

团 体 标 准

T/ZSA 227-2024

低慢小无人驾驶航空器 车载式预警处置 系统

Vehicle mounted UAV defense system

2024-05-06 发布

2024-05-07 实施

中关村标准化协会 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 系统结构	2
4.1 系统组成	2
5 技术要求	3
5.1 车载式预警处置系统	3
5.2 天线舱	3
5.3 设备柜	4
5.4 电源柜	4
5.5 无线电探测模块	4
5.6 无线电压制模块	5
5.7 导航诱骗模块	5
5.8 无线通信模块	6
5.9 电源动力模块	6
5.10 指挥控制软件	6
6 测试方法	6
6.1 车载式预警处置系统	6
6.2 天线舱	7
6.3 设备柜	7
6.4 电源柜	7
6.5 无线电探测模块	8
6.6 无线电压制模块	8
6.7 导航诱骗模块	9
6.8 无线通信模块	9
6.9 电源动力模块	9
6.10 指挥控制软件	9
7 标志、包装、运输与储存	9
7.1 标志	9
7.2 包装	9
7.3 运输	10
7.4 存储	10

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。

本文件由中关村标准化协会先进制造分技术委员会提出并归口。

本文件起草单位：北京锐士装备科技有限公司、中国安全防范产品行业协会、江西省融合技术研究院、鉴真防务技术（上海）有限公司、安徽耀峰雷达科技有限公司、同济大学城市风险管理研究院低空与网络风险研究所、国科星图（深圳）数字技术产业研发中心有限公司北京分公司、中测新图（北京）遥感技术有限责任公司。

本部分主要起草人：刘雄建、徐一凡、孙晓禹、帅博、张建森、江洪、谢富华、陈欣堂、陈振林、章和盛、李英成。

低慢小无人驾驶航空器 车载式预警处置系统

1 范围

本文件规定了低慢小无人驾驶航空器车载式预警处置系统的产品分类、技术要求、测试方法、检验规则及标志、包装、运输、贮存等要求。

本文件适用于低慢小无人驾驶航空器车载式预警处置系统的开发及应用。

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 2423.63-2019 环境试验 第2部分:试验方法 试验:温度(低温、高温)/低气压/振动(混合模式)综合

GB/T 3805-2008 特低电压 (ELV) 限值要求

GB/T 4208-2017 外壳防护等级 (IP)

GB 8702-2014 电磁环境控制限值

GB/T 17626.2-2018 电磁兼容试验和测量技术静电放电抗扰度试验

GB/T 17626.3-2016 电磁兼容试验和测量技术射频电磁场辐射抗扰度试验

GB/T 30148-2013 安全防范报警设备 电磁兼容抗扰度要求和试验方法

GB/T 34089-2017 VHF/UHF无线电监测测向系统开场测试参数和测试方法

GB/T 38152-2019 无人驾驶航空器系统术语

YD/T 993-2016 有线电信终端设备防雷技术要求及试验方法

3 术语和定义

GB/T 38152-2019 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

无人驾驶航空器 (简称“无人机”) **unmanned aerial vehicle (UAV)**

由遥控设备或自备程序控制装置操纵, 机上无人驾驶的航空器。

3.2

低慢小无人驾驶航空器车载式预警处置系统 **vehicle mounted UAV defense system**

针对低慢小无人驾驶航空器, 在一定范围内对目标进行探测、预警、处置的系统, 能够架设在多种车辆顶部, 在高速移动状态下工作。

3.3

低慢小无人机 **low-altitude low-speed small UAV**

具有“低空/超低空飞行、飞行速度慢、不易被雷达或相关设备发现”等全部或部分特征的小型飞行器。在本文件中是指飞行高度在相对地面1000m以下、飞行速度小于200km/h、雷达反射截面积 (RCS) 2m^2 以下的低空、慢速、小型航空器, 主要包括轻型和超轻型飞机、轻型直升机、模型航空器等类型。

3.4

探测 **detection**

在管控区内, 利用探测系统对无人机的方向、位置、速度、图像、视频等进行探测、展示或传输, 使操作人员第一时间获取无人机飞行实时信息。

3.5

处置 **disposal**

在管控区内, 利用处置系统对无人机进行警告、驱离、迫降等动作, 实现对无人机的防控过程。

- 3.6
管控区 control area
系统能够实现探测、定位、反制处置等功能的区域。
- 3.7
探测区 detection area
距系统布设中心点半径5000m范围以内，且地面真高在1000m以下的区域。
- 3.8
预警区 warning area
距系统布设中心点半径3000m范围以内，且地面真高在1000m以下的区域。
- 3.9
处置区 disposal area
距系统布设中心点半径1000m范围以内，且地面真高在1000m以下的区域。
- 3.10
核心区 core area
以保护目标为中心，半径500m范围以内，且地面真高在1000m以下的区域。
- 3.11
盲区 blind area
在探测或处置设备作用范围内，受地物遮蔽影响，不能有效探测或处置无人机的区域。
- 3.12
黑飞无人机 illegal UAV
没有取得合法身份的无人机，未经飞行登记、未向当地航空器管理等管控部门报批过飞行计划的低慢小无人机，以及取得合法身份但未按报批飞行计划的航行要素飞行的无人机。
- 3.13
合法无人机 legal UAV
已向当地相关部门报批过飞行计划且审批通过，并按照飞行计划飞行的无人机。
- 3.14
无线电测向设备 radio direction-finding equipment
无线电测向设备能够利用无线电到达角度差测量方法，对无人机目标进行探测、预警，确定无人机方位且方位角精度小于 10° ，以便于引导处置设备进行精确处置。
- 3.15
无线电反制设备 radio interference countermeasure equipment
无线电反制设备利用无线电干扰阻塞原理，切断无人机飞行时的各类无线信号，实现对无人机的返航或者迫降处置。具备同时覆盖 360° 方向，能同时反制多个方向无人机的为全向干扰器。同一时刻仅对某个指定方向范围内的无人机进行干扰的为定向干扰器，定向干扰器配合云台可以分时对 360° 方向进行反制，也可多台拼接实现 360° 方向反制。
- 3.16
压制 countermeasure
在管控区内，利用无线电反制设备对无人机进行返航、迫降等动作，实现对无人机的防控过程。
- 3.17
导航诱骗设备 navigation decoy equipment
导航诱骗设备通过模拟仿真生成频率相同、时间同步的导航卫星定位编码信号，将诱导信息注入到无人飞行器导航系统，间接获得飞行控制权，实现禁飞区设置、定向驱离、定点诱引等功能。

4 系统结构

4.1 系统组成

车载式低慢小无人驾驶航空器预警处置系统由无线电探测模块、无线电压制模块、导航诱骗模块、无线通信模块、电源动力模块、指挥控制软件等功能模块组成。

通常系统由无线电探测模块对无人机目标进行探测、识别、测向、交叉定位。指挥控制软件对各个模块进行状态监控、日志记录、指挥控制、无人值守；无线电压制模块、导航诱骗模块对无人机目标进行处置，实现遥控信号、图传信号、导航信号的干扰或欺骗。

结构方面，由天线舱、设备柜、电源柜组成。具体的，天线舱内部署无线电探测模块、无线电压制模块、导航诱骗模块、无线通信模块，在载车车顶部署时，形成无外露天线的一体化设备。电源柜内部署电源动力模块，向其他天线舱与设备柜提供电源供应；设备柜内部署指挥控制软件。

5 技术要求

5.1 车载式预警处置系统

5.1.1 基本功能

低慢小无人驾驶航空器车载式预警处理系统应具备针对“低慢小”无人机的探测、反制等防控功能。系统可通过无源探测手段实现无人机探测，通过无线电干扰、导航诱骗手段等模块实现无人机反制功能。系统具备指挥控制软件，可监控防控态势、设备状态、日志记录等信息。系统具备移动防控能力，可架设于多种车辆顶部，具备移动供电、无线通信能力，具备服务器，可运行应用服务与数据服务。

5.1.2 性能要求

车载式预警处置系统性能要求如下：

- a) 系统能够探测通信频段在下列范围内的无人机，包含但不限于800~900MHz、2400~2500MHz以及5720~5820MHz；
- b) 系统能够在无人机距离系统4000m以内发现无人机，并在2s内提供无人机的方向信息；
- c) 系统能够针对无人机导航、通信频段进行干扰或欺骗；
- d) 系统能够在发现无人机后自动开启反制功能，有效反制距离大于1000m，并在2s内对无人机产生干扰效果；
- e) 在系统载车行驶时速不超过80km/h时，保持上述探测及反制能力；
- f) 系统能够对防控区域内的防控态势、设备状态、运行日志等信息进行展示，对系统关键运行数据进行存储备份；
- g) 系统能够进行移动通信，可与上级控制平台进行信息交互。

5.2 天线舱

5.2.1 外观

天线舱表面应无破损裂缝、无沾污、平整光亮。与载车车顶连接的紧固件、卡口、孔完整无损伤。

5.2.2 安全性

天线舱通过电源柜进行供电，在DC 36V（±1V）范围内应能正常工作，应符合 GB/T 3805-2008 中的限值。

天线舱 IP 防护等级应符合 GB/T 4208-2017 中 IP55 外壳防护等级。

天线舱系统对环境的电磁辐射强度，应符合 GB 8702-2014 中关于电磁环境控制限值规定。

5.2.3 环境适应性

天线舱工作温度为-40℃~75℃，应符合 GB/T 2423.63-2019 环境试验 第2部分：试验方法 试验：温度(低温、高温)/低气压/振动(混合模式)综合要求。

静电放电抗扰度应满足 GB/T 17626.2-2018 中严酷等级 3 级的静电放电抗扰度试验。

射频电磁场辐射抗扰度应满足 GB/T 17626.3-2016 中严酷等级 3 级的射频电磁场辐射抗扰度试验。

天线舱防雷性要求冲击耐受能力满足线-线（电源部分）之间 6kV，线-地（信号部分）之间 1.5kV，符合 YD/T 993-2016 有线电信终端设备防雷技术要求及试验方法中的要求。

天线舱应具有抗干扰能力，电磁兼容性应符合 GB/T 30148-2013。各分系统之间应能相互兼容互不影响。

5.3 设备柜

5.3.1 外观

设备柜外表面无明显划伤、脱落、起皮、龟裂和锈蚀，各部色泽均匀一致。各接口标识均匀、清晰。箱体平整、牢固。外表面清洁干净，无密封胶、焊接等残余物。紧固件、连接件外露的接头、凹槽、孔无损伤。

5.3.2 安全性

设备柜应通过电源柜进行供电，在 AC 220V（-15%至 10%）范围内应能正常工作。

IP 防护等级应符合 GB/T 4208-2017 中 IP55 外壳防护等级。

系统对环境的电磁辐射强度，应符合 GB 8702-2014 中关于电磁环境控制限值规定。

5.3.3 环境适应性

设备柜工作温度为-30℃~50℃，应符合 GB/T 2423.63-2019《环境试验 第2部分：试验方法 试验：温度(低温、高温)/低气压/振动(混合模式)综合》要求。

静电放电抗扰度应满足 GB/T 17626.2-2018 中严酷等级 3 级的静电放电抗扰度试验。

射频电磁场辐射抗扰度应满足 GB/T 17626.3-2016 中严酷等级 3 级的射频电磁场辐射抗扰度试验。

设备防雷性冲击耐受能力满足线-线（电源部分）之间 6kV，线-地（信号部分）之间 1.5kV，应符合 YD/T 993-2016 的要求。

5.4 电源柜

5.4.1 外观

电源柜外表面无明显划伤、脱落、起皮、龟裂和锈蚀，各部色泽均匀一致；各接口标识均匀、清晰；箱体平整、牢固；外表面清洁干净，无密封胶、焊接等残余物；紧固件、连接件外露的接头、凹槽、孔无损伤。

5.4.2 安全性

电源柜应可通过市电进行充电，并可输出 AC 220V 与 DC 36V 两种电压。

IP 防护等级应符合 GB/T 4208-2017 中 IP55 外壳防护等级。

系统对环境的电磁辐射强度，应符合 GB 8702-2014 中关于电磁环境控制限值规定。

5.4.3 环境适应性

电源柜工作温度为-30℃~50℃，应符合 GB/T 2423.63-2019《环境试验 第2部分：试验方法 试验：温度(低温、高温)/低气压/振动(混合模式)综合》要求。

静电放电抗扰度应满足 GB/T 17626.2-2018 中严酷等级 3 级的静电放电抗扰度试验。

射频电磁场辐射抗扰度应满足 GB/T 17626.3-2016 中严酷等级 3 级的射频电磁场辐射抗扰度试验。

电源柜防雷性冲击耐受能力满足线-线（电源部分）之间 6kV，符合 YD/T 993-2016 的要求。

5.5 无线电探测模块

5.5.1 功能要求

无线电探测模块采用无缘探测方式，被动接收无人机与遥控器之间的遥控信号与图传信号，将实时信号与无人机特征库中的特征信号进行比对，以达到探测、识别、测向、交叉定位。也可通过解析无人机与遥控器通信协议，获取无人机的实时飞行信息，从而发现无人目标。应具备如下功能：

- a) 无人机探测功能，具备全频段被动接收目标无人机的图传信号及遥控信号，对信号进行搜索、采集、测向；

- b) 无人机测向功能, 可根据无人机通信信号的射频特征, 对无人机品牌、型号、方向等进行识别, 具备未知机型识别探测功能, 支持实时记录未知机型射频特征并存储;
- c) 入侵告警功能, 应支持探测到无人机后能进行声、光、信息等形式的告警;
- d) 无人值守功能, 支持全自动工作, 全天候实时监测周边电磁环境; 发现可疑目标会通知值守人员迅速采取措施;
- e) 联动打击功能, 探测到无人机可联动反制设备打击目标;
- f) 故障诊断功能, 支持运行状态在线诊断, 可对装备故障进行分析;
- g) 环境扫描功能, 支持周边环境的电磁环境扫描能力, 扫描频段范围覆盖300MHz~6GHz;
- h) 快速部署功能, 具备快速展开、快速布防能力, 方便携带, 支持移动架设。

5.5.2 性能指标

无线电探测模块应满足如下性能指标:

- a) 探测频段应包含 800~900MHz、2400~2500MHz 以及 5720~5820MHz 三个频段;
- b) 在空旷无遮挡环境下, 有效探测距离不小于 4000m;
- c) 水平方向探测覆盖范围不小于 360°;
- d) 探测方位角精度 $\leq 3^\circ$;
- e) 发现时间 $\leq 2s$;
- f) 探测目标机型库中应包含消费级旋翼无人机、工业级无人机、遥控固定翼航空模型、DIY 无人机、穿越机等类型的无人机。

5.6 无线电压制模块

5.6.1 功能要求

无线电压制模块利用功率优势, 对已知的无人机通信、图传、导航频段进行干扰, 以实现无人机返航、迫降和切断图像传输的效果。需具备如下功能:

- a) 干扰信号生成功能, 即可生成针对无人机遥控、数传、导航频段的大功率噪声信号;
- b) 干扰信号发射功能, 即可进行干扰信号全向或定向发射;
- c) 干扰模式选择功能, 即可进行干扰模式的选择, 从而发射特定频段的干扰信号;
- d) 联动打击功能, 即可与探测装备联动, 在接收到打击指令时, 自动发射干扰信号;
- e) 故障诊断功能, 即支持运行状态在线诊断, 可对装备故障进行分析。

5.6.2 性能指标

无线电压制模块应满足如下性能要求:

- a) 压制频段应包括 800~900MHz、1575~1625MHz、2400~2500MHz 和 5720~5820MHz 共 4 个频段;
- b) 信号切入时间 $\leq 2s$;
- c) 全向有效作用距离 $\geq 1000m$, 定向有效作用距离 $\geq 1500m$;
- e) 水平有效压制角度 0~360°, 垂直有效压制角度 0~90°。

5.7 导航诱骗模块

5.7.1 功能要求

导航诱骗模块应具备如下功能:

- a) 模拟信号生成功能, 应能模拟多频段卫星导航信号, 包括GPS、GLONASS;
- b) 模式控制功能, 应能控制虚假信号的生成模式, 包括禁飞区、直线驱离等;
- c) 模拟信号发射功能, 应能发射生成的模拟卫星导航信号;
- d) 发射功率调节功能, 应能调节模拟卫星导航信号的发射功率;
- e) 定点捕获功能, 由侦测设备配合使用, 可对黑飞无人机进行定点捕获。

5.7.2 性能指标

导航诱骗模块性能指标如下:

- a) 工作频段为 GPS L1 和 GLONASS L1 ；
- b) 启动时间 $\leq 5\text{min}$ ；
- c) 等效辐射功率 $< 10\text{mW}$ 且可调；
- e) 有效作用距离为 500m~1000m；
- f) 响应时间 $\leq 5\text{s}$ 。

5.8 无线通信模块

无线通信模块应具备如下功能：

- a) 应支持多种通信方式的接入，包括移动通信网络、宽带、专网等方式；
- b) 应支持对网络通信设备、实时通信状态、网络质量的实时监测功能；
- c) 应支持对通信状态监测日志的管理功能，实现日志的查询、导入、导出等管理功能。

5.9 电源动力模块

电源动力模块应具备如下功能：

- a) 应支持各类动力的接入，包括市电、UPS、便携式供电设备、柴油发电机等；
- b) 应支持双回路供电，并具备自动切换功能，实现在主回路供电异常情况下，自动切换至备用电源；
- c) 应支持一键断电功能，实现紧急情况下一键切断无线电干扰设备供电的功能；
- d) 应支持便携式供电设备的剩余电量监测功能，实现剩余工作时长的预测功能；
- e) 应支持运行日志的存储、导入、导出、查询等数据管理功能；
- f) 应支持统计分析功能，实现系统异常辅助分析功能。

5.10 指挥控制软件

指挥控制软件应能提供更简单、更方便的操控界面，结合电子地图展示防控态势、设备状态、历史信息，提供防控策略的快速配置接口，具备移动指挥功能，多设备之间可安全快速的实现信息交互。并具备如下功能：

- a) 实现各系统的信息交互、数据统计，有效整合展示各种探测、跟踪、处置、移动指挥信息，通过可视化技术实现一张地图上展示整体防控态势，满足低慢小无人驾驶航空器预警处置综合形势研判、指挥决策、调查取证等业务场景需求；
- b) 实现与各类预警处置系统的信息交互，主要包括频谱侦测子系统、链路解析子系统、无线电链路压制子系统、导航诱骗子系统等，实现子系统状态的实时上报，实现指挥命令的实时下达；
- c) 支持各种全自动策略配置功能，实现多系统联动，实现多设备联动，可进行交叉确认，实现防控态势融合感知等；
- d) 实现基于 GIS 电子地图的低慢小无人驾驶航空器预警处置系统的各类业务信息展示，包括无人机探测信息、打击设备状态信息、设备参数配置信息、各阵地设备的运行状态信息、阵地装备的实时位置信息等，实现各类运行状态的可视化统计分析功能，实现辅助指挥决策、关键参数的一键设置功能；
- e) 实现移动指挥功能，利用多种网络通信方式进行图像、数据、语音等信息交互，实现统一指挥调度功能，能够对各级阵地系统进行统一指挥调度，实现指挥调度过程的加密处理；
- f) 实现各级的系统安全管理功能，能够基于安全策略对用户登录、数据传输、资源访问、审核管理、原始数据存储备份、权限管理等进行安全保障，实现多种用户与各级业务系统之间的授权管理功能。

6 测试方法

6.1 车载式预警处置系统

系统功能和性能测试步骤如下：

- a) 探测能力, 选取通信频段在800~900MHz、2400~2500MHz以及5720~5820MHz的各5架不同品牌无人机靶机, 先后开启车载式预警处置系统与靶机, 若系统能够在靶机开机后提示无人机品牌、方向, 此时记录靶机开机至提示信息出现的时间, 多次测试取平均值, 得到系统探测频段、响应时间;
- b) 重复步骤a), 改变系统与靶机距离, 进行多次测试, 得到系统平均探测距离;
- c) 反制能力, 选取通信频段在800~900MHz、2400~2500MHz以及5720~5820MHz的若干架无人机靶机, 先后开启车载式预警处置系统与靶机, 若系统能够发射干扰、欺骗信号, 此时记录发射干扰信号至无人机丢失通信信号或导航信号的时间, 多次测试取平均值, 得到系统干扰频段、相应时间;
- d) 重复步骤b), 改变系统与靶机距离, 进行多次测试, 得到系统平均压制距离;
- e) 选取合适的封闭道路, 在载车行驶状态下, 针对步骤a)、b)、c)、d)进行测试, 得到系统动态防控能力;
- f) 在测试过程中, 检查系统是否将对应的防控态势、设备状态、运行日志等有针对性的展示, 在测试结束后, 检查系统是否具有对应的数据存储;
- g) 在测试过程中, 检查系统是否将对应的防控信息上传至对应的测试平台。

6.2 天线舱

天线舱外观测试步骤如下:

- a) 采用目测、手感等方法, 测试天线舱外观是否有破损裂缝、是否有油污、是否平整光亮;
- b) 采用目测、手感等方法, 测试天线舱与载车车顶连接的紧固件、卡口、孔完整无损伤。

天线舱安全性测试步骤如下:

- a) 参照 GB/T 4208-2017 搭建测试环境;
- b) 准备被测设备置于测试环境中;
- c) 参照 GB/T 4208-2017 对天线舱进行各功能测试。

天线舱环境适应性测试步骤如下:

- a) 分别参照GB/T 2423.63-2019、GB/T 17626.2-2018、GB/T 17626.3-2016、YD/T 993-2016和GB/T 30148-2013搭建测试环境;
- b) 准备被测设备分别置于对应的测试环境中;
- c) 分别参照上述国标, 对天线舱进行各项环境适应性测试。

6.3 设备柜

设备柜外观测试步骤如下:

- a) 采用目测、手感等方法, 测试设备柜外观是否有划伤、脱落、起皮、龟裂、锈蚀;
- b) 采用目测、手感等方法, 测试设备柜接口标识、紧固件、卡口、孔完整无损伤;
- c) 接入 AC 220V 电源后, 设备柜可正常工作。

设备柜安全性测试步骤如下:

- a) 分别参照GB/T 4208-2017 和GB 8702-2014搭建测试环境;
- b) 准备被测设备置于测试环境中;
- c) 分别参照上述国标, 对设备柜进行各功能测试。

设备柜环境适应性测试步骤如下:

- a) 分别参照GB/T 2423.63-2019、GB/T 17626.2-2018、GB/T 17626.3-2016和YD/T 993-2016搭建测试环境;
- b) 准备被测设备分别置于对应的测试环境中;
- c) 分别参照上述国标, 对设备柜进行各项环境适应性测试。

6.4 电源柜

电源柜外观测试步骤如下:

- a) 采用目测、手感等方法, 测试电源柜外观是否有划伤、脱落、起皮、龟裂、锈蚀;
- b) 采用目测、手感等方法, 测试电源柜接口标识、紧固件、卡口、孔完整无损伤;

- c) 接入 AC 220V 电源后, 电源柜可进行充电;
- d) 接入电压表, 测量电源柜输出电压数值及类型, 电源柜输出 AC 220V 与 DC 36V 为合格。

电源柜安全性测试步骤如下:

- a) 分别参照GB/T 4208-2017和GB 8702-2014搭建测试环境;
- b) 准备被测设备置于测试环境中;
- c) 分别参照上述国标, 对电源柜进行各功能测试。

电源柜环境适应性测试步骤如下:

- a) 分别参照GB/T 2423.63-2019、GB/T 17626.2-2018、GB/T 17626.3-2016和YD/T 993-2016搭建测试环境;
- b) 准备被测设备分别置于对应的测试环境中;
- c) 分别参照上述国标, 对电源柜进行各项环境适应性测试。

6.5 无线电探测模块

探测频段测试步骤如下:

- a) 无人机设置固定频段, 无人机在无线电探测模块作用区域内起飞;
- b) 无线电探测模块上电, 调整工作频段覆盖无人机设置频段;
- c) 观察记录无线电探测模块探测情况。
- d) 依次切换无人机频段, 观察记录无线电探测模块探测情况。

有效探测距离测试, 以系统为中心, 目标无人机向外飞, 以正北方向为 0° , 顺时针方向为正向, 分别从 $0^\circ/45^\circ/90^\circ/135^\circ/180^\circ/225^\circ/270^\circ/315^\circ$ 起飞无人机, 记录每个方向能够探测到的距离, 并求算术平方根为有效探测距离。

探测覆盖范围测试, 以系统为中心, 目标无人机向外飞, 以正北方向为 0° , 顺时针方向为正向, 分别从 $0^\circ/45^\circ/90^\circ/135^\circ/180^\circ/225^\circ/270^\circ/315^\circ$ 起飞无人机, 记录能够探测到的范围。

探测方位角精度测试步骤如下:

- a) 根据 GB/T 34089-2017 中 6.7.1 测试布局的要求, 设备与被测无人机之间的直线距离不小于 10λ (λ 指被测系统最低测试频率的波长)。无人机及遥控器保持位置不变, 且置于同一处, 将无线电测向设备架设于云台上, 关闭自测向功能, 转动云台使测向角度置 0 , 并以此作为基准, 依次旋转云台转动 0° 、 45° 、 90° 、 135° 、 180° 、 225° 、 270° 、 315° , 观察记录无线电测向设备的测向角度, 将此测向角度与云台转动角度进行对比, 求出设备均方根方位角精度;
- b) 无线电测向设备上电, 调整相应工作频段;
- c) 在试验场放飞目标无人机, 飞行高度 100m, 飞行速度 5m/s (匀速飞行);
- d) 在设备软件界面观察测向角度, 保存目标的探测信息;
- e) 当无人机降落后, 从中导出无人机飞行的轨迹信息, 对比无线电测向设备观测的测向信息, 计算无人机航迹稳定时的均方根测向角度。

发现时间测试, 以系统为中心, 目标在任一方向系统的有效探测距离内起飞, 记录从起飞到系统探测到目标并显示的时间。

入侵告警测试, 无人机在系统的有效探测距离内起飞, 系统探测到测试无人机后, 在指控软件内能够显示测试无人机的方向、频段、出现时间、持续时间等, 能够形成日志记录并发出声光告警。

6.6 无线电压制模块

无线电压制频段测试步骤如下:

- a) 分别开启无线电压制模块的压制频段;
- b) 打开频谱仪分别记录接收到的无线电频率。

信号切入时间测试步骤如下:

- a) 测试无人机在无线电压制模块有效压制距离内起飞;
- b) 开启无线电压制模块, 进行处置。记录从开启压制模块到测试无人机遥控器无法控制无人机或遥控器失去图像传输的时间。

有效作用距离测试, 以系统为中心, 测试无人机距系统一定距离, 以正北方向为 0° , 顺时针方向为正向, 分别从 $0^\circ/45^\circ/90^\circ/135^\circ/180^\circ/225^\circ/270^\circ/315^\circ$ 起飞无人机, 开启无线电压制模块,

记录测试无人机遥控器无法控制无人机或遥控器失去图像传输的距离，并求算术平方根为有效探测距离。

有效压制角度测试，以系统为中心，测试无人机距系统一定距离，以正北方向为 0° ，顺时针方向为正向，分别从 $0^\circ/45^\circ/90^\circ/135^\circ/180^\circ/225^\circ/270^\circ/315^\circ$ 起飞无人机，开启无线电压制模块，记录测试无人机遥控器无法控制无人机或遥控器失去图像传输的方向，即为水平压制角度。

以系统为中心，测试无人机距系统一定距离，在有效水平压制角度内起飞无人机，分别以不同高度进行飞行，开启无线电压制模块，记录测试无人机遥控器无法控制无人机或遥控器失去图像传输的垂直方向，即为垂直压制角度。

6.7 导航诱骗模块

工作频段测试，利用频谱仪连接欺骗信号发射接口，记录信号工作频段。

启动时间测试，从诱骗模块通电起计时，直至发射欺骗信号，记录时间间隔。

等效辐射功率测试，利用频谱仪连接欺骗信号发射接口，检测设备总发射功率。

有效作用距离测试，在空旷地理环境中，将导航诱骗设备设置为驱离模式，目标无人机处于悬停状态，与设备相距一段距离，设备发送欺骗信号后，目标无人机控制器定位信息失真，并无法控制无人机，目标无人机朝向系统软件设置的方向飞行。

响应时间测试，导航诱骗系统发出欺骗信号后到无人机开始执行驱离动作的时间。

6.8 无线通信模块

无线通信模块的测试步骤如下：

- a) 参照GB4943.1-2022搭建测试环境；
- b) 准备被测设备置于测试环境中；
- c) 参照上述国标，对无线通信模块进行各功能测试。

6.9 电源动力模块

电源动力模块的测试步骤如下：

- a) 参照GB 4943.1-2022搭建测试环境；
- b) 准备被测设备置于测试环境中；
- c) 参照上述国标，对无线通信模块进行各功能测试。

6.10 指挥控制软件

指挥控制软件的测试步骤参照 GB/T 25000.1-2010。

7 标志、包装、运输与储存

7.1 标志

产品应在明显位置，以不易消失的方法标志下列内容：

- a) 公司名称、产品名称；
- b) 放置顺序标志。

7.2 包装

产品包装应牢固，使其防水、防潮、防腐、防锈、防震等，并在正常情况下适于水运、空运和长途内陆运输及反复装卸和搬运的要求，并保证在正常运输中不被损坏。

包装箱内应附有以下文件：

- a) 装箱单：注明产品数量及装箱日期；
- b) 产品检验合格证；
- c) 操作手册；
- d) 产品说明书。

包装箱外应注明：

- a) 制造厂名称；
- b) 产品名称、型号、数量及制造日期；
- c) 在包装箱显著位置以中英文标明“小心轻放”，“此面向上”等标识；
- d) 收货单位名称、地址。

7.3 运输

产品运输过程中须防止天线舱本体变形等不良情况。

7.4 存储

产品应存放在通风、干燥、无有害气体的仓库内，不能与化学品、酸碱物质等一同存放。

全国团体标准信息平台

参考文献

- [1] GJB 100-86 面板、机架和机框的基本尺寸系列
 - [2] GB/T 9254.1-2021 信息技术设备、多媒体设备和接收机 电磁兼容 第1部分：发射要求
 - [3] GB/T 9254.2-2021 信息技术设备、多媒体设备和接收机 电磁兼容 第2部分：抗扰度要求
 - [4] GB 16796-2022 安全防范报警设备 安全要求和实验方法
 - [5] GB/T 17618-2015 信息技术设备抗扰度限值和测量方法
 - [6] GB 17625.1-2022 电磁兼容限值谐波电流发射限值
 - [7] GB/T 18802.1-2011 低压电涌保护器（SPD）第1部分：低压配电系统的电涌保护器性能要求和试验方法
 - [8] GB/T 18802.21-2016 低压电涌保护器第21部分：电信和信号网络的电涌保护
 - [9] GB/T 20138-2023 电器设备外壳对外界机械碰撞的防护等级（IK代码）
 - [10] GB 31241-2022 便携式电子产品用锂离子电池和电池组 安全技术规范
 - [11] GB/T 35018-2018 民用无人驾驶航空器系统分类及分级
 - [12] 无人驾驶航空器飞行管理暂行条例
 - [13] 民用微轻小型无人驾驶航空器系统运行识别概念（暂行）
 - [14] YD/T 1483-2016 无线电设备杂散发射技术要求和测量方法
 - [15] T/CCAATB-0001-2019 民用机场无人驾驶航空器系统监测系统通用技术要求
 - [16] T/SZUAVIA 001-2021 低慢小无人机探测反制系统通用要求
-