应自动恢复正常的目标质量和覆盖范围。

5.3.9 目标处理延时

在最大目标负载情况下，从天线波束捕获目标到系统输出目标报告的时间应不大于天线旋转120°的时间，且最大值应不大于2 s。

5.3.10 抗干扰能力

二次监视雷达系统应具备下列抗干扰能力：

a） 抑制询问天线旁瓣从任何方向接收到的异步干扰，在最恶劣的异步干扰（每秒10 000次）的条件下，不应丢失目标报告，每次扫描（360°）产生的虚假目标报告应不大于1个；

b） 抑制询问天线主瓣接收到的反射假目标的能力；

c） 抑制假框架目标的能力。

注：反射假目标（reflection）是指由反射体造成信号直接反射或多径反射，所产生的非真实目标。

5.4 询问模式

5.4.1 通用要求

二次监视雷达系统应具备A/C模式询问、联合模式询问和S模式询问的能力，上述三种模式的询问信号发射脉冲波形参数应分别满足5.4.2、5.4.3和5.4.4的要求。

注：脉冲波形参数包括脉冲幅度（A）、脉冲宽度、脉冲上升时间、脉冲下降时间和脉冲间隔，其定义见图6所示。

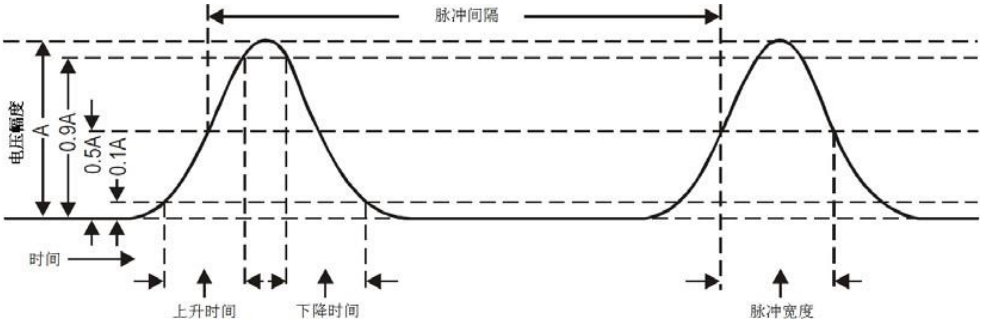


图6 脉冲波形参数定义

5.4.2 A/C 模式询问

5.4.2.1 A/C 模式询问脉冲序列应采用三脉冲体制（见图 7）。脉冲 P1 和 P2 的间隔应为 2.0 μs±0.1 μs。

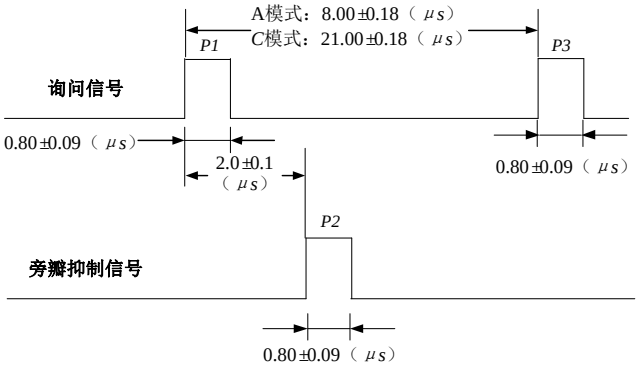


图7 A/C 模式询问脉冲序列波形

5.4.2.2 A/C 模式询问编码脉冲 P1、P2 和 P3 应满足下列要求：

a) 脉冲宽度为 0.80 μs±0.09 μs；
b) 脉冲上升时间为 0.05 μs～0.10 μs；
c) 脉冲下降时间为 0.05 μs～0.20 μs。

注：对脉冲上升时间和下降时间设低限的目的是减小边带辐射，只要设备的边带辐射不大于指定上升时间的梯形波理论上产生的边带辐射，就认为该设备是符合要求的。

5.4.2.3 A/C 询问模式中 P1 和 P3 之间的脉冲间隔应满足表 4 的要求。

表4 A/C 询问模式

询问模式	P1 和P3 之间的脉冲间隔	功能
A 模式	8.00 μs±0.18 μs	空中交通管制识别询问
C 模式	21.00 μs±0.18 μs	高度询问

5.4.2.4 询问机应具有询问旁瓣抑制功能，P1 和 P3 脉冲应通过和（Σ）波束辐射，P2 脉冲应通过控制（Ω）波束辐射。

5.4.2.5　在询问所需的范围内，P2 的辐射强度应低于 P1 辐射强度 9 dB；在询问所需的范围之外，P2 的辐射强度应不小于来自询问天线旁瓣辐射 P1 的强度。

5.4.2.6　在天线主瓣的空间范围内，P3 的辐射强度应在 P1 辐射强度的±1 dB 范围之内。

5.4.3　联合模式询问

5.4.3.1　联合询问模式由 P1、P2、P3 和 P4 脉冲序列构成，采用脉冲调制。其中，P4 脉冲应位于 P3 脉冲后 2.00 μs±0.04 μs 处（见图 8）。

5.4.3.2　当 P4 脉冲宽度为 0.80 μs±0.09 μs 时，为仅 A/C 模式全呼询问。

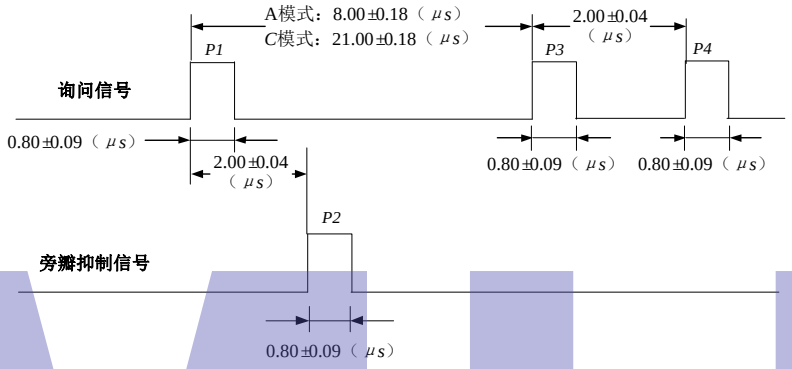


图8　联合询问模式脉冲序列波形

5.4.3.3　联合询问模式询问脉冲信号特性应满足表 5 的要求。

表5　联合模式询问脉冲特性

脉冲名称	脉冲宽度	脉宽容差	上升时间		下降时间	
			最小	最大	最小	最大
P1、P2、P3	0.80 μs	±0.09 μs	0.05 μs	0.10 μs	0.05 μs	0.20 μs
P4	0.80 μs	±0.09 μs	0.05 μs	0.10 μs	0.05 μs	0.20 μs
注：对脉冲上升/下降时间设低限的目的是减小边带辐射，只要设备的边带辐射不大于指定上升/下降时间的梯形波理论上产生的边带辐射，就认为该设备是符合要求的。						

5.4.4　S 模式询问

5.4.4.1　S 模式询问模式由 P1、P2、P5 和 P6 脉冲序列构成，见图 9。

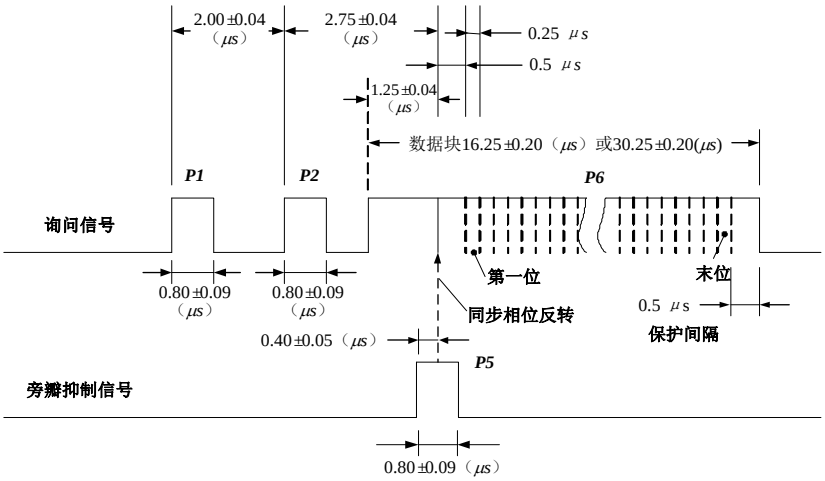


图9　S 模式询问脉冲序列波形

5.4.4.2 P1、P2、P5 和 P6 脉冲序列应采用脉冲调制；P6 脉冲的宽度应为 16.25 μs±0.20 μs 或 30.25 μs±0.20 μs，内部数据块应采用 4 Mbps 的二进制差分相移调制，即通过 180° 相位反转实现（载波的）相位调制，P6 脉冲内相位反转的持续时间应小于 0.08 μs，反转期间相位单调增加（或减少），相位转换期间不应存在幅度调制。

5.4.4.3 P1、P2、P6 脉冲应通过和（Σ）通道发射；P5 脉冲应通过控制（Ω）通道发射，以实现询问旁瓣抑制功能。

5.4.4.4 询问脉冲信号应满足下列要求：

a) 询问脉冲信号特性应满足表 6 的要求；

b) P1 和 P2 脉冲之间的脉冲间隔为 2.00 μs±0.04 μs，P2 脉冲前沿和 P6 脉冲同步相位反转之间的时间间隔为 2.75 μs±0.04 μs；P6 脉冲前沿在同步相位反转前的时间间隔为 1.25 μs±0.04 μs；如果发射 P5 脉冲，P5 脉冲的中心为同步相位反转，即 P5 脉冲的前沿在同步相位反转前 0.40 μs±0.05 μs；

c) P2 脉冲的幅度大于 P1 脉冲幅度减去 0.25 dB；

d) P6 脉冲第一微秒的幅度大于 P1 脉冲幅度与 0.25 dB 之差；除了相位反转瞬间的幅度变化外，P6 脉冲的幅度变化小于 1 dB，P6 脉冲中后续数据位间的幅度变化小于 0.25 dB；

e) P6 脉冲内同步相位反转与后续的数据位之间 0° 和 180° 的相位关系的允差不大于±5° 。

5.4.4.5 旁瓣抑制信号应满足下列要求：

a) 旁瓣抑制脉冲信号特性应满足表 6 的要求；

b) 旁瓣抑制信号 P5 脉冲的辐射幅度大于或等于从天线旁瓣辐射的 P6 脉冲幅度，且在询问需要的范围内，低于 P6 脉冲辐射幅度至少 9 dB。

表6 S 模式询问脉冲特性

脉冲名称	脉冲宽度	脉宽容差	上升时间		下降时间	
			最小	最大	最小	最大
P1、P2、P5	0.80 μs	±0.09 μs	0.05 μs	0.10 μs	0.05 μs	0.20 μs
P6（短）	16.25 μs	±0.20 μs	0.05 μs	0.10 μs	0.05 μs	0.20 μs
P6（长）	30.25 μs	±0.20 μs	0.05 μs	0.10 μs	0.05 μs	0.20 μs
注：对脉冲上升/下降时间设低限的目的是减小边带辐射，只要设备的边带辐射不大于指定上升/下降时间的梯形波理论上产生的边带辐射，就认为该设备是符合要求的。						

5.4.4.6 S 模式二次监视雷达应至少支持 UF4、UF5、UF11 的上行询问格式。

5.5 天馈系统

5.5.1 天线系统

5.5.1.1 天线系统的工作频率和频宽应覆盖 1 030.0 MHz±3.5 MHz 和 1 090 MHz±5 MHz。

5.5.1.2 天线系统的极化方式应采用垂直极化方式。

5.5.1.3 单脉冲二次监视雷达天线系统的波束应由和（Σ）波束、差（△）波束和控制（Ω）波束组成。在发射时和（Σ）波束用于发射询问信号，控制（Ω）波束用于发射旁瓣抑制信号；在接收时和（Σ）波束、差（△）波束和控制（Ω）波束均参与接收应答信号，其中差（△）波束与和（Σ）波束接收的应答信号一起实现单脉冲测角。

注：单脉冲二次监视雷达（mono-pulse secondary surveillance radar）是指采用单脉冲测角技术对装有应答机的航空器进行空间位置测量及信息录取的二次监视雷达。

5.5.1.4 询问波束水平方向性图应满足如下要求。

a) 询问波束天线增益应符合：

1) 和（Σ）波束主瓣最大增益不小于 27 dBi；

2) 和（Σ）波束旁瓣增益小于主瓣增益 27 dB；

3) 和（Σ）波束尾瓣增益小于主瓣增益 30 dB。

b) 二次雷达天线的波束宽度应满足应答信号检测和解码处理的要求，采用单脉冲体制天线时，波束宽度应符合：

1) 3 dB 波束宽度为 2.45° ±0.25° ；

2) 10 dB 波束宽度不大于 4.5°；
3) 20 dB 波束宽度不大于 7°。

c) 采用单脉冲体制天线系统，差（△）波束的零值深度大于 30 dB。

注：零值深度（null depth）是单脉冲雷达天线水平波束的差（Δ）波束的峰值功率与差（Δ）波束（中心的）最小功率之比。

d) 采用单脉冲体制天线系统，和（Σ）波束和差（△）波束在主瓣内的交叉电平低于和（Σ）波束峰值电平 2.0 dB～3.0 dB。两交叉电平之差小于 0.5 dB。

5.5.1.5 询问波束垂直方向性图应满足如下要求：

a) 垂直波束在天线轴线上的增益应满足 5.3.1 中覆盖范围的要求；
b) 采用大垂直口径阵列天线时，天线的垂直波束应具有修正余割平方和底部锐截止的特性；在低于垂直方向性图最大值 6 dB～16 dB 的范围内，锐截止率大于每度 1.8 dB（见附录 B）；
c) 低于水平面 6°，垂直方向性图的增益小于最大值 18 dB（见附录 B）；
d) 在水平面上方 50°仰角处，垂直方向性图的增益不小于 7 dBi（见附录 B）。

5.5.1.6 控制波束的场型特性应满足如下要求：

a) 在询问所需的角度内，控制波束的增益低于询问波束增益 9 dB；
b) 在询问所需的角度外，控制波束的增益不小于询问波束（Σ）旁瓣的增益；
c) 水平波束在天线垂直波束仰角为 0°～50°时，应满足 5.5.1.6a）的要求。

5.5.2 馈线系统

旋转关节应满足下列技术指标：

a) 至少包括和（Σ）、差（△）和控制（Ω）三个通道；
b) 旋转 360°范围内，插入损耗不大于 1.0 dB，三通道插损一致性不大于 0.2 dB；
c) 阻抗为 50 Ω；
d) 工作频率在 1 010 MHz～1 100 MHz 范围内；
e) 旋转 360°范围内，驻波比不大于 1.25；
f) 旋转 360°范围内，任意两通道隔离度不小于 60 dB；
g) 三通道耐受峰值功率不小于 10 kW；
h) 和（Σ）通道耐受平均功率不小于 300 W；
i) 控制（Ω）通道和差（△）通道耐受平均功率不小于 150 W。

5.5.3 天线驱动及控制系统

5.5.3.1 天线转速可为 6 r/min～15 r/min。

5.5.3.2 天线应能进行－2°～＋7°的俯仰调整。

5.5.3.3 天线驱动及控制系统应能提供方位信号测试接口。

5.5.3.4 天线驱动及控制系统应至少输出方位正北脉冲和方位增量脉冲。

5.5.3.5 方位编码应至少为 14 位，单套方位信号产生组件故障不应造成雷达系统单通道或整体失效。

5.5.3.6 当一次雷达天线和二次雷达天线合装时，安装误差引起的偏心率，在任何俯仰角下应小于±0.2°。

5.5.3.7 天线安全保护装置应满足下列要求：

a) 具有安全电路，在非正常工作条件下自动关闭天线驱动；
b) 具有安全联动装置，在需要关停天线时关闭天线驱动并停止辐射；
c) 具有锁止机构，防止天线在维护时转动；
d) 具有声光告警装置，在天线将要运转时进行声光告警提示。

5.5.4 射频切换单元

5.5.4.1 应将二次监视雷达系统主用询问器通道连接到天线，备用询问器通道连接到假负载。

5.5.4.2 应由二次监视雷达系统两个通道的低压直流电供电，任何一个通道的断电不应影响切换功能。

5.5.4.3 应能在控制面板或监控维护设备上正确指示射频切换单元选通的工作通道和工作状态。

5.5.4.4 应满足下列技术指标：

a) 阻抗：50 Ω；

b) 驻波比：不大于 1.25；
c) 耐受峰值功率：不小于 10 kW；
d) 耐受平均功率：不小于 300 W；
e) 各通道之间隔离度：大于 40 dB；
f) 同一通道收发隔离度：大于 70 dB；
g) 切换时间：不大于 100 ms；
h) 切换次数：不小于 20 万次。

5.6 询问器

5.6.1 发射机

5.6.1.1 发射机的工作频率应为 1 030.00 MHz±0.01 MHz。

5.6.1.2 发射机输出的峰值功率应满足 5.3.1 的覆盖范围要求。发射机的和（Σ）通道和控制（Ω）通道的输出功率应具有方位可编程功能，功率编程范围应为 0～12 dB 可调，步进应不大于 3 dB，精度应不大于 1 dB。

5.6.1.3 发射机宜具有发射功率的距离可编程功能，根据目标的距离自动调整选呼询问的发射功率。

5.6.1.4 A/C 询问模式下和联合询问模式下，发射机输出的各脉冲宽度、脉冲间隔、上升下降时间的参数应分别满足 5.4.2 和 5.4.3 的要求。发射机输出的 P1 和 P3 脉冲幅度差值应不大于 0.5 dB，P3 和 P4 的脉冲幅度差值应不大于 0.5 dB。

5.6.1.5 在 S 模式询问下，发射机输出的各脉冲参数应符合 5.4.4 的要求。

5.6.1.6 A/C 询问模式下，发射机占空比应大于 1%；S 询问模式下，发射机的瞬时占空比应不小于 63.7%（2.4 ms 内），平均占空比应不小于 5%。

5.6.1.7 A/C 询问模式下，询问重复频率应为 50 Hz～450 Hz；S 询问模式下，重复频率应为 50 Hz～250 Hz，且连续可调。

5.6.1.8 发射波形的频谱特性应满足图 10 的要求。

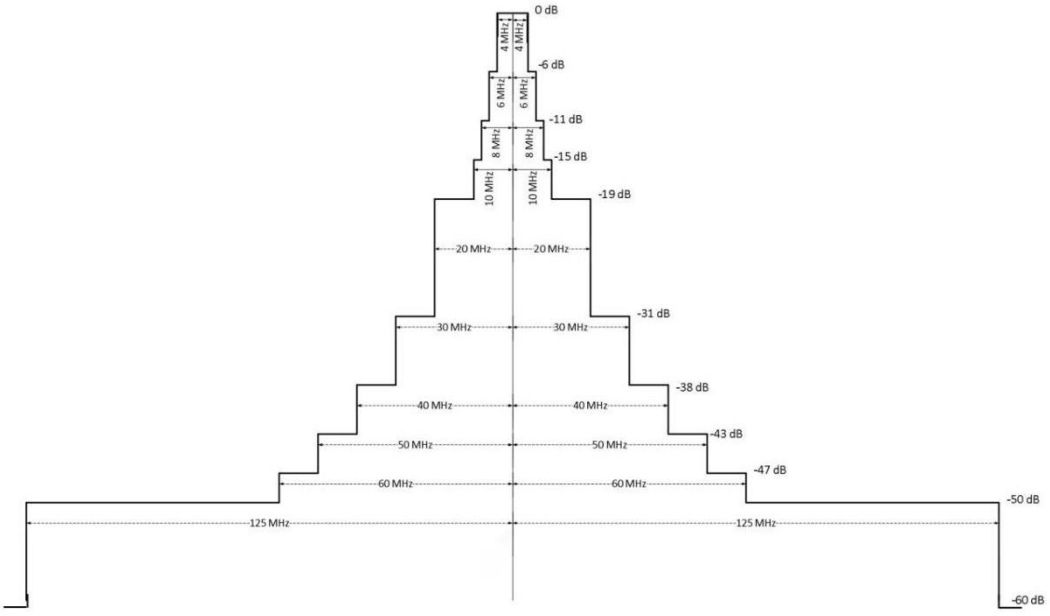


图10 发射波形的频谱特性

5.6.2 接收机

5.6.2.1 接收机应包括和（Σ）、差（△）、控制（Ω）三个通道，每个通道应满足 5.6.2.2～5.6.2.9 的要求。

5.6.2.2 接收机工作频率应为 1 090 MHz±3 MHz。

5.6.2.3　接收机镜像频率抑制应大于 70 dB。
5.6.2.4　接收机切线灵敏度应不大于－85 dBm。
5.6.2.5　接收机噪声系数应不大于 5 dB。
5.6.2.6　接收机 3 dB 带宽应不小于 8 MHz；40 dB 带宽应不大于 25 MHz。
5.6.2.7　接收机动态范围应不小于 75 dB。
5.6.2.8　接收机带外寄生响应的抑制度应不小于 60 dB。
5.6.2.9　接收通道增益应满足信号视频处理的要求。
5.6.2.10　接收机应具备灵敏度时间控制（STC）功能，且应满足以下要求。
a)　控制规律为每倍时程 6 dB。
b)　控制深度在 30 dB～80 dB 可调，步长为 1 dB。
c)　STC 具有方位距离可编程功能，且：
1)　任意选择方位扇区，最小扇区宽度为波束宽度；
2)　任意选择距离和距离范围，距离增量不大于 0.2 n mile；
3)　在－14 dB～＋14 dB 任意调整衰减。
5.6.2.11　接收机幅相一致性应满足以下要求：
a)　和（Σ）信号与差（△）信号接收通道之间的相位差不大于 10°；
b)　单脉冲幅度处理的和（Σ）与差（△）接收通道增益的一致性在 1 dB 以内。
5.6.2.12　二次监视雷达系统应具备接收机中频或视频输出、雷达触发输出测试接口。

5.7　处理系统

5.7.1　应答处理

5.7.1.1　A/C 模式询问的应答解码应满足下列要求：
a)　实现对 A 模式询问应答的识别码解码功能，并符合 5.3.5 的要求；
b)　实现对 C 模式询问应答的高度码解码功能，并符合 5.3.5 的要求；
c)　具备识别 SPI 能力；
d)　具备抑制窄脉冲干扰、虚假框架和异步干扰的能力；
e)　分辨至少四重交织应答的交织码；
f)　分辨至少两重同步串扰应答；
g)　产生用于点航迹处理所需的应答报告，应答报告应给出识别码、高度码的每一个应答脉冲的置信度标志。

注1：交织应答（interleave reply）是指应答脉冲组相互重叠，但脉冲位置不相互占用的应答。交织应答示意图见图11。

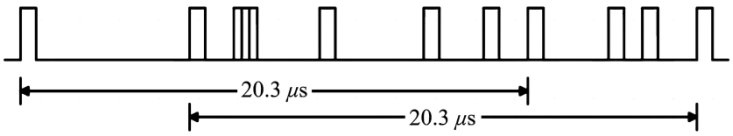


图11　交织应答示意图

注2：同步串扰（garble）是指应答脉冲组相互重叠，且脉冲位置相互占用的应答。同步串扰示意图见图12。

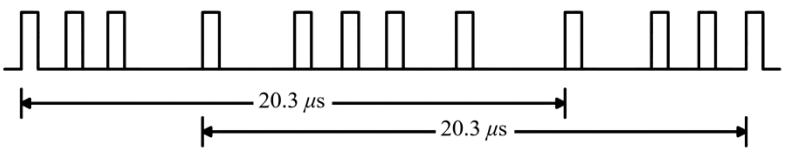


图12　同步串扰示意图

5.7.1.2 S 模式询问的应答解码应满足下列要求：

a) 实现前导脉冲检测、脉冲解码、误码检测及校验等功能；
b) 实现 DF4、DF5、DF11、DF20、DF21 等下行应答帧解码功能，并符合 5.3.5 的要求；
c) 产生用于点航迹处理所需的应答报告。

5.7.2 询问管理

询问管理功能应满足下列要求：

a) 具备控制全呼询问周期和全呼询问模式的能力；
b) 具备控制选呼询问周期和询问时序的能力；
c) 具备控制 S 模式全呼询问应答概率的能力；
d) 具备 S 模式的锁定、忽略锁定、间歇锁定的功能；
e) 具备 II 码和 SI 码配置的功能，能正确识别航空器对 SI 码支持能力的反馈信息，并配置相应的锁定策略；
f) 具有全呼和选呼询问数据的记录接口。

5.7.3 点航迹处理

5.7.3.1 应具备目标连续性监视的能力，在跟踪过程中提高对目标坐标数据的估值精度。点航迹处理应包括点迹生成、航迹初始化、点迹和航迹相关、航迹的过滤和预测、航迹终止等过程，并应满足下列要求：

a) 根据应答报告生成目标点迹；
b) A/C 模式目标的航迹生成应至少经过三次相关判决；
c) 对 S 模式目标至少检测到一个选呼应答，并由选呼应答确认后生成一个新的航迹；或接收到由协同监视数据发起的选呼而直接生成一个新的航迹；
d) 具备跟踪覆盖范围内的航空器，包括重复航空器地址码航空器的能力，并维护选呼列表；
e) 采用无偏、均方误差最小的滤波器对航迹进行过滤和预测；
f) 未收到 A/C 模式的目标应答时，应能对该目标进行航迹外推，连续外推三次且该目标未处于顶空盲区时，应能对该目标进行航迹终止；
g) 未收到 S 模式的目标应答且没有收到协同监视数据中关于该目标的相关信息时，应能对该目标进行航迹外推，连续外推三次且该目标未处于顶空盲区时，应能对该目标进行航迹终止；
h) 每个天线旋转周期更新目标高度的信息。

5.7.3.2 应具备虚假目标处理能力，包括反射应答目标、异步干扰应答目标、分裂目标、环绕目标，并应具备重复航空器地址码目标处理功能。

5.7.3.3 应具备自定义反射区域设置功能，数量至少为 32 个。

5.7.3.4 应具备自定义航迹过滤区域（包括跑道、停机坪、航迹非初始化、目标屏蔽区域等）设置功能，区域位置、范围及高度参数应可自行配置。

5.7.3.5 应能提供下列数据：

a) A 模式应答识别码的数据；
b) C 模式应答高度的数据；
c) 航空器地址码数据和呼号信息；
d) 航空器地速的数据；
e) 航空器上升、下降的飞行状态的标志；
f) 点航迹属性（一次航迹、二次点航迹、一/二次融合航迹）的标识；
g) 外推航迹的指示；
h) 航迹中识别码和航空器地址码重码的标识；
i) 应急码（7500、7600、7700）和 SPI 的航迹标识；
j) BDS（1,0）、BDS（1,7）、BDS（2,0）和 BDS（3,0）等数据信息；
k) BDS（4,0）、BDS（5,0）、BDS（6,0）和其它自定义 BDS 数据信息。

5.7.4 数据链处理

5.7.4.1 数据链处理应支持 S 模式特定服务，以实现 GICB、广播功能。

5.7.4.2 GICB 应用应符合下列要求：

a) 对于监视区域内的航空器，根据预设的 GICB 请求应能自动录取至少 4 个 BDS 寄存器的内容，BDS 寄存器的类型、录取周期和优先级应能通过监控维护设备配置；
b) 具备外部 DAPs 录取接口，接收外部应用系统发起的 GICB 请求，实现对航空器相应 BDS 数据录取，消息格式应采用 EUROCONTROL ASTERIX Category018 协议；
c) 通过 BDS（1,0）和 BDS（1,7）寄存器的数据内容检测航空器是否支持所请求的 BDS 寄存器；
d) 所有通过 GICB 请求而获取的 BDS 数据都应采用符合 EUROCONTROL ASTERIX Category048 协议的消息发送给空管自动化系统和显示终端。

5.7.5 协同监视处理

5.7.5.1 应具备协同数据接口，用于相邻雷达的 S 模式目标航迹数据和 ADS-B 目标数据的交互，其中：
a) 雷达站之间的 S 模式航迹数据交换应采用 EUROCONTROL ASTERIX Category017 格式协议；
b) ADS-B 目标数据可来自内部集成的 ADS-B 功能模块或来自独立的 ADS-B 系统，其中独立的 ADS-B 系统应采用 EUROCONTROL ASTERIX Category021 格式协议。

5.7.5.2 应能通过接收的协同数据辅助完成航迹的起始，维持航空器在本地探测盲区的连续跟踪。

5.7.5.3 应具备覆盖图管理功能，支持监视区域、锁定区域、数据链区域等覆盖图参数自定义编辑、配置、导入和导出功能。

5.7.5.4 应具备区域过滤，以限制接收到的外部目标数量。

5.7.5.5 应具备协同监视使能参数，可启用和停用协同监视功能。

5.8 终端系统

5.8.1 监控维护设备

5.8.1.1 监控维护设备应采用工业标准的图形工作站和操作系统，具有友好的人机界面，方便操作。

5.8.1.2 监控维护设备应满足《民航空管系统通信导航监视台站无人值守运行管理规范》中的配置要求。

5.8.1.3 监控维护设备应包含本地监控维护终端和远程监控维护终端，本地和远程监控维护终端应至少具备设备监控、设备操作和参数设置及修改功能。本地和远程监控维护终端连接中断不应影响雷达正常运行。

5.8.1.4 本地监控维护终端和远程监控维护终端应具有设备操作控制权申请和释放功能，同一时刻应只允许一台监控维护终端具有设备操作控制和参数修改的权限。

5.8.1.5 本地和远程监控维护终端应具有权限管理，权限管理应至少分为监控人员和维护人员两种权限，应具备自行修改权限登录密码的功能。其中，监控人员权限应只能对设备进行通道切换、开关辐射等常规操作，不能进行系统参数设置和修改；维护人员权限应既能对设备进行常规操作，也能进行系统参数设置和修改。

5.8.1.6 本地和远程监控维护终端应支持主备通道的自动切换及手动切换模式选择；远程监控维护终端应支持主备通道的手动切换操作。

5.8.1.7 本地和远程监控维护终端应能自动记录对雷达设备的所有操作（含参数的设置和修改），形成设备操作记录。

5.8.1.8 本地和远程监控维护终端应采用彩色图形工作界面，能够通过不同的颜色反映出设备不同的工作状态，能够通过点击不同的图形模块进入不同的子系统并查看系统参数。

5.8.1.9 当二次监视雷达系统出现故障时，监控维护设备应给出故障告警信息（至少包括告警起止时间、告警模块、告警等级）。

5.8.1.10 本地和远程监控维护终端应具有故障告警的声音提示功能，应能够人工干预关闭告警声音，并应具备告警音频外接输出接口。

5.8.1.11 二次监视雷达系统运行状态信息采集要求，以及监控数据和系统日志输出接口的要求应参见《民航空管系统通信导航监视智慧台站建设技术指导材料》。

5.8.1.12 监控维护设备应能对系统的主要工作状态进行数据采集、分析，对系统的正常和故障状态应做出正确的判决，并在监控终端上予以直观显示，级别应达到 LRU 级。

5.8.1.13 监控维护设备应具有设备运行状态记录（包括 OBA 表）、设备操作记录和故障告警记录的导出功能。上述信息的记录时间应不少于 1 年，导出的文件格式应至少为文本格式。告警记录（或日志）应明确指示告警发生的时间、告警的组件或功能模块和告警级别等。

5.8.1.14 本地和远程监控维护终端的时间应与雷达系统时间同步，并具备自动校准功能。

5.8.1.15 监控维护设备对天馈系统的监控内容应至少包括下列内容：

a) 天线转速；
b) 天线基座及减速箱的油位和油温状态及告警；
c) 天线驱动马达工作状态（主要指主/备用状态、马达工作电流等）及过流、过温告警；
d) 方位信号产生单元工作状态及告警；
e) 射频切换单元的所用通道和工作状态；
f) 安全联动装置状态和告警。

5.8.1.16 监控维护设备对询问器的监控内容应至少包括下列内容：

a) 发射机过热告警；
b) 发射机功率、驻波比等参数及告警；
c) 接收机和、差通道幅相一致性告警；
d) 风扇模块、电源模块的工作状态及告警。

5.8.1.17 监控维护设备对处理系统的监控内容应至少包括下列内容：

a) 设备硬件功能运行状态；
b) 设备软件功能运行状态；
c) 当前天线扫描周期的点迹和航迹统计数据。

5.8.1.18 监控维护设备对数据输入输出设备的监控内容应包括各数据输入输出端口的状态和告警。

5.8.1.19 监控维护设备对授时设备的监控内容应至少包括下列内容：

a) 授时设备的运行状态和告警；
b) 当前使用的 GNSS 系统及可用卫星数量。

5.8.2 目标显示设备

5.8.2.1 目标显示设备应采用工业标准的通用图形工作站和操作系统，具有良好的人机界面且易于操作。

5.8.2.2 目标显示设备应包含本地显示终端和远程显示终端，本地和远程显示终端应至少具备目标实时显示和目标数据分析评估功能。

5.8.2.3 本地和远程显示终端应能够采用不同的颜色和标识，区分显示下列目标数据：

a) 二次雷达原始视频；
b) 二次雷达目标点迹和航迹；
c) 二次雷达外推航迹；
d) 二次雷达模式 A/C 应答码、应急代码、SPI 以及基本型和增强型 S 模式信息；
e) 与协同监视网交互的点航迹数据；
f) 对低置信度、无效点、交织等目标进行标识；
g) 已监视的 S 模式航空器列表；
h) 指定目标的 BDS 信息的更新数据；
i) 接收到的 Comm-B 广播信息；
j) 接收的 GICB 消息；
k) ADS-B 的目标报告信息；
l) ACAS RA 报告。

5.8.2.4 本地和远程显示终端应能够开启或关闭下列目标数据的显示：

a) 目标点迹信息；
b) 目标航迹信息；
c) 目标矢量线；
d) 点迹和航迹历史尾迹数；
e) 标牌信息。

5.8.2.5 本地和远程显示终端应对上述 5.8.2.3 所列出的数据进行连续记录，原始视频记录时间应不少于 7 天，目标点航迹信息记录时间应不少于 31 天。
5.8.2.6 本地和远程显示终端对记录的数据应具备回放和导出功能。
5.8.2.7 本地和远程显示终端应具备航路图、扇区图、飞行情报区边界图以及基础地理图等图形数据的显示功能，应提供图形制作工具对上述地图进行现场编辑和修改。
5.8.2.8 本地和远程显示终端应具备屏幕显示范围和距离环大小的控制功能，应具备光标位置坐标、距离环、中心点、地图背景、各类抑制区的显示功能，应具备坐标点之间的测距测向功能。
5.8.2.9 本地和远程显示终端应具有目标过滤功能，通过目标高度、识别码、呼号、航空器地址码、抑制区等参数，显示特定目标的点迹和航迹。

5.9 传输设备

5.9.1 传输协议和速率

传输设备应支持HDLC和IP等传输协议，并具有多路独立传输数据通道，并符合下列要求：

a) 用于雷达数据输出的 IP 协议数据端口数量应不少于 4 个，每个端口传输速率应不小于 100 Mbps，且每一路的 IP 地址参数应能自行配置，且应具备单播和组播的传输方式；
b) 用于雷达数据输出的 HDLC 数据接口应采用 RS232/RS422/RS485 接口，接口类型可选，接口数量应不少于 4 路，每一路的传输速率应不小于 64 Kbps，且每一路传输速率、内外时钟方式、DTE/DCE 应能自行配置。

5.9.2 数据格式

各数据通道应能独立配置输出符合EUROCONTROL ASTERIX Category001、Category002、Category034、Category048和MH/T 4008规定的报文格式，并支持S模式协同监视和数据链功能所需的EUROCONTROL ASTERIX Category017和EUROCONTROL ASTERIX Category018报文格式。

5.9.3 安全性

传输设备应符合下列安全性要求：

a) 外部网络接口应具备网络安全隔离功能，确保内外数据隔离；
b) 同步异步接口应根据具体使用要求对数据流流向进行限制。

5.10 授时设备

5.10.1 二次监视雷达系统应采用外部独立的授时设备。
5.10.2 授时设备应具有多模式 GNSS（至少包括北斗卫星导航系统和 GPS）授时和位置接收功能。
5.10.3 授时设备应能自动或人工手动选择 GNSS 系统。当 GNSS 时间基准失效时，应切换至 GNSS 接收设备的内部时间基准，当 GNSS 接收设备故障时，应能切换至雷达内部时间基准，以保证所输出的目标数据中包含有效正确时标信息。
5.10.4 授时设备支持输出数据格式应至少包括 NMEA0183、NTP 协议。
5.10.5 每台授时设备 I/O 端口应至少包括 RS232 串口、RJ45 网络接口和 PPS 输出端口。
5.10.6 NTP 授时精度应不大于 1 ms，PPS 脉冲的同步误差应不大于 30 ns。

5.11 测试应答机

5.11.1 一般要求

5.11.1.1 测试应答机应具备 S 模式和 A/C 模式的应答能力。
5.11.1.2 测试应答机应只响应地面雷达设备的询问。
5.11.1.3 测试应答机应采用全固态化、双通道、双电源冗余设计，双通道互为热备份，支持自动和手动切换。
5.11.1.4 测试应答机应具备参数固化功能，在断电重启后，应能自动恢复至上一次正常运行状态。
5.11.1.5 测试应答机应具有 BITE 故障诊断和日志记录、导出功能。
5.11.1.6 测试应答机应具备本地和远程监控功能，实时监测整机及主要组件的工作状态，实现开关发射及主备通道切换等操作。

5.11.1.7 测试应答机应具备本地和远程配置接口，实现测试应答机参数的设置、导入和导出等功能。

5.11.2 天线

5.11.2.1 天线应采用定向、垂直极化天线。
5.11.2.2 天线增益应不小于 3 dBi。
5.11.2.3 天线阻抗应为 50 Ω。
5.11.2.4 天线驻波比应不大于 1.5。
5.11.2.5 天线工作频率和频宽应覆盖 1 030.0 MHz±3.5 MHz 和 1 090 MHz±5 MHz。

5.11.3 发射机

5.11.3.1 发射机工作频率应为 1 090 MHz±1 MHz。
5.11.3.2 在无输出功率衰减的情况下，天线端口输出的最小脉冲峰值功率应不小于 18.5 dBW，最大脉冲峰值功率应不大于 27 dBW。
5.11.3.3 待机状态下，寄生辐射应不大于－70 dBW。
5.11.3.4 发射机输出的 A/C 模式编码脉冲应满足下列要求：

a) A/C 模式应答编码脉冲特性应满足表 7 的要求；
b) A/C 模式应答编码脉冲由两个间隔为 20.30 μs±0.10 μs 的框架脉冲 F1、F2 组成；第 N 个信息脉冲距框架脉冲 F1 的间隔为（N×1.45 μs）±0.10 μs，任意两个相邻数据脉冲的间隔为 1.45 μs±0.15 μs；在 A 模式应答时，SPI 脉冲可与规定的信息脉冲一起发送；SPI 脉冲的位置在第 2 个框架脉冲之后 4.35 μs±0.10 μs 处；A/C 模式应答编码脉冲示意图见图 13；
c) A/C 模式应答编码脉冲序列中任意一个脉冲相对于其他脉冲的幅度变化不超过 1 dB。

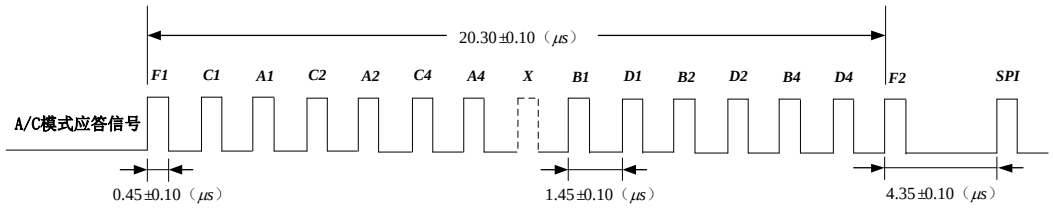


图13 A/C 模式应答编码脉冲示意图

5.11.3.5 发射机输出的 S 模式编码脉冲应满足下列要求：

a) S 模式应答编码脉冲特性应满足表 7 的要求；
b) S 模式应答编码脉冲由四个前导脉冲和 56 或 112 位应答数据块组成；第 N 个信息脉冲距第一个前导脉冲上升沿间隔为 8.00 μs＋（N－1）×0.50 μs；无论间隔为何值，容差均为±0.05 μs；S 模式模式应答编码脉冲示意图见图 14；
c) S 模式应答脉冲系列中任意一个脉冲相对于其他脉冲的幅度变化不超过 2 dB。

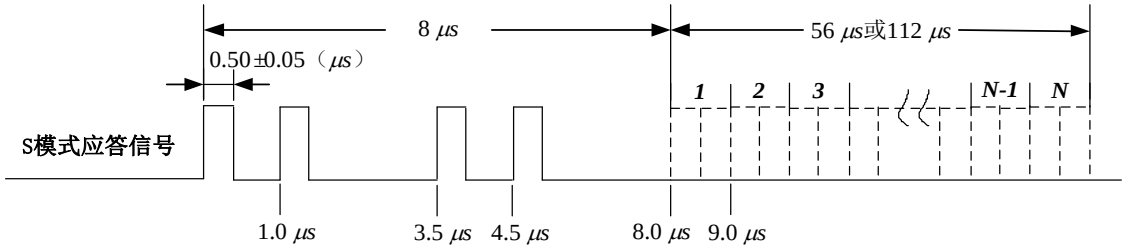


图14 S 模式应答编码脉冲示意图

表7　应答脉冲特性

脉冲名称	脉冲宽度	脉宽容差	上升时间		下降时间	
			最小	最大	最小	最大
A/C 模式框架脉冲	0.45 μs	±0.10 μs	0.05 μs	0.10 μs	0.05 μs	0.20 μs
A/C 模式信息脉冲（含 SPI）	0.45 μs	±0.10 μs	0.05 μs	0.10 μs	0.05 μs	0.20 μs
S 模式前导脉冲	0.50 μs	±0.05 μs	0.05 μs	0.10 μs	0.05 μs	0.20 μs
S 模式信息脉冲	0.50/1.00 μs	±0.05 μs	0.05 μs	0.10 μs	0.05 μs	0.20 μs
注：对脉冲上升/下降时间设低限的目的是减小边带辐射，只要设备的边带辐射不大于指定上升/下降时间的梯形波理论上产生的边带辐射，就认为该设备是符合要求的。						

5.11.3.6　发射波形的频谱特性应满足图 15 的要求。

5.11.3.7　发射机应具备功率衰减调节设置的功能，最大衰减值不小于 50 dB，调节步进为 1 dB。

5.11.3.8　测试应答机对 A/C 模式询问的应答延迟为 3.0 μs±0.5 μs，对 S 模式询问的应答延迟应为 128.00 μs±0.25 μs。

5.11.3.9　测试应答机的每个通道应能自行单独设置不同的距离，距离设置范围应不小于 200 n mile，步进应不大于 0.1 n mile。

5.11.3.10　在收到一个正确的询问后，测试应答机应至少在应答脉冲组持续的时间内不能对任何其他的询问应答，休止时间必须在应答脉冲组的最后一个应答脉冲发射后的 125 μs 内结束。

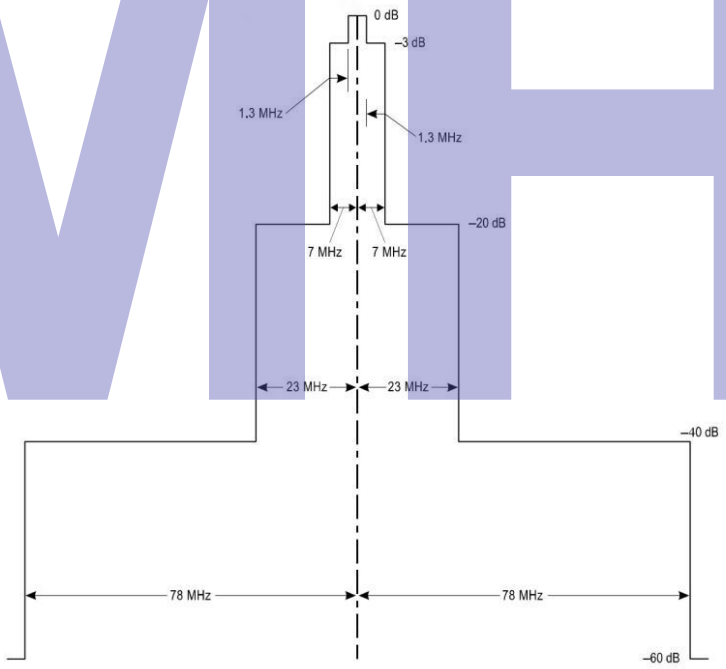


图15　测试应答机发射波形的频谱特性

5.11.4　接收机

5.11.4.1　接收机工作频率应为 1 030.0 MHz±0.2 MHz。

5.11.4.2　接收机的 MTL 容限应为－77 dBm～－71 dBm。

注：最低触发电平（minimum triggering level,MTL）是测试应答机接收机实现90%应答询问比，或二次监视雷达系统地面接收设备实现90%应答识别率的最小输入功率电平。

5.11.4.3　接收机 3 dB 带宽应不小于 6 MHz；频率低于 1 005MHz 和高于 1 055MHz 时，带外抑制应至少为 60 dB。

5.11.4.4　在应答率满足下列条件时，接收机动态范围应至少为 MTL＋3 dB～－21 dBm。

a)　A/C 模式：应答率不小于 90%。

b） S 模式：应答率不小于 99%。

5.11.4.5 接收机应符合《ICAO ANNEX 10,Volume IV》所规定的 A/C 模式和 S 模式旁瓣抑制功能的要求。

5.11.5 询问译码和应答编码

5.11.5.1 测试应答机应能识别 A/C 模式询问信号，以及 S 模式 UF4、UF5、UF11、UF20、UF21 的询问信号，并产生相应的应答信号。

5.11.5.2 测试应答机的每个通道应能单独设置不同的 A 模式识别码和 C 模式气压高度码。

5.11.5.3 测试应答机应能支持步进 25 英尺和 100 英尺的两种气压高度编码方式，应能自行设置气压高度值，不同的步进所对应的气压高度设置范围应满足下列要求：

a） 步进 25 ft 时，设置高度应能覆盖－1 000 ft～＋50 175 ft；

b） 步进 100 ft 时，设置高度应能覆盖－1 250 ft～＋126 750 ft，编码方式为 C 模式应答编码。

5.11.5.4 应答编码应符合《ICAO ANNEX 10,Volume IV》中规定的 A/C 模式和 S 模式应答信号格式的要求。

5.11.6 数据链处理

5.11.6.1 数据链处理至少应支持 GICB 能力和锁定协议,应具备 SI 码能力。

5.11.6.2 测试应答机的每个通道应能单独设置不同的数据链能力报告 BDS（1，0）、通用 GICB 能力报告 BDS（1,7）、航空器识别信息报告 BDS（2,0）、航空器地址码和地空状态。

5.11.6.3 当地空状态设置为地面状态时，测试应答机应能对 UF11 询问产生应答。

5.11.6.4 测试应答机应支持 ELS 和 EHS 能力（见附录 A）。除 BDS（1，0）、BDS（1，7）和 BDS（2，0）外，应提供至少 3 组自定义 BDS 寄存器，自定义的 BDS 寄存器数据和参数应能自行配置，且能自动应答询问信号所要求 BDS 信息。

附 录 A
（资料性）
S 模式监视能力及 DAPs 数据

表A.1给出了S模式ELS能力应具备的监视功能。

表A.1 S 模式 ELS 能力

名称	寄存器	用途
航空器地址码	—	航空器识别
航空器识别码	—	航空器识别
航空器高度码（满足 25 英尺精度）	—	报告高度信息
航空器状态报告（FS）	—	报告二次紧急代码告警、SPI 以及空中/地面状态信息
应答机能力报告（CA）	—	表明应答机通信能力
数据链能力报告	BDS（1,0）	报告应答机是否具备 SI 能力、GICB 能力、呼号识别能力、ELM 能力、ACAS 能力和 S 模式特定服务能力等
通用 GICB 能力报告	BDS（1,7）	报告应答机是否具备对应 BDS 寄存器的通信能力
航空器识别信息报告	BDS（2,0）	报告呼号信息
ACAS RA 报告	BDS（3,0）	报告 ACAS 主动决断咨询信息

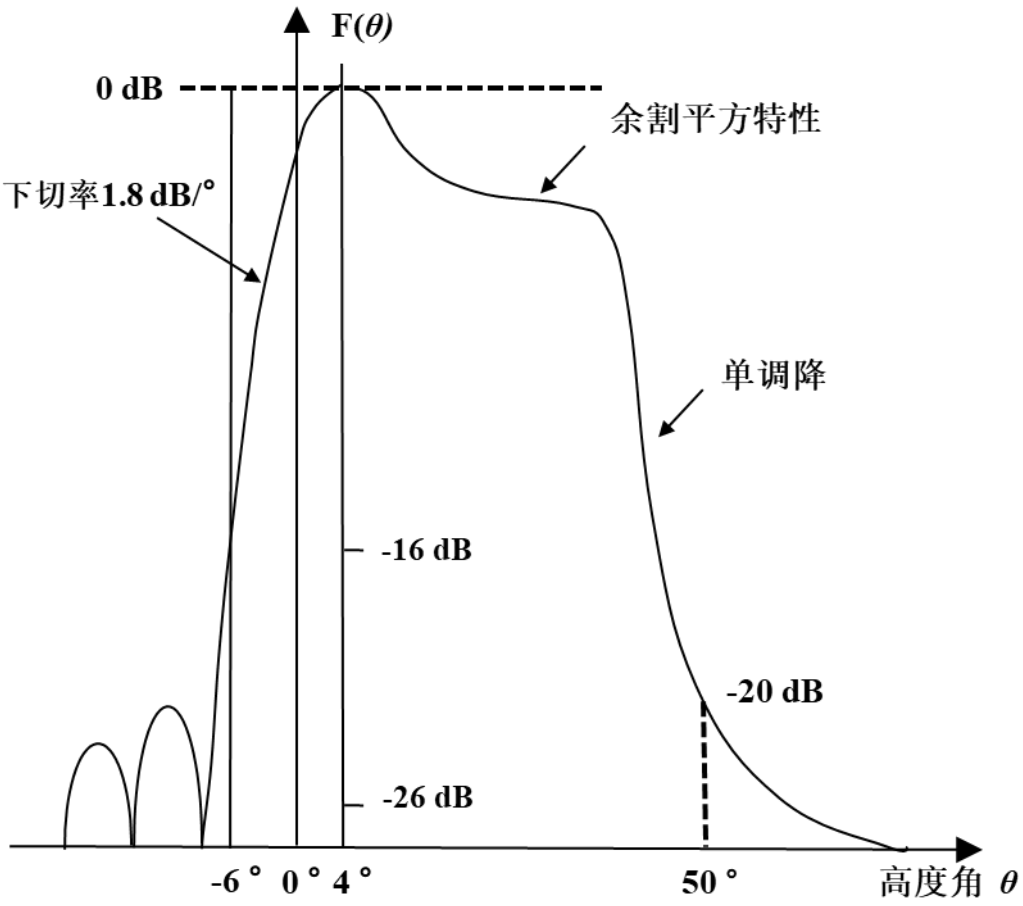
表A.2给出了S模式EHS能力应具备的监视功能。

表A.2 S 模式 EHS 能力

名称	寄存器	用途
航空器地址码	—	航空器识别
航空器识别码	—	航空器识别
航空器高度码（满足 25 英尺精度）	—	报告高度信息
航空器状态报告（FS）	—	报告二次紧急代码告警、SPI 以及空中/地面状态信息
应答机能力报告（CA）	—	表明应答机通信能力
数据链能力报告	BDS（1,0）	报告应答机是否具备 SI 能力、GICB 能力、呼号识别能力、ELM 能力、ACAS 能力和 S 模式特定服务能力等
通用 GICB 能力报告	BDS（1,7）	报告应答机是否具备对应 BDS 寄存器的通信能力
航空器识别信息报告	BDS（2,0）	报告呼号信息
ACAS RA 报告	BDS（3,0）	报告 ACAS 主动决断咨询信息
选择高度意图	BDS（4,0）	报告 MCP/FCU 选择高度、FMS 选择高度、气压设置等
航迹和转弯报告	BDS（5,0）	报告横滚角、航迹角速度、真航迹角、地速和真空速等信息
航向和速度报告	BDS（6,0）	报告磁航向、指示空速、马赫数、上升下降率等信息

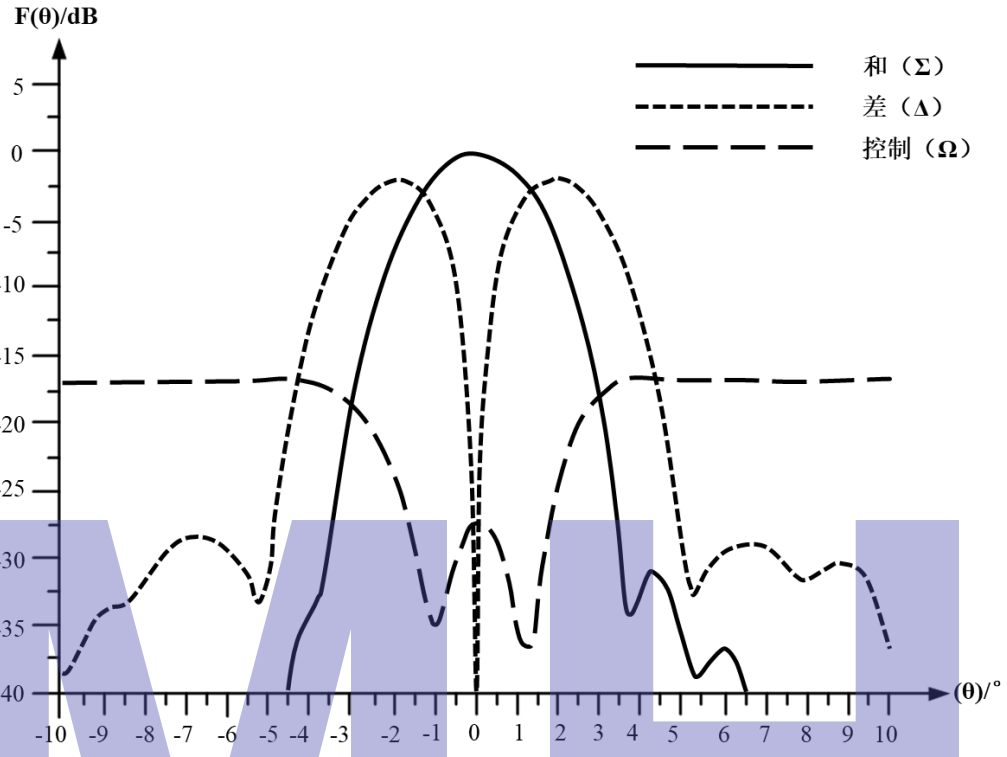
附 录 B
（资料性）
天线垂直、水平方向性及顶空盲区示意图

天线垂直方向性示意图见图B.1。



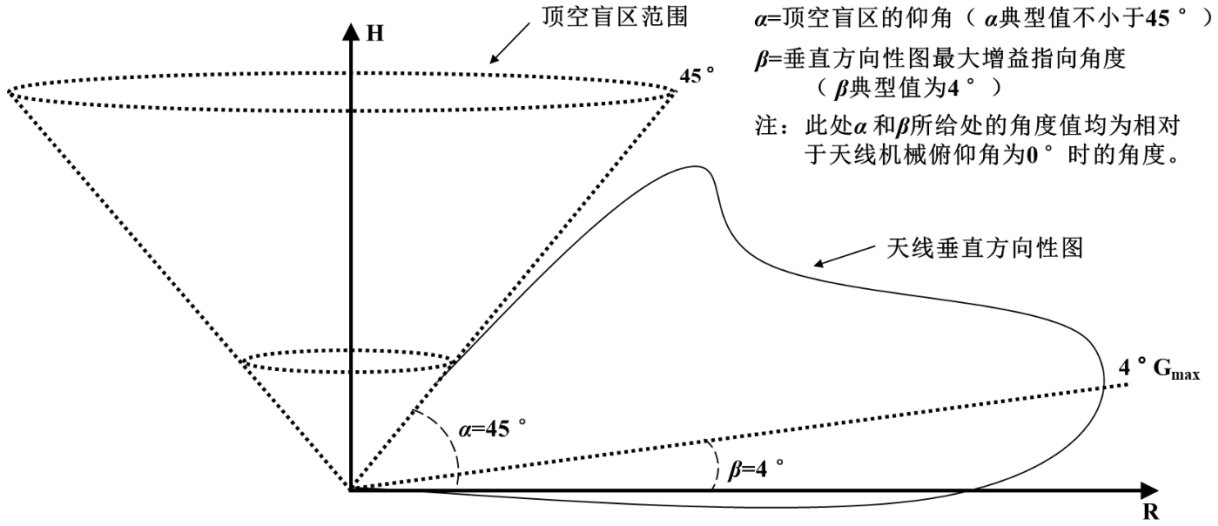
图B.1 天线垂直方向性示意图

天线水平方向性示意图见图 B.2。



图B.2 天线水平方向性示意图

顶空盲区示意图见图B.3。



图B.3 顶空盲区示意图

参 考 文 献

[1] MD—ATMB—2018—007 民航空管系统通信导航监视台站无人值守运行管理规范
[2] ICAO ANNEX 10 Volume III
[3] ICAO Doc 9924 Aeronautical Surveillance Manual
[4] ICAO Doc 9684 Manual on the Secondary Surveillance Radar Systems
[5] 民航空发明电〔2022〕327 号 民航空管系统通信导航监视智慧台站建设技术指导材料

MH