ICS 33.200
CCS M 53

T

团 体 标 准

T/CEATEC XXX—2026

机场净空安全鸟情探测与预警雷达系统技术要求与试验方法

Technical requirements and test methods for airport clearance safety bird detection and early warning radar system

2026-X-XX 发布 2026-X-XX 实施

中国欧洲经济技术合作协会 发 布

目　　次

前言 II
1 范围 1
2 规范性引用文件 1
3 术语和定义 1
4 系统组成与分类 2
4.1 系统组成 2
4.2 系统分类 2
5 技术要求 3
5.1 一般要求 3
5.2 环境适应性 3
5.3 探测性能要求 3
5.4 目标识别性能要求 4
5.5 预警性能要求 4
5.6 数据处理与显示要求 5
5.7 电磁兼容要求 5
5.8 安全与防护要求 5
6 试验方法 5
6.1 试验条件 5
6.2 一般要求试验 5
6.3 环境适应性试验 5
6.4 探测性能试验 6
6.5 目标识别性能试验 7
6.6 预警性能试验 7
6.7 数据处理与显示试验 8
6.8 电磁兼容试验 8
6.9 安全与防护试验 8

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。

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。

本文件由中国欧洲经济技术合作协会提出并归口。

本文件主要起草单位：。

本文件主要起草人：。

本文件为首次编制。

机场净空安全鸟情探测与预警雷达系统技术要求与试验方法

1 范围

本文件规定了机场净空安全鸟情探测与预警雷达系统（以下简称"系统"）的系统组成与分类、技术要求、试验方法。

本文件适用于工作在S波段（2 GHz～4 GHz）、C波段（4 GHz～8 GHz）和X波段（8 GHz～12 GHz）的机场净空区域鸟情探测与预警雷达系统的设计、生产、检验和验收。

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 2423.1 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验A： 低温
GB/T 2423.2 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验B：高温
GB/T 2423.3 环境试验 第2部分：试验方法 试验Cab：恒定湿热试验
GB/T 2423.5 环境试验 第2部分:试验方法 试验Ea和导则:冲击
GB/T 2423.10 环境试验 第2部分：试验方法 试验Fc：振动（正弦）
GB/T 2423.38 环境试验 第2部分：试验方法 试验R：水试验方法和导则
GB/T 4208 外壳防护等级(IP代码)
GB/T 5080.7 设备可靠性试验 恒定失效率假设下的失效率与平均无故障时间的验证试验方案
GB/T 10125 人造气氛腐蚀试验 盐雾试验
GB/T 17626.2 电磁兼容 试验和测量技术 静电放电抗扰度试验
GB/T 17626.3 电磁兼容 试验和测量技术 第3部分：射频电磁场辐射抗扰度试验
GB/T 17626.4 电磁兼容 试验和测量技术 电快速瞬变脉冲群抗扰度试验
GB/T 17626.5 电磁兼容 试验和测量技术 浪涌(冲击)抗扰度试验
GB/T 17626.6 电磁兼容 试验和测量技术 射频场感应的传导骚扰抗扰度
MH 5001 民用机场飞行区技术标准

3 术语和定义

MH 5001界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

机场净空区 aerodrome obstacle free space

为保障航空器起降安全而规定的障碍物限制面以上的空间，用以限制机场及其周围地区障碍物的高度。

3.2

鸟情探测雷达 bird detection radar

利用电磁波反射原理对机场净空区域内的鸟类目标进行探测、定位、跟踪和识别的雷达系统。

3.3

标准鸟目标 standard avian target, SAT

用于雷达探测性能标定的参考目标，取质量为0.5 kg的乌鸦作为标准鸟目标，其雷达散射截面（RCS）标称值为0.025 ㎡。

3.4

发现概率 probability of detection, Pd

在规定的探测距离和虚警概率条件下，雷达对指定目标的检测概率，以百分数表示。

3.5

虚警概率 probability of false alarm, Pfa

在无目标条件下，雷达判定存在目标的概率。

3.6

预警时间 early warning time

从系统首次检测到威胁鸟类目标到该目标到达机场跑道中心线延长线或指定警戒区域边界所经历的时间。

4 系统组成与分类

4.1 系统组成

系统应由雷达分系统、信号处理分系统、数据处理与显示分系统、预警与联动分系统和辅助分系统组成，各分系统功能如下：

a）雷达分系统：包括天线单元、发射机、接收机、频率综合器和伺服控制单元，负责发射电磁波并接收鸟类目标的回波信号；

b）信号处理分系统：包括模数转换模块、脉冲压缩模块、动目标显示（MTI）模块、动目标检测（MTD）模块和恒虚警率（CFAR）检测模块，负责回波信号的滤波、检测和特征提取；

c）数据处理与显示分系统：包括目标跟踪模块、目标识别模块、数据存储模块和显控终端，负责目标航迹建立、鸟类目标分类识别、鸟情数据管理和可视化显示；

d）预警与联动分系统：包括威胁评估模块、预警发布模块和联动控制接口，负责鸟类威胁等级判定、预警信息发布以及与驱鸟设备的联动控制；

e）辅助分系统：包括电源模块、通信模块、环境监测模块和防雷接地模块，保障系统的稳定运行和环境适应性。

4.2 系统分类

4.2.1 按工作波段分类

系统按工作波段可分为三类，具体分类要求见表1。

表1 系统按工作波段分类

类别	工作波段	频率范围	典型应用场景
S波段探鸟雷达	S波段	2 GHz～4 GHz	中远距离大范围鸟情监测，适用于枢纽机场和繁忙机场
C波段探鸟雷达	C波段	4 GHz～8 GHz	中距离高精度鸟情监测，适用于中型机场
X波段探鸟雷达	X波段	8 GHz～12 GHz	近距离高分辨率鸟情监测，适用于支线机场和通用机场

4.2.1 按扫描方式分类

系统按扫描方式可分为机械扫描雷达、相控阵扫描雷达和机电复合扫描雷达。

4.2.1 按部署方式分类

系统按部署方式可分为固定式雷达和移动式雷达。

5 技术要求

5.1 一般要求

5.1.1 系统的设计应遵循模块化、标准化原则，各分系统应具备良好的可维护性和可扩展性。
5.1.2 系统在正常工作条件下应能连续运行不少于720 h无故障，平均无故障工作时间（MTBF）应不小于2000 h。
5.1.3 系统应具备自检功能，开机自检时间应不大于120 s，自检覆盖率应不小于95%。

5.2 环境适应性

系统应能在表2规定的环境条件下正常工作。

表2 环境适应性要求

项目	室内设备	室外设备（天线、伺服单元）
工作温度	0 ℃～+40 ℃	-40 ℃～+55 ℃
贮存温度	-20 ℃～+55 ℃	-55 ℃～+70 ℃
相对湿度	≤95%（+30 ℃，无凝露）	≤98%（+40 ℃，无凝露）
风速（工作）	—	≤25 m/s（正常扫描），≤40 m/s（安全锁定）
降雨强度	—	≤6 mm/min
盐雾	—	在5%±1%NaCl、35 ℃±2 ℃、持续480 h后无明显腐蚀、功能正常
振动	应能承受频率10 Hz～150 Hz、加速度幅值5 m/s^2的正弦振动，试验后结构无松动、功能正常	应能承受频率10 Hz～150 Hz、加速度幅值10 m/s^2的正弦振动，试验后结构无松动、功能正常
冲击	应能承受峰值加速度150 m/s^2、脉冲持续时间11 ms的半正弦波冲击，试验后结构无损坏、功能正常	应能承受峰值加速度300 m/s^2、脉冲持续时间11 ms的半正弦波冲击，试验后结构无损坏、功能正常

5.3 探测性能要求

5.3.1 探测距离

在虚警概率Pfa≤10^{-6}、发现概率Pd≥0.9的条件下，系统对不同目标的探测距离应满足表3的规定。

表3 探测距离要求

目标类型	S波段雷达	C波段雷达	X波段雷达
标准鸟目标（0.025 m^2）	≥6 km	≥5 km	≥4 km
小型鸟类（0.01 m^2～0.025 m^2）	≥5 km	≥4 km	≥3 km
中型鸟类（0.025 m^2～0.1 m^2）	≥8 km	≥7 km	≥6 km
大型鸟类（≥0.1 m^2）	≥12 km	≥10 km	≥8 km
鸟群（≥0.05 m^2）	≥12 km	≥10 km	≥8 km

5.3.2 探测高度

系统的有效探测高度范围应为0 m（地面）～3000 m（相对雷达天线水平面），其中：

a）对标准鸟目标的最低探测高度应不大于30 m；
b）对标准鸟目标的最大探测高度应不小于900 m；
c）对鸟群的最大探测高度应不小于1500 m。

5.3.3 覆盖范围

系统的覆盖范围应符合以下要求：

a）方位覆盖范围应不小于360°（全方位），俯仰覆盖范围应不小于-2°～+30°；

b）水平探测覆盖半径应不小于6 km，重点扇区内应不小于8 km。

5.3.4 测量精度

系统的测量精度应满足表4的规定。

表4 测量精度要求

测量参数	技术指标	备注
距离精度	≤50 m（1σ）	对标准鸟目标，在最大探测距离的50%处
方位精度	≤1.0°（1σ）	对标准鸟目标
俯仰精度	≤1.5°（1σ）	对标准鸟目标
速度精度	≤0.5 m/s（1σ）	径向速度测量
高度精度	≤100 m（1σ）	在探测高度范围内
距离分辨率	≤30 m	采用脉冲压缩技术
方位分辨率	≤2.5°	3 dB波束宽度
速度分辨率	≤0.5 m/s	多普勒分辨率≤1 Hz

5.3.4 跟踪性能

系统的跟踪性能应满足以下要求：

a）应具备多目标同时跟踪能力，同时跟踪目标数量应不少于1000批；

b）应能在目标出现后不大于3个扫描周期内建立稳定航迹，航迹起始时间应不大于6 s（扫描周期为2 s时）；

c）航迹连续率应不小于98%，航迹正确关联率应不小于95%。

5.4 目标识别性能要求

系统目标识别性能要求如下：

a）鸟类与非鸟类目标区分准确率应不小于90%，误识率不大于5%；

b）鸟类体型分类（大/中/小）准确率不小于80%；

c）鸟群识别准确率不小于90%，并能估算鸟群数量范围。

5.5 预警性能要求

5.5.1 威胁等级划分

系统应根据鸟类目标的距离、高度、航向、速度和体型等参数，自动评估威胁等级，并划分为以下三级：

a）一级预警：鸟类目标位于跑道中心线两侧各1 km、跑道两端各3 km范围内，且高度低于300 m，预计到达时间小于60 s。

b）二级预警：鸟类目标位于跑道中心线两侧各3 km、跑道两端各6 km范围内，且高度低于600 m，预计到达时间为60 s～180 s。

c）三级预警：鸟类目标位于机场净空保护区内，尚未达到二级预警条件，但存在潜在威胁。

5.5.2 预警时间

系统对一级威胁目标的预警时间应不小于60 s，对二级威胁目标的预警时间应不小于180 s。预警信息从目标检测到显示终端的端到端延迟应不大于3 s。

5.5.3 预警联动

系统应具备与驱鸟设备的联动接口，支持以下联动方式：

a）声学驱鸟联动：根据鸟类目标方位自动定向启动声波驱鸟设备，响应时间应不大于5 s；

b）光学驱鸟联动：根据鸟类目标方位自动启动激光或强光驱鸟设备，指向精度应不大于±2°；

c）烟火驱鸟联动：支持向指定区域发射驱鸟弹或煤气炮，联动延迟应不大于10 s；

d）人工通知：通过声光报警、短信或平台消息向鸟情巡视人员发送预警信息，通知延迟应不大于5 s。

5.6 数据处理与显示要求

具体要求如下：

a）系统应具备鸟情数据的实时显示、存储、查询、回放和统计分析功能；数据存储容量应不少于180 d的连续鸟情数据，数据记录采样间隔应不大于2 s；

b）显控终端应支持平面位置显示（PPI）、距离高度显示（RHI）、目标信息显示和鸟情统计显示；支持不少于4个终端同时访问，画面刷新周期不大于2 s。

5.7 电磁兼容要求

系统应具备足够的电磁抗扰度，各项抗扰度限值应符合表5的规定。

表5 电磁兼容要求

项目	限值
静电放电抗扰度	接触放电不低于±6 kV，空气放电不低于±8 kV
射频电磁场辐射抗扰度	不低于10 V/m（频率范围80 MHz～1 GHz）
电快速瞬变脉冲群抗扰度	电源端口不低于±2 kV，信号端口不低于±1 kV
浪涌抗扰度	电源端口线-线不低于±2 kV，线-地不低于±4 kV
射频场感应传导抗扰度	不低于10 V（频率范围150 kHz～80 MHz）

5.8 安全与防护要求

5.8.1 室外设备的外壳防护等级应不低于GB/T 4208规定的IP65，天线罩的防护等级应不低于IP55；室内设备的外壳防护等级应不低于IP20。

5.8.2 系统应具备完善的防雷接地措施，接地电阻应不大于4 Ω。

5.8.3 系统应具备过压、过流、过热保护功能，在出现异常情况时应自动切断相关电路并发出告警。

6 试验方法

6.1 试验条件

除另有规定外，试验应在温度15 ℃～35 ℃、相对湿度25%～75%、大气压力86 kPa～106 kPa、电源AC 220 V±2%条件下进行。试验仪器应经计量检定合格，准确度优于被测指标的1/3。

6.2 一般要求试验

6.2.1 可靠性试验

按GB/T 5080.7的规定执行。

6.2.2 自检功能试验

系统处于关机状态，接通电源并开机，记录从开机到自检完成的时间；根据自检报告，统计自检覆盖的功能模块数量，计算自检覆盖率（自检覆盖模块数/系统总模块数×100%）。

6.3 环境适应性试验

6.3.1 低温试验

按GB/T 2423.1的规定执行。

6.3.2 高温试验

按GB/T 2423.2的规定。

6.3.3 恒定湿热试验

按GB/T 2423.3的规定执行。

6.3.4 抗风试验

试验方法如下：

a）在伺服系统中模拟风速信号，逐步增大模拟风速至25 m/s，观察天线是否正常扫描；

b）继续增大模拟风速至超过25 m/s（如28 m/s），观察天线是否自动进入安全锁定状态并记录响应时间；

c）将模拟风速降至25 m/s以下，观察天线是否自动恢复正常扫描。

6.3.5 防水试验

按GB/T 2423.38的规定执行。

6.3.6 盐雾试验

按GB/T 10125的规定执行。

6.3.7 振动试验

按GB/T 2423.10的规定执行。

6.3.8 冲击试验

按GB/T 2423.5的规定执行。

6.4 探测性能试验

6.4.1 探测距离试验

试验方法如下：

a）在雷达探测方向上，使用标准鸟目标模拟器（RCS=0.025 m²±10%）或挂载标准反射体的无人机作为目标源；

b）目标从远至近沿雷达径向飞行，记录雷达首次稳定检测到目标的距离；

c）在相同条件下重复试验不少于10次，取检测概率达到90%时的最远距离作为探测距离；

d）分别对小型（RCS=0.01 m²～0.025 m²）、中型（RCS=0.025 m²～0.1 m²）、大型鸟类模拟目标（RCS≥0.1 m²）和鸟群模拟目标（RCS≥0.05 m²）进行试验。

6.4.2 探测高度试验

试验方法如下：

a）使用挂载标准反射体的无人机在不同高度层水平飞行；

b）从地面以上30 m开始，以100 m为步长逐步升高，直至雷达丢失目标；

c）记录雷达能稳定跟踪目标的最低高度和最高高度；

d）换用鸟群模拟目标（RCS≥0.05 m²）重复上述试验，记录最大探测高度。

6.4.3 覆盖范围试验

试验方法如下：

a）使用无人机搭载标准反射体，在距雷达站5 km处做圆周飞行，每15°记录一次检测状态，统计方位覆盖范围；

b）在俯仰方向上，从-2°开始以5°为步长向上扫描至+30°，记录各仰角上的检测状态，统计俯仰覆盖范围；

c）使用标准鸟目标在水平方向由近及远飞行，记录有效检测的最大水平距离；

d）绘制方位覆盖图和俯仰覆盖图，试验结果应符合5.3.3的规定。

6.4.4 测量精度试验

6.4.4.1 距离精度试验

使用激光测距仪（精度±1 m）作为基准，在雷达最大探测距离的25%、50%、75%和100%处各进行不少于20次测量，计算雷达测量值与基准值的均方根误差。

6.4.4.2 方位精度试验

使用高精度经纬仪（精度±0.1°）作为基准，在不同方位角上各进行不少于20次测量，计算均方根误差。

6.4.4.3 俯仰精度试验

使用高精度经纬仪（精度±0.1°）作为基准，在不同俯仰角上各进行不少于20次测量，计算均方根误差。

6.4.4.4 速度精度试验

使用速度已知的标准目标（如匀速运动的角反射器小车，速度误差≤0.1 m/s）进行不少于20次测量，计算均方根误差。

6.4.4.5 高度精度试验

使用GPS测高设备（精度±5 m）作为基准，在不同高度层各进行不少于20次测量，计算均方根误差。

6.4.4.6 距离分辨率试验

使用两个同方位、同高度的标准目标，沿径向逐渐靠近，记录雷达能区分两个目标的最小距离。

6.4.4.7 方位分辨率试验

使用两个同距离、同高度的标准目标，沿方位向逐渐靠近，记录雷达能区分两个目标的最小角度。

6.4.4.8 速度分辨率试验

使用两个同距离、同方位的标准目标，以不同径向速度运动，逐渐减小速度差，记录雷达能区分两个目标的最小速度差。

6.4.5 跟踪性能试验

试验方法如下：

a）在雷达覆盖范围内同时释放不少于1000个模拟目标，记录系统的同时跟踪目标数量；

b）记录从目标进入覆盖区到系统建立稳定航迹的时间，重复不少于30次，计算航迹起始时间；

c）对稳定跟踪的目标连续观测不少于10 min，统计航迹连续率（有效跟踪帧数/总帧数×100%）和正确关联率。

6.5 目标识别性能试验

试验方法如下：

a）构建包含鸟类目标（不少于100架次，涵盖大、中、小型鸟类）和非鸟类目标（航空器、无人机、车辆、地面建筑物、气象杂波等，不少于50架次）的测试数据集；

b）运行系统的目标识别算法，统计鸟类目标识别准确率（正确识别为鸟类的数量/鸟类目标总数×100%）和误识率（非鸟类目标被误识为鸟类的数量/非鸟类目标总数×100%）；

c）对鸟类目标按体型分类，统计大、中、小型鸟类的分类准确率（正确分类数量/该类目标总数×100%）；

d）对鸟群目标（不少于30组）进行识别试验，统计鸟群识别准确率，并验证鸟群数量估算功能。

6.6 预警性能试验

6.6.1 威胁等级划分试验

试验方法如下：

a）使用无人机模拟鸟类目标，分别设置在一级预警区域（跑道中心线两侧各1 km、两端各3 km，高度低于300 m）、二级预警区域（跑道中心线两侧各3 km、两端各6 km，高度低于600 m）和三级预警区域（净空保护区内其他区域）；

b）观察系统显示的威胁等级标识，验证是否与5.5.1的划分规则一致；

c）在每个等级区域内重复试验不少于10次，统计威胁等级判定正确率。

6.6.2 预警时间试验

试验方法如下：

a）使用无人机模拟鸟类目标，从机场净空区外向跑道方向飞行，分别设置对应一级和二级威胁的航向、高度和速度；

b）记录系统首次发出对应等级预警的时刻和目标位置，计算从预警发出到目标到达跑道中心线延长线（一级）或二级警戒区域边界（二级）的时间；

c）使用高精度时间同步设备（时间同步误差≤1 ms），记录目标被雷达检测到的时刻和预警信息在显示终端出现的时刻，计算端到端延迟；

d）每种威胁等级重复试验不少于10次，取平均值。

6.6.3 预警联动试验

试验方法如下：

a）声学驱鸟联动试验：模拟鸟类目标出现在指定方位，记录从预警发出到声波驱鸟设备启动并指向目标方位的时间，重复不少于10次取平均值；

b）光学驱鸟联动试验：模拟鸟类目标出现在指定方位，记录激光或强光驱鸟设备的指向角度与目标实际方位的偏差，重复不少于10次；

c）烟火驱鸟联动试验：模拟鸟类目标出现在指定区域，记录从预警发出到驱鸟弹或煤气炮发射的时间，重复不少于10次取平均值；

d）人工通知试验：触发一级预警，记录从预警发出到鸟情巡视人员终端收到声光报警、短信或平台消息的时间，重复不少于10次取平均值。

6.7 数据处理与显示试验

6.7.1 数据存储试验

试验方法如下：

a）系统连续运行并记录鸟情数据，数据记录采样间隔设置为2 s；

b）运行不少于7天后，检查存储的数据记录，验证采样间隔是否不大于2 s；

c）根据日均数据量计算存储容量可支持的天数，或通过模拟连续写入180 d数据量的方式验证存储容量。

6.7.2 显示功能试验

试验方法如下：

a）PPI显示试验：在显控终端上查看平面位置显示画面，验证是否以雷达站为中心进行极坐标显示，是否标注机场跑道、滑行道、净空限制面和预警区域；

b）RHI显示试验：选择某一方位，查看距离-高度剖面显示，验证目标的距离和高度信息是否正确显示；

c）目标信息显示试验：选中一个正在跟踪的目标，查看是否显示距离、方位、高度、速度、RCS、航迹和威胁等级等详细信息；

d）鸟情统计显示试验：分别选择日、周、月、年统计视图，验证是否显示鸟类活动热力图、数量趋势和高发时段分析。

6.7.3 多终端访问与刷新试验

试验方法如下：

a）同时连接不少于4个显控终端访问系统，验证各终端是否均能正常显示鸟情信息且互不干扰；

b）使用高速摄像设备（帧率≥60 fps）录制终端画面，统计画面刷新周期；

c）在雷达覆盖区内放入一个移动目标，观察各终端上目标位置的更新是否同步。

6.8 电磁兼容试验

试验方法如下：

a）静电放电抗扰度试验按GB/T 17626.2的规定执行；

b）射频电磁场辐射抗扰度试验按GB/T 17626.3的规定执行；

c）电快速瞬变脉冲群抗扰度试验按GB/T 17626.4的规定执行；

d）浪涌抗扰度试验按GB/T 17626.5的规定执行；

e）射频传导抗扰度试验按GB/T 17626.6的规定执行。

6.9 安全与防护试验

6.9.1 外壳防护等级试验

按GB/T 4208的规定执行。

6.9.2 接地电阻测试

使用接地电阻测试仪（精度±0.01 Ω），在接地极处测量系统接地电阻，测量点不少于3处，取最大值。

6.9.3 保护功能试验

试验方法如下：

a）过压保护试验：使用可编程电源逐步升高输入电压至额定电压的125%，观察系统是否自动切断相关电路并发出告警；

b）过流保护试验在某一路输出端模拟过流故障（电流升至额定值的150%），观察系统是否自动切断该路输出并发出告警；

c）过热保护试验：在关键发热部件（如发射机功放）处模拟温度升高至保护阈值（通常为+85 ℃），观察系统是否自动降功率或关机并发出告警；

d）各项保护动作后，排除故障并恢复正常条件，系统应能手动恢复正常工作。

T/CEATEC XXX—XXXX

中 华 人 民 共 和 国

团 体 标 准

XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX

T/CEATEC XXXX－XXXX

*

中国欧洲经济技术合作协会

网址 https://www.ceatec.org.cn/

*

开本 880×1230 1/16 印张 1.5 字数 XXX 千字

2026 年 X 月第一版 2026 年 X 月第一次印刷

*

如有印装差错 由中国欧洲经济技术合作协会调换

版权专有 侵权必究

举报电话：010-64516951