

ICS 49.020

V 04

T/SZUIA

团 体 标 准

T/SZUIA 001—2021

低慢小无人机探测反制系统通用要求

General requirements for low-altitude low-speed small unmanned aircraft
vehicle (UAV) detection and countermeasure system

2021-10-28 发布

2022-01-01 实施

深圳市无人机行业协会 发布

目 录

引 言..... I

前 言..... II

1 范围.....1

2 规范性引用文件.....1

3 术语和定义.....2

4 缩略语.....5

5 系统组成.....6

 5.1 TDOA 无线电探测定位分系统..... 6

 5.2 雷达探测分系统..... 7

 5.3 无线电测向探测分系统..... 7

 5.4 光电跟踪分系统..... 7

 5.5 导航诱引分系统..... 7

 5.6 ADS-B 分系统..... 8

 5.7 无线电干扰反制分系统..... 8

 5.8 无线电协议破解及精准打击分系统..... 8

 5.9 便携式无人机探测分系统.....9

6 总体要求.....9

 6.1 安全使用..... 9

 6.1.1 合法使用.....9

 6.1.2 合规操作.....9

 6.1.3 机场免干扰使用.....9

 6.1.4 电磁辐射防护.....9

 6.2 一般要求..... 9

 6.3 系统安全性.....10

 6.4 静电放电抗扰度.....10

 6.5 射频电磁场辐射抗扰度.....10

 6.6 IP 防护等级.....10

 6.7 电磁兼容性.....10

 6.8 电磁辐射防护.....10

6.9 环境适应性.....11

7 试验方法.....11

7.1 试验条件.....11

7.1.1 试验的大气条件..... 11

7.1.2 试验场地要求..... 11

7.2 试验准备.....11

7.3 外观检查.....11

7.4 结构检查.....11

7.5 试验前的准备.....11

7.6 试验方法.....11

7.6.1TDOA 无线电探测定位分系统..... 11

7.6.2 雷达探测分系统..... 11

7.6.3 无线电测向探测分系统..... 11

7.6.4 光电跟踪分系统..... 11

7.6.5 导航诱引分系统..... 12

7.6.6 无线电干扰反制分系统.....12

7.6.7ADS-B 分系统.....12

7.6.8 无线电协议破解及精准打击分系统..... 12

7.6.9 便携式无人机探测分系统.....12

8 检验规则.....12

8.1 检验分类.....12

8.2 出厂检验.....12

8.3 型式检验.....12

8.4 型式检验的抽样和判定的规则.....12

9 标志、包装、运输、贮存.....13

9.1 标志.....13

9.2 包装.....13

9.3 运输.....13

9.4 贮存.....144

附录 A（规范性）系统功能和性能要求.....15

附录 B（规范性）系统性能测试方法.....27

附录 C (规范性) 系统性能测试工况图.....53

参考文献.....56

引 言

随着我国国家空域管理机构“中央空管委”的亮相，这标志着我国进一步加大了针对空域开放和空域管理改革的重视力度。与此同时，随着全世界无人驾驶航空器（以下简称为“无人机”）技术手段、特别是民用无人机的技术手段突飞猛进的发展，无人机市场需求呈现井喷式的发展，在娱乐、航拍、广告等常规应用基础上，城市管理、农林植保、电力巡检、灾害救援、智能物流、地理测绘等专业化领域应用也已逐渐成为新常态。目前针对低空空域内的无人机，特别是飞行高度相对低、飞行速度相对慢、机身尺寸相对小（简称“低慢小”）的民用无人机缺乏有效的飞行安全监管手段，这也部分导致了无人机妨害通航秩序、扰乱社会治安、远程偷窥窃密、实施恐怖袭击等恶性事件频出。针对无人机的飞行活动加强管理、对未经合法申报的“黑飞”无人机开展有效处置十分必要。

本标准中融合了多种无人机探测及反制技术，能够较好地监视低空空域内的无人机，并对违规无人机进行安全、有效处置。本标准中规定的各项要求，是对低空空域无人机的基本管理、标准的制定与应用，为低慢小无人机探测反制产品及服务的整体性能、设计生产和应用发展提供国家技术法规有力依据，引导和推动上下游供应链企业规范化、标准化，推动低空安全行业紧跟时代发展步伐，促进无人机安全管理技术持续创新，有效防范和遏止低慢小无人机“黑飞”行为，助力国家和地区低空空域安全，从而进一步为低空空域产业的蓬勃发展打下坚实的信息设施基础。

前 言

本文件按照 GB/T1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准的结构和编写规定》编写。

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这些专利的责任。

本文件由深圳市无人机行业协会和深圳市安全防范行业协会提出并归口。

本文件起草单位：上海特金无线技术有限公司，深圳市无人机行业协会。

本文件参编单位：公安部特种警用装备质量监督检验中心、中国安全技术防范认证中心、中国人民警察大学警务装备技术学院、铁道警察学院无人机安全管理与警务应用研究中心、理工全盛（北京）科技有限公司、北京瑞航同达科技有限公司、安徽耀峰雷达科技有限公司、中科远拓科技有限公司、深圳市唐诚兴业科技有限公司、深圳耐杰电子科技有限公司、九洲先进技术深圳研究有限公司、深圳市芯鹏电子科技有限公司、深圳市武锋技术有限公司、光谷技术有限公司、西安雷擎电子科技有限公司、河南宏泰控飞信息技术有限公司、深圳智空未来信息技术有限公司、北京博宏科元信息科技有限公司、武汉市安全防范行业协会。

本文件主要起草人：杨金才、王达、姜化京、姜维、朱红伟、肖凝、叶方全、张颖、项征、张平、孙洪喜、蒋俊荣、杨杰，谭尊林、冯胜，汤尔漫、刘卫华、陈胜、廖志朋、王徐华、张宝山、马林波、胡文博、董笑屹，余泽茂、王君利、邓文杰、张霞、刘鹏、吴泽霖、陈虎。

低慢小无人机探测反制系统通用要求

1 范围

本标准规定了低慢小无人机探测反制系统的术语、定义、技术要求和产品的试验方法、检验规则、包装、运输及贮存。

本标准适用于防御低慢小无人机入侵的固定式、便携或非固定式、车载式以及船载式无人机探测拦截系统。

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 6364-2013 航空无线电导航台（站）电磁环境要求；

GB 8702-88 电磁辐射防护规定

GB 8702-2014 电磁环境控制限值

GB 9175-88 环境电磁波卫生标准

GB 12638-90 微波和超短波通信设备辐射安全要求

GB /T 4208—2008 外壳防护等级（IP 代码）

GB/T 4857.5 包装运输包装件跌落试验方法

GB/T 13384-2008 机电产品包装通用技术条件

GB/T15211-2013 安全防范报警设备 环境适应性要求和试验方法

GB/T15412-2017 应用电视摄像机云台通用规范

GB/T 17626 电磁兼容、试验和测量技术系列标准

GB/T 17626.3—2006 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 20000.1-2014 标准化工作指南 第 1 部分：标准化和相关活动的通用术语

GB/T 27000-2006 合格评定词汇和通用原则

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

GA/T 1127-2013 安全防范视频监控摄像机通用技术要求

GA/T 1708-2020 安全防范视频监控红外热成像设备

GBZ 2.2—2007 工作场所有害因素职业接触限值第 2 部分：物理因素（微波辐射）

AC-91-FS-2019-31R1 轻小无人机运行管理规定

MH 5001-2013 民用机场飞行区技术标准

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

国办发[2016]38 号国务院办公厅关于促进通用航空业发展的指导意见

低空飞行服务保障体系建设总体方案

国家空管委“无人驾驶航空器飞行管理暂行条例（征求意见稿）”

3 术语和定义

下列术语、定义和缩略语适用于本文件。

3.1

无人机探测反制系统 UAV detection and countermeasure system

以低慢小无人机等低空飞行器为监控对象，能对其实施探测、识别、定位、跟踪、取证、反制和飞行计划管理、飞行态势呈现的软件平台系统及硬件系统的统称。

以下低慢小无人机探测反制系统简称“系统”。

3.2

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

无机载驾驶员操纵的航空器，包括自主遥控器和遥控驾驶航空器，不包括无人驾驶自由气球。

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地面真高 500m 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

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时间飞行的无人机。

3.5

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。

3.6

探测 detection

在系统作用区域内，系统对无人机的方向、位置、速度、航迹、图像、视频等信息进行探测、显示和实时传送，使用户第一时间获取无人机飞行实时信息的活动。

3.7

识别 identification

在系统作用区域内，系统通过对无人机的身份识别码进行接收、无线电信号特征进行分析、无人机图像进行获取和判读等方式，获取无人机的类型、厂商、型号、mac 地址、身份识别码等信息，进而确定无人机身份的活动。

3.8

定位 geo-location

在系统作用区域内，系统通过对无人机的无线电信号进行测向、时差分析、图像处理、以及雷达信号分析等方式，获取无人机在系统区域内的位置信息的活动。

3.9

跟踪 tracking

在系统作用区域内，系统通过对无人机的连续定位，用来对无人机在系统区域内的飞行过程进行跟踪和飞行轨迹判断的过程。

3.10

反制 countermeasure

在低慢小无人机探测反制系统作用区域内，系统经过授权后对入侵无人机实施引导驱离、迫降、毁伤等方式实现对无人机防控的过程。

3.11

管控区域 control area

系统能够实现探测或跟踪或定位或取证或反制处置等功能的区域。

3.12

预警区域 alarm 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。

3.13

警戒区域 alert 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。

3.14

处置区域 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

3.15

身份识别 identification

对进入管控区域低慢小无人机进行黑飞真伪判定的活动。

3.16

探测距离 detection range

系统可发现低慢小无人机的有效距离。一般指低慢小无人机与系统设备之间的直线距离。

3.17

处置距离 disposal range

系统可对低慢小无人机进行有效反制的距离。一般指低慢小无人机与系统设备之间的直线距离。

3.18

处置时间 time for disposal

在系统处置距离内，系统执行反制业务到产生反制效果的时间。

3.19

盲区 blind zone

在探测设备有效作用范围内探测不到目标的区域。

3.20

固定频段 fixed frequency band

系统中能够利用的特定频率。

3.21

全频段 full frequency band

系统能够利用 100MHz~6GHz 频率的电磁波频段。

3.22

协议破解 protocol cracking

对无人机的通讯协议结构、构造进行分析破解，并解析获取其内容信息的过程。

3.23

精准打击 accurate countermeasure

系统利用协议破解，对特定无人机进行处置而不影响其他无人机正常飞行的活动。

3.24

TDOA 无线电探测定位系统 TDOA radio detection and geo-location system

TDOA 无线电探测定位系统能够运用无线电到达时差定位方法，监测、发现、识别无人机上下行数据链及图传信号，自动发现并识别无人机信号参数，确定无人机型号、工作频段、位置等信息。

3.25

雷达 radar

利用电磁波发现目标并获取目标位置等信息的装置。

注：术语“雷达（radar）”是“无线电探测和测距（Radio Detection and Ranging）”的缩写。[来源：GB/T 3784-2009，2.1.1.1]

3.26

光电探测设备 optic-electronic detection equipment

光电探测设备通过高清可见光摄像机、红外热像仪和激光测距机等光学负载，对探测范围内的飞行目标进行实时视频监控和自动跟踪，获取目标清晰图像和位置信息，加以识别、监视和记录。

3.27

无线电测向探测设备 radio direction-finding detection equipment

无线电测向探测设备能够利用无线电到达角度差测量方法，对无人机目标进行监测、发现和预警。

3.28

导航诱引设备 Navigation decoy equipment

导航诱引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。

3.26

广播式自动相关监视 automatic dependent surveillance-broadcast (简称 ADS-B)

广播式自动相关监视(ADS-B),是指在具有广播位置报告能力的飞机之间互相进行空对空的交通监视以及对空监视的手段。它依赖于对方自发位置报告而获得对它监视的能力,属于相关监视。

3.27

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,需要遵守国家无线电管理的有关规定。

3.28 **便携式(手持式)无人机侦测设备 Portable UAV detector**

便携式(手持式)无人机侦测设备,利用无线电技术实现无人机的探测发现、型号识别、工作频率识别,并可进行声、光和振动报警。

3.29

靶机 target drones

本标准中特指用于无人机反制测试中作为反制目标的无人驾驶飞机

3.30

频谱瀑布图 Spectrum waterfall

将无线电信号的频率、功率信息按时间顺序排列绘制而成的图。

4 **缩略语**

下列缩略语适用于本文件。

RCS: 雷达反射截面积(Radar Cross Section)

GNSS: 全球导航卫星系统(Global Navigation Satellite System)

BDS: 中国北斗全球导航卫星系统(BeiDou Navigation Satellite System)

GALILEO: 欧盟伽利略全球导航卫星系统(Galileo Satellite Navigation System)

GLONASS: 俄罗斯格洛纳斯全球导航卫星系统(俄语 Global Navigation Satellite System 缩写)

GPS: 美国全球导航卫星系统(Global Positioning System)

BDS: (BeiDou Navigation Satellite System)

RMS: 均方根(Root Mean Square)

IP: 工业产品防尘防水的防护等级(Ingress Protection)

TDOA: 到达时间差(Time Difference of Arrival)

UPS: 不间断电源(Uninterruptible Power System)

TCP/IP: 传输控制协议/网际协议(Transmission Control Protocol/Internet Protocol)

HDLC: 高级数据链路控制(High-Level Data Link Control)

MTBF: 平均故障间隔时间(Mean Time Between Failure)

MTTR: 平均修复时间(Mean time to repair)

RS232: 异步传输标准接口(EIA-RS-232)

ADS-B: 广播式自动相关监视系统(automatic dependent surveillance-broadcast)

CRPC: 无线电协议破解 (Cognitive Radio Protocol Cracking)

DOA: 波达方向定位, (Direction Of Arrival)

AOA: 到达角交汇定位 (Angle-of-Arrival)

TOA: 到达时间定位 (Time Of Arrival)

DDS: 直接数字频率干扰 (Direct Digital Synthesizer)

SDR: 软件无线电 (Software Definition Radio)

5 系统组成

低慢小无人机探测反制系统由 TDOA 无线电探测定位分系统、雷达探测分系统、无线电测向探测分系统、光电跟踪分系统、导航诱引分系统、无线电干扰反制分系统、ADS-B 分系统、无线电协议破解及精准打击分系统以及便携式 (手持式) 无人机侦测设备单独或由二者及以上设备组合构成。一般地, 系统由 TDOA 无线电探测定位分系统以及雷达探测分系统、无线电测向探测分系统和以及便携式 (手持式) 无人机侦测设备对低慢小无人机目标完成探测、识别、定位、跟踪, 可引导光电跟踪分系统执行录像取证, 引导导航诱引分系统或无线电干扰反制分系统对目标进行处置。

《工业和信息化部关于无人驾驶航空器系统频率使用事宜的通知》虽然规划了 840.5-845MHz、1430-1444MHz 和 2408-2440MHz 频段用于无人驾驶航空器系统, 但无人驾驶航空器实际使用的频段已经超出上述频段, 而低慢小无人机探测反制系统需要在技术上覆盖无人驾驶航空器使用的所有无线信道频段, 故低慢小无人机探测反制系统使用频率除了覆盖上述《通知》规定的频段, 还要涵盖其它可能用于无人驾驶航空器的频段。

5.1 TDOA 无线电探测定位分系统

TDOA 系统支持城市级大规模部署, 系统平台可容纳站点数量 ≥ 100 。

TDOA 分系统应具备如下功能:

- 1) 频谱侦测与识别功能: 系统支持 7×24 小时全方位实时监测防控区域内的无线电信号频谱, 并基于特征提取和深度学习等技术精准识别无人机;
- 2) 黑白名单功能: 设备可精确区分常见消费级无人机的合作与非合作无人机, 并进行区分标记; 支持多架次白名单区分显示; 当探测到黑名单无人机时会进行告警提示, 若为白名单无人机则不进行告警;
- 3) 告警功能: 系统在探测到无人机后能进行声光、图标以及信息等形式的告警; 也可通过短信通知推送无人机入侵信息;
- 4) 多架次跟踪定位功能: 系统具备多目标轨迹跟踪功能, 同时探测定位到多台无人机时应能区分显示各无人机对应的飞行轨迹;
- 5) 察打一体功能: 探测设备发现无人机后可联动反制设备自动发射干扰压制信号, 实现目标无人机的驱离或迫降;
- 6) 平滑扩容功能: 系统支持 N 台以上 ($N \geq 3$) 的探测装备进行 TDOA 组网定位; 用户可自主选择感知节点参与定位计算, 不同感知节点间的数据信息可实时共享;
- 7) 无人值守功能: 系统支持全自动化工作流程, 全天候实时监测周边的电磁环境; 在发现可疑目标时系

统会通知值守人员迅速采取措施，并可基于智能策略自动实现非合作无人机的高效管控。

- 8) 入侵统计与分析功能：系统支持按时/日/周/月导出入侵无人机数据，可通过表格、柱状图、饼图、折线图直观形式统计入侵目标的链路特征和飞行时间；也可通过热力图等形式展现无人机的入侵偏好区域；
- 9) 轨迹回放功能：可按时/日/周/月导出黑飞无人机的历史入侵记录和飞行轨迹；可同时对多架次黑飞无人机进行轨迹回放，并支持用不同的颜色加以区分标记；
- 10) 多级防御分区管理功能：系统支持由用户自主绘制预警区和反制区。系统在预警区内探测定位到无人机会进行告警提示；若黑飞无人机进入反制区，系统会联动反制设备自动跟踪打击目标，实现目标的驱离或迫降。

5.2 雷达探测分系统

雷达探测分系统通过发射电波和检测回波的方式探测低慢小无人机，当低慢小无人机进入管控区域后雷达会通过系统软件实现声光告警并对目标进行跟踪，其性能要求应满足附录 A 表 A2 雷达探测分系统性能要求。

雷达探测分系统布防原则和盲区方案应满足以下要求：

5.2.1 布防原则：

- 1) 分析管控区重点威胁角度和威胁高度，做到雷达网探测全方位、无死角覆盖；。
- 2) 在满足管控区覆盖的时候应尽可能扩大重点保护区的探测范围；
- 3) 管控区内有 2 台及以上雷达组网时，网内雷达应避免距离太靠近，避免造成同频干扰；
- 4) 一定范围内不宜部署过多雷达，避免造成资源浪费。

5.2.2 盲区方案：

- 1) 利用无线电探测系统无死角、盲区特性，与无线电探测系统组网联动，实现盲区内对目标的侦测；
- 2) 利用光电跟踪系统的自动跟踪功能，与光电系统联动，实现盲区内对目标的侦测；
- 3) 与导航诱引系统和无线电干扰反制系统联动，实现对盲区内目标的处置功能。

5.3 无线电测向探测分系统

无线电测向探测分系统属于被动探测方式，系统本身不发射任何无线电波。该系统可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、测向和交汇定位，也可通过侦测低慢小无人机的特殊无线电频率特征码来判别是否有低慢小无人机入侵防区。该分系统有定频、全频段、定位型，当无低慢小无人机通讯频段不在系统定频频段内时，系统无法对其进行有效探测，此时需使用全频段。其性能要求应满足附录 A 表 A3 无线电测向探测分系统性能要求。

5.4 光电探测跟踪分系统

利用可见光摄像机和红外热像仪的组合等自动跟踪锁定的低慢小无人机目标，通过图像获取和处理对目标形态特征或运动特征分析实现目标探测，实现自动识别和锁定跟踪，并进行视频复核和引导反制设备。为指挥决策者提供目标直观的实时图像信息。在指挥控制系统提供的距离、方位、高度信息的引导下，发

现跟踪、自动识别无人机。光电设备也可对近距离低空飞行物目标进行自主搜索探测，实施辅助低空监视。其性能要求应满足附录 A 表 A4 光电跟踪分系统性能要求。

5.5 导航诱引分系统

导航诱骗系统高精度模拟真实卫星导航信号，控制低慢小无人机导航系统定位输出，向无人机发送虚假的地理位置坐标，使其无法利用导航系统确定自身位置而偏离预定航线，诱导飞行控制系统产生错误的飞行控制指令，进而控制无人机控制飞行航迹，使其坠落或将无人机目标控制至用户设定的空间位置进行打击。由引导全向天线分系统、综合处理与中频分系统、射频分系统和软件分系统等组成，其性能要求应满足附录 A 表 A5 导航诱引分系统性能要求。

5.6 无线电干扰反制分系统

无线电干扰反制分系统采用射频技术，对低慢小无人机的飞控信道、GNSS 信号和图传信号进行干扰，从而迫使无人机返航或降落以及失去图传功能。其性能要求应满足附录 A 表 A6 无线电干扰反制分系统性能要求。（在民用领域, GPS 干扰应该慎重使用）

5.7 ADS-B 分系统

广播式自动相关监视（ADS-B）技术是将卫星导航、通信技术、机载设备以及地面设备等先进技术相结合，可以自动地从相关机载设备获取参数向其他无人机或地面站广播无人机的位置、高度、速度、航向、识别号等信息，与现有的雷达相比，其特点是：目标监视精度高、更新速率快、建设成本低，可以实现空-空监视、地-空监视和地-地监视。

ADS-B 分系统主要包括 ADS-B 地面站数据处理主机、全向接收天线、GNSS 授时天线、馈线、终端显示软件等。其工作流程通过接收无人机广播发射的 1090MHz 信号，通过信号解调获取 DF 格式报文，并转发至终端软件对应的端口，终端通过接收、过滤、解析获得对应的无人机的位置、高度、速度、航向、识别号等信息，最终在终端显示软件上实时动态显示无人机目标位置、状态信息，为管制/指挥人员提供直观的可视化界面。

其功能和性能要求应满足附录 A 表 A7 ADS-B 分系统功能和性能要求。

5.8 无线电协议破解及精准打击分系统

协议破解技术通过解析无人机通信协议的方式获取无人机的信息从而发现目标，通过解析遥控链路物理层的信号时间频率特征，对目标进行精准打击。

无线电协议破解技术

无人机无线电破解侦测设备将先进的无线电逆向工程和安全分析应用于无人机检测和防御。技术通过对无人机和遥控器之间的通信进行破解，识别并防御无人机。利用软件无线电技术进行破解，破解内容包括频率、滤波、数模变换、调制方式和信道编码等。除了在物理层使用软件无线电进行破解，还需在介质访问控制、逻辑链路控制、网络层和应用层进行协议破解；对部分压缩数据进行解压缩；对部分加密的数据进行解密。软件无线电协议破解可实现全自动实时监测、区分敌我无人机，零干扰，对周边环境如 WiFi、蓝牙、飞机塔台无影响。

无人机精准打击技术

多数无人机和控制器通信工作于无需许可证和费用的 2.4GHz 或者 5.8GHz 的 ISM（工业，科学和医学）无线电频段，为抵御同频段如 WIFI 或同协议设备的干扰，大多采用跳频技术，即通信频率随时间按一定规律改变，该时间频率关系也称为跳频图案。

首先通过协议破解技术获取到无人机目标的跳频图案，系统根据确定的跳频图案设计干扰频点，对目标进行窄带跟踪干扰阻断，从而实现精准打击的效果。精准打击具有功耗低，准确性高，环境干扰小等优点。

其性能要求应满足附录 A 表 A8 精准打击分系统性能要求。

5.9 便携式无人机探测分系统

便携式无人机探测分系统基于频谱感知和人工智能技术，对无人机和无线电链路进行识别分类，适用于党政机关、警卫现场、石油石化、电力、高铁、机场等重点场所以及边关海防等军事设施场所的巡防监测，以及警用单（兵）警装备配套。其性能要求应满足附录 A 表 A9 便携式无人机探测分系统性能要求。

6 总体要求

6.1 安全使用

6.1.1 合法使用

低慢小无人机探测反制系统使用单位应遵守相关法律法规。系统使用单位应建立使用审批工作程序，系统操作规程。

6.1.2 合规操作

系统使用人员应当进行岗前培训，应持证上岗，并履行审批程序，严格遵守低慢小无人机探测反制系统操作规程，并做好相关记录。使用过程中应遵守国家相关规定。

6.1.3 机场免干扰使用

在城市区域（如机场）使用系统时，使用单位必须建立审批程序、操作规程。系统的安装和使用不应対人员、设施和航空器运行产生有害干扰，当系统使用対人员、设施和航空器运行会产生有害干扰时，必须获得有关部门批准。在民用机场飞行区域安装时，应满足 MH5001-2013 对升降带内物体高度的限制，不得穿透机场障碍物限制面。在机场区域安装时，应满足 GB 6364-2013 航空无线电导航台站电磁环境对障碍物的限制要求。

6.2 一般要求

6.2.1 外观

反制设备表面不应有明细划痕、划伤、变形和污损；表面色泽均匀，油漆、镀层不应有气泡、脱落和磨损，金属部件不应有锈蚀，外观文字标识应清晰完整。

6.2.2 外壳防护能力

防护能力等级应符合 GA/T 1461-2018《警用电子装备通用技术要求》中 $\geq$ IP66 的规定。

6.2.3 恢复出厂设置和重启

系统应有恢复出厂设置和重启功能，设备掉电或重新启动后，应能保存掉电前或重启前的配置信息，保证掉电前存储的数据不丢失。

6.3 系统安全性

6.3.1 供电电压：反制系统使用市电供电时，在额定 AC 220V (−15%~10%) 范围内应正常工作；使用车辆直流电源供电时，在 DC12V (±1V) 范围内应能正常工作。

6.3.2 绝缘电阻：≥ 2MΩ，相对湿度≤95%RH（无凝结），室温。

6.3.3 泄漏电流：≤0.75mA (AC 220V)，应符合 GB16796-2009 标准。

6.3.4 抗电强度：AC1500V 45Hz~65Hz，1min 无击穿和飞弧现象，符合 GB 16796-2009 标准。

6.3.5 系统软件：系统软件应满足系列化、标准化及兼容性要求，系统新版本应兼容旧版本软件，具备在线升级功能。

6.4 静电放电抗扰度：GB/T17626.2 中严酷等级 3 级静电放电抗扰度试验

6.5 射频电磁场辐射抗扰度：GB/T17626.3 中严酷等级 3 级

6.6 IP 防护等级：应符合 GB/T 4208-2017 中 IP66 外壳防护等级

6.7 电磁兼容性

系统应具有抗干扰能力，应符合 GB/T 30148-2013 等国家相关法律法规要求。各分系统之间应能相互兼容互不影响。

6.8 电磁辐射防护

系统对环境的电磁辐射强度，应符合 GB8702-2014 电磁环境控制限值规定。

6.6 环境适应性

系统设备应满足以下环境适应性要求。

- 1) 设备运行能在工作温度 −20℃~50℃，相对湿度 10%~95%条件下正常工作。应符合 GB/T 2423 规定；
- 2) 室外设备应能在六级风下正常工作；
- 3) 室外设备应具备一般雨、雪、雾霾气象条件下的工作能力；
- 4) 室外设备应具备防雷击、浪涌功能；
- 5) 在海岸地区或海上使用的室外设备应具备防盐雾能力，应符合 GB/T6461-2002 规定。

7 试验方法

7.1 试验条件

7.1.1 试验的大气条件

系统的室外设备试验的大气条件应符合本标准中环境要求规定：

- 1) 温度：−20℃~50℃；
- 2) 相对湿度：10%~95%。
- 3) 无明显雨、雪、雾霾，通视良好的天气状况，

7.1.2 试验场地要求

- 1) 场地应平坦、开阔、地势较高；
- 2) 场地周边应无突出的地形地物遮蔽，通视良好；
- 3) 场地附近不应有大功率的无线电发射装置和其他电磁干扰源；
- 4) 供电电源：AC220V，DC12V。

7.2 试验准备

检查室内及室外设备外接单相市电，人员到位，设备完整且能正常工作。

7.3 外观检查

7.3.1 检查方式：采用目测、手感等方法，检查设备的外观，各种标记、标牌，制造工艺等；

7.3.2 检查结果：应符合本标准中：标志、包装、运输、贮存的相关规定；

7.3.3 检查内容：

- 1) 被检测设备外形美观，无毛刺，霉斑，无明显的机械性损伤和油漆脱落现象；
- 2) 壳体上的标志、标牌、警示牌安装符合图纸要求，字符清晰鲜明，无残缺。

7.4 结构检查

7.4.1 检查方式：采用目测、手感等方法，检查设备的结构；

7.4.2 检查结果：设备结构应牢固、可靠，各紧固件应连接牢固无松动或缺装现象，接插件应能可靠连接，开关、按键操作应灵活可靠；

7.4.3 检查内容：

- 1) 被检测设备结构完整、牢固，结构件无松动现象；
- 2) 紧固件无松动或缺装现象，接插件能可靠连接，开关、按键操作灵活，无卡顿现象。

7.5 试验前的准备

试验前，系统应在标准的大气条件下，对外观和结构检查。在进行每一项性能测试前，应进行调试使系统的性能达到稳定。

7.6 试验方法

7.6.1 TDOA 无线电探测定位分系统

TDOA 分系统的性能测试方法见：附录 B 表 B1 TDOA 分系统性能测试方法。

7.6.2 雷达探测分系统

雷达探测分系统的性能测试方法见：附录 B 表 B2 雷达探测分系统性能测试方法。

7.6.3 无线电测向探测分系统

无线电探测分系统的性能测试方法见：附录 B 表 B3 无线电探测分系统性能测试方法。

7.6.4 光电跟踪分系统

光电跟踪分系统的性能测试方法见：附录 B 表 B4 光电跟踪分系统性能测试方法。

7.6.5 导航诱引分系统

导航诱引分系统的性能测试方法见：附录 B 表 B5 导航诱引分系统性能测试方法。

7.6.6 无线电干扰反制分系统

无线电干扰反制分系统的性能测试方法见：附录 B 表 B6 无线电干扰反制分系统性能测试方法。

7.6.7 ADS-B 分系统

ADS-B 分系统的性能测试方法见：附录 B 表 B7 ADS-B 分系统性能测试方法。

7.6.8 无线电协议破解及精准打击分系统

精准打击分系统的性能测试方法见：附录 B 表 B8 精准打击分系统性能测试方法。

7.6.9 便携式无人机探测分系统

便携式无人机探测分系统的性能测试方法见：附录 B 表 B9 便携式无人机探测分系统性能测试方法。

8 检验规则

8.1 检验分类

产品检验分出厂检验和型式检验。

8.2 出厂检验

正常生产时，产品仅进行出厂检验，检测由制造厂质检部门执行，检验合格后，经由质检部门签发合格证方可出厂，合格证应符合 GB/T 14436 的规定。

8.3 型式检验

型式检验由具备检测资格的第三方检测单位完成。凡出现下列情况之一时，应做型式检验：

- 1) 定型样机鉴定时；
- 2) 新产品或老产品转厂生产的试制定型鉴定；
- 3) 产品正式生产，在设计、结构、工艺、材料等方面有重大变更，并足以影响其性能时；
- 4) 产品停产后，再恢复生产时；
- 5) 正常生产时，每 2 年进行一次；
- 6) 出厂检验结果与上次型式检验有较大差异时；
- 7) 国家质量监督机构或合同规定要求进行型式检验时。

8.4 型式检验的抽样和判定的规则

型式检验样机应从出厂检验合格的产品中随机抽取两台，试验中如有某一台的某一项目检验不合格，可在同一批次产品中再抽取二台样机，对不合格项目及与项目相关的项目进行复试。若仍不合格，作如下处理：

- 1) 凡不改动任何零部件，而可简单调整的项目，允许对不合格项目进行一次调整后，再复试。调整复试后仍不合格，则判定该批次产品型式检验不合格；
- 2) 对无法调整的项目，则判定该批次产品型式检验不合格。

9 标志、包装、运输、贮存

9.1 标志

系统设备须设置铭牌，铭牌须包括下列主要内容：

- 1) 制造商名称；
- 2) 产品规格型号及名称；
- 3) 出厂年月和出厂编号；
- 4) 合格证编号；
- 5) 以及必要的安全警示标志。

9.2 包装

9.2.1 系统的设备应有外包装，外包装应结实、紧凑，强度应满足存储、装箱和运输要求，应能承受汽车、火车、飞机、船等交通工具的运输而不导致产品损坏。包装应符合 GB/T 13384—2008 的规定。

9.2.2 系统设备装箱随机文件包括：

- 1) 产品检验合格证；
- 2) 产品说明书；
- 3) 产品装箱单清单；
- 4) 使用维护说明书；
- 5) 检测报告（供需双方协定）。

9.2.3 系统设备只有在质检人员依据装箱单核准签字后才能封装包装箱。

9.2.4 系统设备的包装箱外壁应标有下列文字和标志：

- 1) 制造厂名及地址；
- 2) 收货单位及地址；
- 3) 产品型号、名称；
- 4) 出厂编号（或日期）；
- 5) 净重（毛重）；
- 6) 外形尺寸（长×宽×高）；
- 7) 防潮、防震、防颠倒和“小心轻放”。

9.2.5 检验合格证上应有下列文字和标志：

- 1) 制造厂信息；
- 2) 产品型号、名称；
- 3) 产品等级；
- 4) 出厂编号（或日期）；
- 5) 检验员印章。

9.3 运输

在运输时应严密遮盖，避免冲击、剧烈振动、淋雨受潮、暴晒，避免与腐蚀性物品混装运送。

9.4 贮存

经包装的产品应储存在环境温度为 $-25^{\circ}\text{C}\sim 55^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度 $\leq 95\%$ ，无腐蚀性气体，通风干燥、避光的库房内，不应与腐蚀性物品一起贮存。

附录 A

系统功能和性能要求

(规范性)

TDOA 无线电探测定位分系统性能要求，见表 A1

表 A1 TDOA 无线电探测定位分系统性能要求

	性能要求
	该分系统具备频谱监测、跳频信号跟踪、声光报警、信息推送、日志记录、GIS 地图等功能。 TDOA 分系统应具备如下功能： 1) 频谱侦测与识别功能：系统应支持全方位全实时监测管控区域内的无线电信号频谱，并基于特征提取和深度学习等技术精准识别无人机； 2) 黑白名单功能：应精确区分常见消费级无人机的合作与非合作无人机，并进行区分标记；支持多架次白名单区分显示；当探测到黑名单无人机时会进行报警提示，若为白名单无人机则不进行告警； 3) 报警功能：系统在探测到无人机后应能进行声光、图标以及信息等形式的报警；也可通过短信通知、APP 推送无人机入侵信息； 4) 多架次跟踪定位功能：系统应具备多目标轨迹跟踪功能，同时探测定位到多台无人机时应能区分显示各无人机对应的飞行轨迹； 5) 察打一体功能：探测设备发现无人机后可联动反制设备自动发射干扰压制信号，实现对目标无人机的驱离或迫降； 6) 平滑扩容功能：系统应支持 N 台以上 ($N \geq 3$) 的探测装备进行 TDOA 组网定位；用户可自主选择感知节点参与定位计算，不同感知节点间的数据信息可实时共享； 7) 无人值守功能：系统应支持全自动化工作流程，全天候实时监测管控区域周边的电磁环境；在发现可疑目标时系统会通知值守人员迅速采取措施，并可基于智能策略自动实现非合作无人机的高效管控； 8) 入侵统计与分析功能：系统应支持按时/日/周/月导出入侵无人机数据，可通过表格、柱状图、饼图、折线图直观形式统计入侵目标的链路特征和飞行时间；也可通过热力图等形式展现无人机的入侵偏好区域； 9) 轨迹回放功能：系统可按时/日/周/月导出黑飞无人机的历史入侵记录和飞行轨迹；可同时对多架次黑飞无人机进行轨迹回放，并支持用不同的颜色加以区分标记； 10) 多级防御分区管理功能：系统应支持由用户自主绘制管控区域和反制区域。系统在管控区域内探测定位到黑飞无人机时会进行报警提示；若黑飞无人机进入反制区，系统会联动反制设备自动跟踪打击目标，实现对目标的驱离或迫降。 11) 从靶机和靶机遥控器开机通电至飞行状态初始位置，至受试设备的终端显示出靶机品牌、型号、飞控/图传频率、方位角数据和报警位置，此时靶机距受试设备的距离为有效侦

TDOA 无线电探测定位分系统

测距离。

其主要性能参数如下所示：

- 1) 探测频率范围：100MHz~6GHz；
- 2) 探测距离： $\geq 5\text{km}$ （空旷无干扰区域）；
- 3) 同时发现无人机数量： ≥ 10 台（可识别出不少于 5 个制造商产品）；
- 4) 定位精度： $\leq 30\text{m}$ ；
- 5) 多架次目标的轨迹分辨率： $\leq 30\text{m}$ ；
- 6) 作用对象：无人机图传、飞控链路；
- 7) 覆盖角度：方位 $0^\circ \sim 360^\circ$ ，俯仰角 $0^\circ \sim 90^\circ$ ；
- 8) 探测识别种类：包含但不限于 DJI、FPV、WIFI、模拟图传、数传无人机型号；
- 9) 识别无人机的厂家数量： ≥ 10 ；
- 10) 机型数量： ≥ 40 ；
- 11) 轨迹跟踪刷新时间： $\leq 0.5\text{s}$ ；
- 12) 定位跟踪无人机速度： $0\text{m/s} \sim 27\text{m/s}$ ；
- 13) 定位无人机高度： $10\text{m} \sim 500\text{m}$ ；
- 14) 同时定位无人机数量： ≥ 5 ；
- 15) 工作温度： $-20^\circ\text{C} \sim 55^\circ\text{C}$ ；
- 16) 探测站点功耗： $\leq 50\text{W}$ ；
- 17) 系统供电：AC 220V，DC 12V；
- 18) 系统接口：100/1000M 以太网；支持用 4G 网络进行组网通信。

雷达探测分系统性能要求，见表 A2。

表 A2 雷达探测分系统性能要求

雷 达 探 测 分 系 统	性能要求
	雷达分系统主要性能要求：
	基本性能要求
	需三坐标，精度能满足引导光电设备以识别目标类型，相控体制，可多台组网；
	1) 工作方式：全天时、全自动、无人值守连续开机方式；
	2) 工作频段：符合国家无线电管理规定；
	3) 数据更新率：≤3s/次；
	4) 目标处理容量：不小于 500 批；
	1) 最大探测距离：
	对于径向雷达接近飞行的靶机目标（RCS=0.01m ² ），飞行高度不低于 100 米，探测概率不小于 90%时，雷达对该目标的最大探测距离≥于 5km；
	2) 最小探测距离：≤200m；
	3) 最小探测速度：≤1m/s；
	4) 仰角覆盖：不小于 30° ；
	5) 方位覆盖：360° ；
	测量精度（均方根误差），
	1) 距离：≤10m；
	2) 方位：≤0.5° ；
	3) 仰角：≤0.5° 。
	距离、方位、俯仰分辨率，
	1) 距离：≤20m，
	2) 方位：≤2.5° ，
	3) 仰角：≤8° 。

无线电测向探测分系统性能要求，见表 A3。

表 A3 无线电测向探测分系统性能要求

无线电探测分系统	性能要求
	主要技术指标： 1) 侦测频率范围：能对 400MHz、800MHz、900MHz、1.2GHz、1.4GHz、2.4GHz、5.8GHz 等 7 个无人机常用频段侦测，或具备 300MHz~6GHz 任意频点侦测的能力(含天线接收能力)； 2) 识别无人机参数：工作频点、距离和方位。 3) 侦测距离：城区环境≥1.0km（电磁净空环境，2.4GHz，图传发射功率 100mW 无人机），郊区环境≥3km（实际应用环境，2.4GHz，图传发射功率 100mW 无人机）； 4) 方位精度：≤5°（电磁净空环境）； 5) 首次截获无人机信号时间：无线电测向≤3s； 6) 同时识别无人机数量：≥10 架； 7) 探测虚警率：≤5%（电磁净空环境）； 8) 探测概率：≥95%（电磁净空环境）； 支持靶机库自动升级（离线升级或者在线联网升级）； 支持探测各种典型消费级无人机，工业级无人机和自制无人机。 支持对改装及加密未知无人机进行识别。

光电跟踪探测分系统性能要求，见表 A4。

表 A4 光电跟踪探测分系统性能要求

光电跟踪探测分系统	性能要求
	光电探测跟踪基本要求 1) 应实时记录飞行器飞行的视频图像，并进行拍照取证； 2) 应具有自动对焦、手动调焦和防抖动功能（可选配）； 3) 应具有动态目标检测和自动跟踪功能； 4) 应具有具备对雾霾、水汽和灰尘等影响图像物质的过滤功能。 跟踪范围性能要求（根据选用镜头的不同） 1) 可见光摄像机搜索跟踪距离范围：50m~5km； 2) 非制冷红外热成仪搜索跟踪距离范围：100m~1.5km； 3) 制冷型红外热成像跟踪范围可覆盖：100m~5Km。 云台性能要求 1) 水平旋转范围：0° ~360° 无限位连续旋转； 2) 水平旋转速度：0° ~60° /s； 3) 俯仰旋转范围：-5° ~70° ； 4) 俯仰旋转速度：0° ~45° /s； 5) 云台重复定位精度：≤ 0.02° 。 可见光摄像就性能要求 1) 摄像机有效像素：≥25fps (1920×1080p)； 2) 最低照度：彩色≤0.005Lux @(F1.4, AGC ON) , 黑白≤0.001 Lux @(F1.4, AGC ON)； 3) 编解码格式：H.264, H.265 或其他编码格式，主码流不低于 4M, 子码流不低于 2M。 红外热像仪性能要求 4) 有效像素应：≥ 640×512； 5) 非制冷型红外热像仪的噪声等效温差（NETD：）≤40mK； 6) 制冷型红外热像仪的噪声等效温差（NETD）：≤25mK； 7) 红外热像仪的最小可分辨温差（MRTD）在其特征频率下：≤0.5K。 识别、跟踪、锁定性能要求 1) 跟踪图像延时：≤250ms； 2) 最小跟踪目标图像：12×12 像素。

导航诱引分系统性能要求，见表 A5。

表 A5 导航诱引分系统性能要求

导航诱引分系统	性能要求
	导航诱引分系统主要功能是：通过再生不少于两个频率的卫星导航欺骗信号，对采用卫星导航定位的无人机接收的卫星导航坐标信息进行欺骗式干扰。可实现禁飞区投射、定向驱离（8 方向）、区域拒止等功能，配合雷达、光电等设备可将无人机牵引到打击圈。 导航诱引分系统功能要求： 1) 系统能够实现对民用导航系统的无人机生成诱骗信号，控制无人机至指定位置并迫使其降落； 2) 系统能在接入目标真实坐标的信息后实现对无人机控制，按照指定方向驱离控制无人机使其远离核心区域或将无人机“牵引”至打击圈； 3) 系统干扰阻断无人机卫星导航链路，失去自身位置指示； 4) 形成区域欺骗控制能力，无人机无法在指定区域正常飞行。 导航诱引分系统性能要求： 1) 供电：AC220V 或车载 DC12V； 2) 工作频段：GPS（L1）、BDS（B1）、GLONASS（R1）； 3) 全向天线方位覆盖：0° ～360° ；俯仰覆盖：-15° ～90° 。 4) 定向天线方位覆盖：水平 50° ；俯仰 50° 。 5) 发射功率：≤10mW； 6) 重量：≤10kg； 7) 驱离距离：≥500m； 8) 工作温度：-40℃～70℃； 9) 防护等级：IP66； 10) 启动时间：≤4min 11) 防雷特性：具有国家认证许可的相关测试机构出具的整机防雷测试认证证书，且整机外壳防雷等级：冲击电流≥50kA；馈线及天线防雷等级：10kV/5kA 12) 静电放电抗扰度：GB/T17626.2 中严酷等级 3 级静电放电抗扰度试验 13) 射频电磁场辐射抗扰度：GB/T17626.3 中严酷等级 3 级 14) 探测拦截：无人机探测拦截系统应能在人工干预/无人值守情况下探测、识别、告警、拦截处置入侵的低慢小无人机(单目标或多目标)；

无线电干扰反制分系统性能要求，见表 A6。

表 A6 无线电干扰反制分系统性能要求

反 扰	性能要求
-----	------

	1、枪式无人机反制 1) 技术路线：模拟无线电干扰； 2) 打击频段：0.43GHz、0.8GHz、0.9GHz、1.2GHz、1.4GHz、1.6GHz、2.4GHz、5.8GHz 可选； 3) 打击距离：$\geq 1\text{km}$； 4) 干通比：$\geq 10:1$； 5) 后向电磁辐射安全值： 低频辐射电场强度 ($< 25\text{V/m}$)； 高频辐射等效平面波动功率密度 ($< 40\mu\text{W}/\text{cm}^2$)； 6) 电池续航：$\geq 2\text{h}$。 2、便携式无人机反制设备 1) 技术路线：数字技术 DDS 或 SDR 2) 打击频段：0.43GHz、0.8GHz、0.9GHz、1.2GHz、1.4GHz、1.6GHz、2.4GHz、5.8GHz 可选 3) 打击距离：$\geq 1.2\text{km}$ 全向天线半径 4) 干通比：$\geq 12:1$ 5) 低频辐射电场强度：($< 25\text{V/m}$ 6 米)； 6) 高频辐射等效平面波动功率密度：($< 40\mu\text{W}/\text{cm}^2$ 6 米)； 7) 射频输出功率：$\leq 47\text{dBm} \pm 1\text{dB}$ 0.43GHz, $\leq 47\text{dBm} \pm 1\text{dB}$ 0.8GHz, $\leq 47\text{dBm} \pm 1\text{dB}$ 0.9GHz, $\leq 47\text{dBm} \pm 1\text{dB}$ 1.2GHz, $\leq 47\text{dBm} \pm 1\text{dB}$ 1.4GHz, $\leq 47\text{dBm} \pm 1\text{dB}$ 1.6GHz, $\leq 47\text{dBm} \pm 1\text{dB}$ 2.4GHz, $\leq 47\text{dBm} \pm 1\text{dB}$ 5.8GHz 8) 显示功能：设备宜具有 LCD 显示功能，工作状态，发射功率、发射频段、工作电压、工作电流、温度等 9) 软件控制功能：支持 PC 软件设置干扰频段和功率等级 3、固定站式无人机反制设备 1) 技术路线：数字技术 DDS 或 SDR 2) 打击频段：0.43GHz、0.8GHz、0.9GHz、1.2GHz、1.4GHz、1.6GHz、2.4GHz、5.8GHz 可选 3) 打击距离：$\geq 1.5\text{km}$ 全向天线半径 4) 干通比：$\geq 15:1$ 5) 低频辐射电场强度：($< 25\text{V/m}$ @ ≤ 10 米)； 6) 高频辐射等效平面波动功率密度：($< 40\mu\text{W}/\text{cm}^2$ @ ≤ 10 米)； 7) 射频输出功率：$\leq 50\text{dBm} \pm 1\text{dB}$ 0.4GHz, $\leq 50\text{dBm} \pm 1\text{dB}$ 0.8GHz, $\leq 50\text{dBm} \pm 1\text{dB}$ 0.9GHz, $\leq 50\text{dBm} \pm 1\text{dB}$ 1.2GHz, $\leq 50\text{dBm} \pm 1\text{dB}$ 1.4GHz, $\leq 50\text{dBm} \pm 1\text{dB}$ 1.6GHz, $\leq 50\text{dBm} \pm 1\text{dB}$ 2.4GHz, $\leq 50\text{dBm} \pm 1\text{dB}$ 5.8GHz
--	---

ADS-B 分系统性能要求，见表 A7。

表 A7 ADS-B 分系统功能和性能要求

ADS-B 地面站分系统	功能和性能要求	
	ADS-B 分系统性能要求：	
	1) 信息格式：接收的 ADS-B 信息格式内容应包括前导脉冲和数据块；	
	2) 数据格式解析要求：数据块格式应符合 RTCA DO-260、RTCA DO-260A、RTCA DO-260B 的要求，设备至少应能解析 DF17、DF18 等格式；	
	3) 无人值守：24h 无人值守防御能力，系统支持 24h 开启，支持无人值守，具备在供电中断恢复后自启动能力，在无人干预的情况下应在 90s 内恢复正常工作；	
	4) 通道数：2 个接收通道（接收灵敏度≤-90dBm）；	
	5) 动态范围指标：优于 75dB（工作频率，1090MHz±1MHz）；	
	6) 目标处理能力：300 批目标（均匀分布），目标处理延迟≤50ms；	
	7) 报文输出格式：支持 CAT021、DF17/18 等，输出协议 TCP/IP，数据接口支持 RJ45，支持不小于 100Mbps 的传输速率；	
	8) 探测概率：在 4000/s 应答串扰情况下，正确探测概率应不小于 90%；	
	9) 窄脉冲抑制：应具有窄脉冲抑制能力，能抑制宽度小于 0.3 μs 的同频脉冲信号；	
	10) 抗干扰能力：应具有抗多径干扰和同频干扰的能力，以及分辨二重交织码的能力；	
	11) 时基校正：采用 GNSS 时钟源授时；	
	环境适应性要求：	
	1) 工作温度：-40℃～55℃；	
	2) 相对湿度：≤90%RH（35℃）；	
	3) 最高工作高度：不低于海拔 4000m；	
	4) 抗风强度：8 级及以下风速均能保证正常工作；	
	5) 气象条件：降雨小于 60mm/h，冰雹直径小于 25mm，风速低于 18m/s；	
	6) 防腐性能：能在海岸区域工作。	
	7) 可靠性要求：设备平均无故障时间(MTBF)应大于 10000h（设备 24h 连续工作）；	
	8) 供电电源：PoE 供电，功率≤10W；	
	9) 安全性要求：应具有抗雷击能力；	
	10) 防护等级：IP67。	
	ADS-B 分系统软件功能：	
	1) 数据处理：能够对 CAT021、DF17/18 等格式数据进行接收、过滤、解析；	
	2) 数据记录与回放功能：	
	a) 能够按照日期和时间连续记录和保存不少于 90d 的数据；	
	b) 记录的数据至少包括 ①原始监视数据，②处理后的航迹数据；	
	c) 具备回放功能：数据回放时，不影响系统的正常运行。	
	3) 态势显示：能够在三维地理信息系统上实时动态显示无人机目标位置、状态信息。	

无线电协议破解及精准打击分系统，见表 A8

表 A8 无线电协议破解精准打击分系统性能要求

无线电探测分系统	性能要求
	主要技术指标: 精准打击部分: 1) 基础打击频段: 2.4GHz、5.8GHz, 可扩展到其他频段; 2) 发射功率: $\leq 10\text{W}$; 3) 打击距离: $\geq 2\text{km}$ (平地无遮挡空旷区域); 4) 防御干通比: $\geq 10: 1$; 5) 延展性 1: 可定制扩展其他频段; 6) 延展性 2: 可定制同时多目标精准打击; 协议破解侦测部分 1) 频谱带宽: 70MHz-6GHz 2) 频段支持: 2.4GHz/5.8GHz, 可扩展频段 433MHz、800MHz、900MHz 等其他频段; 3) 侦察模式: 全景扫描, 信道扫描 4) 侦察距离: 最大探测目标距离应不小于 11km (在无明显遮挡、无明显电磁干扰的条件下); 5) 识别时间: 3~15s 6) 测向精度: $\leq 3^\circ$ 7) 侦察灵敏度: 优于 -95dBm (25KHz) 8) 测频精度: $\leq 1\text{KHz}$ (120MHz 带宽) 9) 实时侦测数量: ≥ 30 架 10) 探测角度: 360° 全空域 11) 探测成功率: $\geq 95\%$ 12) 能探测识别不同协议: LightBridge1, LightBridge2, Ocusync, WiFi 及 WiFi 变种协议, Zigbee, Bluetooth; 13) 适应的调制方式: FM, 2FSK, 4FSK, GFSK, MSK, BPSK, QPSK, 16QAM, 64QAM, OFDM, DSSS, FHSS 14) 装配时间: $\leq 5\text{min}$ (在移动部署环境下, 设备从收纳状态至安装部署完毕所需的时间); 系统功能要求: 1) 探测方式: 无源 (被动接收不发射任何电磁信号, 对目标进行精准探检); 2) 厂家品牌识别: 设备支持对无人机进行探测并识别无人机的品牌、型号、工作频率等信息, 应能识别设备无人机识别库内已知无人机的 ID 等信息; 3) 疑似无人机信号预警: 可以对非机型库内的无人机信号发出预警; 4) 终端计算: 不需要连接服务器或者笔记本电脑, 系统可以正常工作。 5) 组网功能: 系统可通过云服务器进行多台组网, 可以实现观测每台设备的在线/异常状态 6) 系统平台: 具有管控平台, 支持通过 PC、手机、平板等连接管控平台, 查看设备操作界面和报警信息, 包括查看 (黑) 白名单, 开启自动防御 (无人值守) 以及查看日志等。 7) 日志保存时间: $\geq 90\text{d}$ 天线组由不少于 8 片天线单元组成, 减少对目标保护区域的覆盖盲区。 每个独立单元的天线俯仰角有不低于九个的调整档位, 可以适应各种不同的复杂安装环境。

便携式无人机探测分系统性能要求，见表 A9

表 A9 便携式无人机探测分系统性能要求

便携式无人机探测分系统	性能要求
	便携式无人机探测分系统主要功能是：基于频谱感知和人工智能技术，对无人机的飞控链路和图传链路进行探测和识别告警。可手持也可与干扰反制枪协同作业，适用于党政机关、警卫现场、石油石化、电力、高铁、机场等重点场所以及边（关）海防等军事设施场所的巡防监测，以及警用单（兵）警装备配套。 主要技术指标： 1) 探测频段：支持 800MHz、900MHz、1.1GHz、1.2GHz、1.4GHz、2.4GHz、5.8GHz 等无人机常用频段，频段可拓展； 2) 探测距离：全向≥1.5km（开阔场） 3) 识别时间：小于 1s 4) 探测方位：360° 全空域 5) 探测机型：支持大疆品牌（包括大疆穿越机）非大疆品牌机、WiFi、模拟图传、数字图传、DIY 等机型的探测； 6) 同时探测识别数量：≥8 架（5 个不同厂家） 7) 报警方式：包含声音、光以及振动，（可按需配置） 8) 虚警率：平均虚警率≤1 次/天 9) 重量：≤3kg（包含电池）

附 录 B
(规范性)
系统性能测试方法

无人机反制设备测试时的靶机应符合下列要求：

- 1) 应采用防御国家或领域内常用民用无人机清单中足够数量和类型的代表机型产品作为测试靶机,且关键特征应具备所模拟系列目标或无人机的最严酷特征指标,并具备所模拟系列无人机的其它一般特征。
- 2) 如因反制设备的特殊功能需要,测试时需另注明靶机的生产厂家、机型或参数。

试验环境条件：

除特别声明环境条件的试验外,反制试验均在下列标准飞行工况下进行：

- 1) 受试设备与靶机之间应无明显遮挡物,通视良好,测试环境无明显电磁干扰;
- 2) 地面环境温度在0℃~40℃范围内;
- 3) 地面相对湿度在15%~80%范围内;
- 4) 地面气压条件在86kPa~106kPa范围内;
- 5) 地面风力条件小于或等于6m/s;
- 6) 无明显雨、雪、雾的天气状况。

TDOA 无线电探测定位分系统性能测试方法，见表 B1

表 B1 TDOA 无线电探测定位分系统性能测试方法

检测项目	测试方法与判读
探测频率范围	测试方法： 内场测试 测试步骤： 1、单台反制探测设备正常上电运行； 2、在 100MHz~6GHz 频率范围内随机挑选若干数量的无人机常用工作频段，使用信号源调制并发射对应频段的无人机信号； 3、观察设备是否能够探测上述工作频段内的无人机信号；
	合格依据： 如果设备能够探测接收 100MHz~6GHz 内的无人机信号，则判定为合格，反之为不合格。
探测距离	测试方法： 外场试飞检测 测试步骤： 1、单台反制探测设备正常上电； 2、从测试位置处起飞 1 架标定靶机至 100m 的高度，随后背离测试点位置分别向外几个不同方向飞行至距离该探测设备 3km 处的位置进行悬停（注：3km 为探测设备对应标定靶机的探测距离，实际探测距离可能随现场电磁环境的复杂程度变化），参见附录 C 图 C-1 3、记录靶机型号、飞行高度、记录靶机距离和飞行时使用工作频率等数据，同时记录反制测试设备显示的靶机机型号、高度、距离（具有高度探测的设备）及频率等数据，
	合格依据： 如果设备能在几个不同方向 3km 处成功探测并识别标定靶机的关键参数信息（包括靶机的品牌、型号、高度、距离以及工作频率），则判定为合格，反之为不合格。
多目标探测识别	测试方法： 外场试飞检测 测试步骤： 1、单台反制探测设备正常上电； 2、在设备周边不同位置依次部署 10 架不同型号（要求不少于 5 个厂商）的靶机，可视需要选择适当距离，并将 10 个靶机升空 100m 高度悬停识别或者仅为地面开机识别；

	3、启动探测流程，观察测试设备是否能够同时成功探测并正确识别以上所有待测靶机的关键参数和信息；
	合格依据： 如果设备能够同时成功探测并识别 10 架不同型号无人机的关键参数信息（包括标定无人机的品牌、型号以及工作频率），则判定为合格，反之不合格。
定位精度	测试方法： 外场试飞检测 测试步骤： 1、多台反制探测设备上电并成功进行组网； 2、在靶机遥控器中设置测试位置为靶机起飞点，选择合适靶机（该型号靶机可在历史轨迹中查看对应时刻的经纬度位置信息），从测试位置处起飞 1 架标定靶机至 100m 的高度，由测试点向外进行飞行（注意靶机要与设备站点保持通视） 3、分别将靶机飞至 N 个（建议 $N \geq 4$ ）不同高度和位置后进行定点悬停，记录这 N 个 TDOA 系统定位到的目标靶机的经纬度信息序列 α （通过查询日志记录）和对应时间段的无人机的经纬度信息序列 β （通过无人机遥控端日志查询）； 4、计算 α 和 β 之间的误差的均方根（RMS）值 $\Delta\lambda$ ； $\Delta\lambda = \sqrt{\frac{\ \alpha - \beta\ ^2}{N}}$ ，其中， $\ A\ $ 表示向量 A 的模。 在探测定位范围内，选取多个点位，靶机悬停，系统进行识别定位，计算定位位置 and 实际位置的误差平均值。
	合格依据： 如果系统对靶机的定位误差均方根值 $\Delta\lambda$ 不大于 30 米，则判定为合格，反之不合格。
测向误差	测试方法： 外场试飞检测 测试步骤： 1、多台反制探测设备上电并成功进行组网； 2、选择防御区内的某一处为中心大本营，同时用高精度差分定位设备对中心大本营的位置进行标定； 3、在距离中心大本营 1~2km 的位置处将待测靶机以合适的高度进行升空悬停（注意靶机要与各站点设备保持通视），记录 TDOA 系统在成功探测定

	位后计算得到的方位角；同时用高精度差分定位设备对靶机此时的位置进行标定；方位角的计算：记 TDOA 定位结果的位置坐标向量为 P_1，中心大本营位置坐标向量为 P_0，x 轴方位角：$\alpha = \arccos \frac{(P_1 - P_0)_x}{\ P_1 - P_0\ }$，y 轴方位角：$\beta = \arccos \frac{(P_1 - P_0)_y}{\ P_1 - P_0\ }$，z 轴方位角：$\gamma = \arccos \frac{(P_1 - P_0)_z}{\ P_1 - P_0\ }$。其中，$A_x$、$A_y$、$A_z$ 分别表示向量 A 的 x，y，z 分量，$\ A\$ 表示向量 A 的模。 4、多次测量，并将 TDOA 系统定位计算得到的方位角与高精度差分定位设备得到的方位角（作为基准）进行对比，计算该基准下的测向误差；
	合格依据： 如果反制探测系统对靶机的平均测向误差不大于 3°，则判定为合格，反之为不合格。
频谱监测	测试方法： 内场测试 测试步骤： 1、单台反制探测设备正常上电； 2、打开频谱监测功能，检测平台是否具备单台设备的实时频谱探测和显示功能，并支持设置多个子频段和实时同步显示； 3、检测对应的频谱显示界面是否可同步展示频谱瀑布图； 4、观察频谱图和瀑布图，判断显示结果是否和预知的周边电磁环境一致；
	合格依据： 如果管控平台支持多频段实时频谱监测和同步频谱瀑布图展示，且上述结果与预知的周边电磁环境基本一致，则判定为合格，反之为不合格。
动态频率跟踪	测试方法： 外场试飞检测 测试步骤： 1、多台反制探测设备上电并成功进行组网； 2、在系统的良好定位范围内打开一架靶机并将其设置为定频（图传频率）模式，启动探测定位流程，观察系统是否能探测定位到该靶机并显示正确的通信频率； 3、将靶机的通信频段切换至另一个频段，观察系统显示的靶机通信频率是否同步改变； 4、观察靶机在切换频率前后，同一架靶机是否只有一条轨迹或者只有一个

	轨迹 ID;
	合格依据: 如果系统在靶机的通信频段切换后能自动跟踪到改变后的靶机信号频率并将不同频率信号的定位结果锁定为同一条轨迹, 则判定为合格, 反之为不合格。
入侵告警	测试方法: 内场测试 测试步骤: 1、单台反制探测设备正常上电; 2、打开声光报警设置开关, 启动探测流程; 3、在设备良好作用范围内打开一架靶机, 观察系统在探测到靶机后是否会进行声光告警且在系统通知栏上进行入侵提示;
	合格依据: 如果系统在探测到靶机后能进行声光告警且在通知栏上有入侵消息提示, 则判定为合格, 反之为不合格。
短信推送	测试方法: 外场试飞检测 测试步骤: 1、多台反制探测设备上电并成功进行组网; 2、打开短信通知设置开关, 并输入相关工作人员的手机号进行绑定设置; 3、一键启用已绘制保存的预案或自主绘制的新的预警防御区; 4、在设备良好定位范围内起飞一架靶机, 观察系统在预警区内探测定位到靶机后是否会向绑定手机号的工作人员推送入侵短信;
日志记录功能	测试方法: 内场测试 测试步骤: 1、多台反制探测设备上电并成功进行组网; 2、启动探测定位流程, 在设备良好作用范围内以合适的高度起飞一架靶机, 并按照指定路径飞行一周; 3、观察管控平台是否存在记录系统运行日志的存储路径; 若存在, 验证该运行日志是否为实时刷新;
	合格依据: 如果管控平台能够实时记录系统的运行日志并输出保存至特定路径的文件中, 则判定为合格, 反之为不合格。

雷达探测分系统性能测试方法，见表 B2。

表 B2 雷达探测分系统性能测试方法

测试项目	测试方法与判读
数据更新率	测试方法：外场试飞检测 雷达工作频段应符合国家无线电管理规定，应有型号核准证书。 测试步骤： 1、在满足测试环境中，雷达设备正常上电；在靶机遥控器中设置雷达架设位置为靶机起飞点； 2、靶机配合起飞，飞行高度保持在约 150m，飞行速度保持 10m/s，由近及远直线飞行。待飞行距离雷达架设位置达到 3km 以后，操控靶机返航； 3、在靶机起飞时观察雷达界面，雷达发现目标后，记录每次目标更新时间，相邻两次发现目标分别记为 T_1 和 T_2，计算时间差 $\Delta t = T_2 - T_1$。
	合格依据：若时间差 $\Delta t \leq 6$ 秒则判定为合格，反之为不合格。
目标处理容量	测试方法：外场试飞检测 测试步骤： 1、在满足测试环境中，雷达设备正常上电； 2、在设备操作界面上回放一组 ≥ 500 批目标的模拟数据（模拟数据由被测厂商提前自行准备）。
	合格依据： 如若能够回放该组 ≥ 500 批目标的模拟数据，雷达系统软件不卡顿、未崩溃，且可以正常操作，则判定为合格，反之为不合格。
最大探测距离	测试方法：外场试飞检测 测试步骤： 1、在满足测试环境中，雷达设备正常上电； 2、在靶机遥控器中设置距雷达 3km 位置为靶机起飞点， 3、靶机配合起飞，飞行高度保持在约 150m，飞行速度保持 10m/s，由近及远直线飞行至距离大于 3km，待飞行距离达到 3km 以后，操控靶机返航； 4、在靶机起飞时观察雷达界面，雷达发现并持续跟踪目标，记录目标在雷达界面上消失的距离 $R_{\max}$； 5、按步骤 2~4 继续测试 4 次，取 5 次的均值即为最大探测距离 $\Delta R_{\max} = \frac{\sum R_{\max}}{5}$；

	合格依据： 对于径向雷达接近飞行的标准靶机目标，飞行高度不低于 100 米，探测概率不小于 90%时，最大探测距离 $\Delta R_{\max} \geq 5\text{km}$ 时即可判定为合格则判定为合格，反之为不合格。
最小探测距离	测试方法： 外场试飞检测 测试步骤： 1、在满足测试环境中，雷达设备正常上电； 2、在靶机遥控器中设置雷达位置为靶机起飞点； 3、靶机配合起飞，飞行高度保持在 100m，飞行速度保持约 5m/s，先将靶机由近及远径向飞行至距雷达架设点 1km 处悬停； 4、靶机返航时观察雷达界面，雷达发现并持续跟踪目标，记录目标在雷达界面上消失的距离 $R_{\min}$； 5、按步骤 2~4 继续测试 4 次，取 5 次的均值即为盲区 $\Delta R_{\min} = \frac{\sum R_{\min}}{5}$。
	合格依据： 探测盲区范围 $\Delta R_{\min} \leq 200\text{m}$，则判定为合格，反之为不合格。
最小响应速度	测试方法： 外场试飞检测 测试步骤： 1、在满足测试环境条件下，雷达设备设备正常上电； 2、在靶机遥控器中设置距雷达架设位置3km为靶机起飞点； 3、靶机配合起飞，飞行高度保持在约150m，起始飞行速度3m/s，向雷达架设位置方向飞行，雷达发现目标并建航后，靶机开始按0.2m/s步进逐步降速，直至雷达丢失目标且不再起批，记录速度 $V_{\min}$； 4、按步骤 2~3 继续测试 4 次，取 5 次的均值即为最小响应速度 $\Delta V_{\min} = \frac{\sum V_{\min}}{5}。$
	合格依据： 若 $\Delta V_{\min} \leq 1\text{m/s}$，则判定为合格，反之为不合格。

方位覆盖	测试方法：外场试飞检测 测试步骤： 1、雷达设备正常上电； 2、雷达处于周扫工作状态，观察雷达界面，周扫扫描线应能覆盖 360° 范围。 合格依据： 若方位扫描范围为 0° ~ 360°，则判定为合格，反之为不合格。
仰角覆盖	测试方法：外场试飞检测 测试步骤： 1、在满足测试环境中，雷达设备正常上电； 2、在靶机遥控器中设置雷达位置为靶机起飞点； 3、靶机配合起飞，飞行高度保持在 100m，飞行速度保持约 5m/s，先将靶机由近及远径向飞行至距雷达架设点 1km 处悬停； 4、靶机开始返航时观察雷达界面，雷达发现并持续跟踪目标，记录目标在雷达界面上消失的距离 $R_{\min}$，并根据三角函数关系 $\tan\alpha = \frac{100}{R_{\min}}$，求出俯仰覆盖角度 α； 按步骤 2~4 继续测试 4 次，求出俯仰覆盖角度均值 $\Delta\alpha$。 合格依据： 若仰角覆盖角度 $\Delta\alpha \geq 30^\circ$ 则判定为合格，反之为不合格。
测量精度	测试方法：外场试飞检测 测试步骤： 1、在满足测试环境中，雷达设备正常上电； 2、在靶机遥控器中设置距雷达位置为靶机起飞点； 3、无人机配合起飞，飞行高度保持约 150m，飞行速度保持约 10m/s，由近及远径向飞行距离大于 3km 以后，操控无人机返航； 4、待飞行结束后通过查询测试记录，雷达探测靶机方位角 X_{Ai}，俯仰角 Y_{Ai}，距离 R_{Ai}，靶机真值方位角 X_{Bi}，俯仰角 Y_{Bi}，距离 R_{Bi}，随机抽取 10 组同时刻下雷达探测数据和靶机真值数据，即可计算出 150m 高度的方位、俯仰、距离精度；

	方位精度： $RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_{Ai} - X_{Bi})^2}{n}}$ 俯仰精度： $RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Y_{Ai} - Y_{Bi})^2}{n}}$ 距离精度： $RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (R_{Ai} - R_{Bi})^2}{n}}$ 合格依据： 若方位精度$\leq 0.5^\circ$，距离精度≤ 10米，俯仰角精度$\leq 0.5^\circ$，判定为合格，反之为不合格。
分辨率	距离分辨率、方位分辨率、俯仰分辨率由设计保证。

无线电测向探测分系统性能测试方法，见表 B3。

表 B3 无线电探测测向探测分系统性能测试方法

检验项目	测试方法与判读
最大探测距离	消费级无人飞机主要工作在 2.4GHz 和 5.8GHz 频段，该频段为 ISM 工业频段，在城区民房设有大量 WiFi 路由器，因此城区和郊区电磁环境差异巨大，本标准分城区最大探测距离和郊区开阔地两种条件下的最大探测距离。 测试方式：外场试飞检测 城区最大探测距离 测试条件：城区环境（电磁环境复杂），选择图传 2.4G 或者 5.8G 频率(图传信号的发射功率 100mW)的靶机。 测试方法： 反制系统开启探测功能，在城区环境下选取室外满足条件的测试地点，根据电波传播的特点，选定靶机的起飞方向，在距离测试点 1 公里处起飞靶机至 100 米高处，向与测试地点相反方向飞离起飞点，反制系统记录所能探测靶机的最远距离即为城区环境的最大探测距离。 开阔地探测最大探测距离 测试条件：郊区开阔环境（电磁环境良好），选择图传 2.4G 或者 5.8G 频率(图传信号的发射功率 100mW)的靶机。 测试方法： 反制设备开启探测功能，在郊区环境下选取室外满足条件的测试地点，根据电波传播的特点，选定靶机的起飞方向，在距离测试点 3km 处起飞靶机至 100 米高处，向与测试地点相反方向飞离起飞点，反制系统记录所能探测的靶机最远距离即为郊区环境的最大探测距离。 合格依据： 城区环境的最大探测距离≥ 1.0 公里，判定为合格，反之，判定不合格。 郊区开阔地最大探测距离≥ 3.0 公里，判定为合格，反之，判定不合格。
频谱接收机灵敏度	测试方式：内场测试 测试条件：实验室屏蔽房内，宽带或者窄带信号发生器(频率可调 2.4GHz 和 5.8GHz)；非解调灵敏度，为信号可用灵敏度。 测试方法： 在屏蔽室内，开启信号发生器和频谱接收机，将信号发生器输出端接入频谱接收

	机天线接口，由强至弱逐步减小信号发生器信号强度，记录下信号强度指示器显示的 S/N=12 dB 时频谱接收机收到的最小信号强度即为该频率接收灵敏度。调整信号发生器的频率和频谱接收机的接收频率，可变换测试不同的频率下的灵敏度。测试仪器连接见下图。 信号发生器 → 频谱接收机 → 信号强度指示
	合格依据： 频谱接收机灵敏度优于－95dBm 为合格，反之为不合格。
单站探测方位角精度	测试方法： 外场试飞检测 测试条件： 满足测试环境工况，选用大疆DJ精灵4或者MAVIC_2作为靶机，使用2.8 或者5.8G频率，图传信号的发射功率100mW。 测试方法： 1、 在距测试点1km位置起飞，在高度100m处悬停（静态测试方位角）。 2、 靶机以5m/s速度（匀速飞行）向测试点飞行，无人机反制设备探测目标靶机方位角的10次更新数据，并求得均方根值： $RMS=\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n(Ai-A)^2}{n}}$ 式中，Ai 为探测设备探测得到的目标方位角（相对于正北），A 为目标实际方位角，A 的值由无人机经纬度数据和探测设备的经纬度计算得出，可由计算软件得出。
	合格依据： RMS≤5° 判定为合格，反之为不合格。
探测告警功能	测试方法： 外场试飞检测 测试条件： 满足测试环境工况 测试步骤： 1、 探测设备正常上电运行； 2、 靶机在无线电探测系统作用区域内起飞； 3、 无线电探测系统开机进入工作状态。
	合格依据： 探测到测试靶机后，在无线电探测分系统可以看到靶机的地理坐标信息、飞行速度、距离及信号强度，并在无线电探测分系统能够形成航迹并自动发声报警，判定为合格，反之为不合格。
侦测频段测试	测试方法： 内场测试 测试步骤：

	1、靶机设置 300MHz~6GHz 内任意工作频段，在反制探测系统作用区域内起飞； 2、反制探测设备上电，调整工作频段覆盖靶机，各频谱显示正常； 3、观察记录反制探测分系统探测情况。 4、依次切换靶机频段，观察记录反制探测分系统探测靶机信号情况。
	合格依据：如果设备能够探测接收 300MHz~6GHz 内的无人机信号，则判定为合格，反之为不合格。

光电跟踪分系统性能测试方法 ， 见表 B4。

表 B4 光电跟踪分系统性能测试方法

光电跟踪分系统测量仪器

光电跟踪分系统测量仪器：离轴反射式平行光管、靶机、光照度计、视频测量仪、测试图、显示终端设备、图形工作站。

光电跟踪分系统摄像机的环境条件和摄像条件

应符合 GA/T1127-2013 中的 6.4 性能要求

检验项目	测试方法与判读
云台旋转角度范围	测试方法： 内场测试 测试步骤： 先将云台的某一静止位置做为起始端，先沿水平方向，再沿垂直方向旋转云台。
	合格依据： 若云台水平方向旋转为 360° 后仍能回到起始端，为合格，反之不合格。若云台垂直方向转动为 0° ～90° 后反向仍能回到起始端，为合格，反之不合格
云台转动速度	测试方法： 内场测试 测试步骤： 记录云台在水平/垂直方向旋转角度范围内旋转一次所需的时间，按照 A4 性能要求给出的要求，测试 10 次后求平均值。按公式(B4.1)计算转动速度： $\omega = \frac{\alpha}{t} \dots\dots\dots(B4.1)$ 式中： ω：转动角速度，单位为度每秒(° /s)； t： 旋转时间，单位为秒(s)； α：旋转角度，单位为度(°)。
	合格依据： 水平旋转速度：0° ～60° /s，俯仰旋转速度：0° ～45° /s 为合格，水平最大转速低于 60° /s，俯仰转速低于 45° /s 为不合格。
云台重复精度	测试方法： 内场测试 测试步骤： 1、在距离云台 5 米以外放置一有毫米刻度的十字靶 A。将摄像机的镜头调整到最大光学变焦且图像清晰的位置； 2、将摄像机图像传输到显示器,显示器屏幕中心粘贴一个半透明十字标记 B； 3、调整云台，使显示器的中心标记 B 与十字靶心标记 A 重合，执行存 2 号预置位

	操作; 4、转动云台,使云台在随机 5 个位置(远离 2 号预置位)停止,执行调 2 号预置位操作后,记录显示器标记 B 与靶心标记 A 的水平与垂直偏差; 5、测试 10 次后求平均值。按公式(B4. 2)计算云台重复精度。 $\theta = \arctan \left(\frac{\sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2}}{d} \right) \dots\dots\dots(B4.2)$ 式中: θ: 角度误差, 单位为度($^{\circ}$); Δx 与 Δy: 水平与垂直方向上的偏差, 单位为毫米(mm); d: 云台与毫米刻度十字靶的距离, 单位毫米(mm)。
	合格依据: 云台重复定位精度:$\leq 0.02^{\circ}$ 为合格, 反之为不合格。
摄像机分辨力	测试方法: 内场测试 测试步骤: 按照下列步骤验证高清摄像机是否满足附录 A 表 A4 性能要求: 1、设备安排: 摄像机分辨力测量设备安排见附录 C 图 C-2; 2、测试图: 电子静态图像分辨力测试图见附录 C 图 C-3; 3、分辨力数值获取: 用目视法读取终端显示设备或图形工作站上图像中心楔上能分辨的最大线数。
	合格依据: 图像编码有效像素: $\geq 1920 \times 1080$, 图像中心解析度≥ 950 线, 帧率$\geq 25\text{fps}$; 判定为合格, 反之为不合格。
摄像机最低可用照度	测试方法: 内场测试 测试步骤: 按照下列步骤验证高清摄像机是否满足附录 A 表 A4 性能要求: 1、设备安排: 摄像机最低可用照度测量设备安排见图 B4. 1; 2、测试图: 电子静态图像分辨力测试图见图 B4. 2; 3、最低可用照度数值获取: 读取照度计中数值。 (为模拟相同色温情况下照度下降的环境, 可降低环境光亮度, 直到输出图像的分辨力不低于前述摄像机摄像条件下的 70%)
	合格依据: 最低照度: 彩色$\leq 0.005\text{Lux} @(\text{F}1.4, \text{AGC ON})$, 黑白$\leq 0.001 \text{Lux} @(\text{F}1.4, \text{AGC ON})$判定为合格, 反之为不合格。

噪声等效温差 (NETD)	测试方法：内场测试 测试步骤： 1) 在规定的温度范围内，调节黑体的温差设置； 2) 将温差值设置在红外热像仪响应信号的线性区间内，为避免饱和，温差建议值在 0~4K 之间，目标图像占全视场至少 12×12 个图像像素； 3) 分别测量信号及噪声电压，NETD 按公式 (B4.3) 计算。 $NETD = \frac{\Delta T}{S / N} \dots\dots\dots(B4.3)$ 式中：ΔT 为设定温差；S 为温差对应信号电压；N 为均方根噪声电压。 合格依据： 非制冷型红外热像仪的噪声等效温差 (NETD)：≤40mK；制冷型红外热像仪的噪声等效温差 (NETD)：≤25mK 判定为合格，反之为不合格。
最小可分辨温差 (MRTD)	测试方法：内场测试 红外热像仪的特征频率 f_o，由公式 (B4.4) 确定： $f_o = \frac{f'}{2b} \dots\dots\dots(B4.4)$ 式中，f_o:红外热像仪特征频率，单位 cy/mrad；f' :红外镜头焦距，单位 mm；b：探测器像元间距，单位 μm。 测试步骤： 1、将被测红外热像仪对应特征频率 fo 的附录 C 图 C-4.1 四杆靶图案（高宽比为 7:1)靶标放置在平行光管的焦平面上； 2、开启红外热像仪电源，调整红外热像仪状态，调节标准温差面源黑体的温差设置(ΔT=2K)，使能在显示屏上清晰成像； 3、先设置为正温差，调节黑体温度使观察者刚能从显示器上分辨出四杆靶图案如附录 C 图 C-4.1，记下此时的温度差ΔT； 4、再降低温度使其变成负温差,并直到再次刚能分辨出四杆靶图案(此时图案亮度反相如附录 C 图 C-4.2)为止,再次记录此时的温度差ΔT。（测试时一般采用 4 位经培训后参加的测试人员，其中 3 人能分辨出四标杆图案即可通过测试) MRTD 值用公式 B4.5 进行计算； $MRTD = \phi \frac{ \Delta T_1 + \Delta T_2 }{2} \dots\dots\dots(B4.5)$ 式中，ΔT₁: 正温差，单位 K； ΔT₂: 负温差，单位 K； Φ：测试系统的修正系数，通常<1，其值经过标定获得。

	合格依据: 在其特征频率 f_0 下, MRTD 值$\leq 0.5K$ 为合格, 反之为不合格。
锁定、跟踪距离	测试方法: 外场测试 分别验证高清摄像机与红外热像仪的跟踪有效范围是否满足附录 A 中 A4 性能要求。 环境条件: 以测试地 24 小时天气预报为依据, 温度 $15^{\circ}\text{C}\sim 35^{\circ}\text{C}$; 相对湿度不大于 $45\%\sim 75\%$; 大气压力 $86\sim 106\text{kpa}$, 风力≤ 5 级; 气象条件无雨、雪、雾霾; 大气能见度不低于 10km。 测试步骤: 1、在靶机遥控器中设置测试位置为靶机起飞点, 启动自动锁定功能, 应锁定靶机; 2、靶机飞至 100m 高空, 全速远离, 远离过程中, 设备应可自动跟踪、聚焦或手动跟踪、聚焦, 并保持锁定靶机; 3、靶机飞至附录 A 中表 A4 规定的 AI 识别距离范围内旋停, 解除锁定后重新启动自动锁定功能, 系统应再次锁定靶机, 锁定后的靶机做全速 (不低于 15m/s) 横切折返机动 5 次, 每次折返持续时间不低于 10s, 设备应持续锁定靶机, 并可识别靶机类型; 4、靶机飞至附录 A 中表 A4 规定的跟踪距离后旋停, 解除锁定后重新启动自动锁定功能, 系统应再次锁定靶机, 锁定后的靶机做全速横切折返机动 5 次, 每次折返持续时间不低于 10s, 设备应持续锁定靶机; 5、靶机全速返航至操控点 50m 后旋停, 期间应持续锁定靶机, 靶机在 50m 处做全速横切折返机动 5 次, 每次折返持续时间不低于 10s, 设备应持续锁定靶机; 合格依据: 按照上述标准, 在整个锁定跟踪过程中, 可见光摄像机和红外热像仪设备跟踪失败不超过 2 次为通过, 锁定、跟踪的成功率应$\geq 90\%$; 跟踪图像延时$\leq 250\text{ms}$; 最小跟踪目标图像$\geq 12\times 12$ 像素; 为合格, 若测得参数有一项达不到, 则为不合格。

导航诱引分系统性能测试方法，见表 B5。

表 B5 导航诱引分系统性能测试方法

检验项目	测试方法
有效欺骗距离	测试方法：外场试飞检测 测试步骤： 1、单台设备正常上电； 2、在靶机遥控器中设置距离测试设备 300m 处为起飞点；起飞靶机悬停 100m 高度； 3、当开启设备驱离模式后，观察无人机是否会无法控制且被驱离。 合格依据： 如果飞手无法控制靶机，并且靶机被驱离至以设备为中心、半径为 500 米的防御范围外，则判定为合格，反之为不合格。
发射频率检验	测试方法：内场测试 测试步骤： 1、准备单台设备正常上电运行； 2、使用频谱仪直连测试设备信号发射接口； 3、当开启测试设备驱离模式后，记录频谱仪检测到的频谱带宽数据。 合格依据： 如果频谱带宽数据值为：1574.9~1575.9±5MHz；1560.9~1562.8±5MHz；1601.9~1602.2±5MHz，则判定为合格，反之为不合格。
发射功率检验	测试方法：内场测试 测试步骤： 1、准备单台设备正常上电运行； 2、使用频谱仪直连测试设备信号发射接口； 3、当开启设备驱离模式后，记录频谱仪检测到的 dBm 数据； 4、通过 dBm 和 mW 换算方法：$(\text{dBm}) = 10\lg(\text{mW})$，即 10dBm=10mW，计算出设备的发射功率。 合格依据： 如果发射功率≤10mW 则判定为合格，反之为不合格。
启动时间检测	测试方法：内场测试 测试步骤： 1、准备单台设备使用频谱仪直连测试设备信号发射接口； 2、直连完成后设备正常上电运行并开始计时；

	3、设备开机后开启驱离模式，当频谱仪检测到数据时停止计时； 4、计时结果为设备从开机到正常发射信号的启动时间。
	合格依据： 如果时间≤ 4.0 min 则判定为合格，反之为不合格。
外壳防护能力	测试方法： 内场测试 测试步骤： 1、参照《GB/T 4208-2017 外壳防护等级》搭建测试环境； 2、准备单台设备放置在测试环境中开机运行； 3、参照《GB/T 4208-2017 外壳防护等级》，对设备外壳进行各个功能测试。
	合格依据： 如果测试结果符合或满足《GB/T 4208-2017 外壳防护等级》IP66 要求，则判定为合格，反之为不合格。
工作温度	测试方法： 内场测试 测试步骤： 1、准备单台设备并开机运行； 2、将运行的设备放置在低温-20℃工作 2 hr； 3、低温测试完成后将其放置在高温 55℃工作 2 hr； 4、测试完成后检测设备能否继续正常工作。
	合格依据： 如果设备可以继续正常工作则判定为合格，反之为不合格。
防雷特性	测试方法： 内场测试 测试步骤： 1、参照 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）、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）、IEC 61643-21:2012（低压电涌保护装置. 第 21 部分 连接到通讯和信号网络的电涌保护装置性能要求和测试方式）等标准搭建测试环境并准备测试工具； 2、准备单台设备放置在测试环境中开机运行； 3、按照上方文件的要求对设备的外壳、天馈、电源、网口进行防雷检测。
	合格依据： 如果测试结果符合或满足上方文件的国家标准要求，则判定为合格，反之为不合格。

电磁兼容性	测试方法：内场测试 测试步骤： 1、参照《GB/T 17626.2-2018》《GB/T 17626.3-2016》搭建测试环境； 2、准备单台设备将其放置在测试环境中正常上电运行； 3、对设备进行静电放电抗扰度试验严酷等级 3 级的测试； 4、对设备进行射频电磁场辐射抗扰度试验严酷等级 3 级的测试。
	合格依据： 如果两项测试结果都通过则判定为合格，反之为不合格。

无线电干扰反制分系统的性能测试方法见：表 B6。

表 B6 无线电干扰反制分系统性能测试方法。

检验项目	测试方法与判读
无人机反制设备 频率范围及功率	测试方法： 内场测试 测试步骤： 1、设备按附录 C 图 C-5 连接好并上电开机； 2、依据被测试反制设备技术参数对各个反制频段分别测试，； 3、分别读取各频段功率和频率；
	合格依据： 测试数据与附录 A 表 A6 的技术指标核验，符合则判定为合格，反之为不合格。
干通比测试	测试方法： 外场反制设备干通比检测 干通比：亦称《干通距离比》或《干扰通信比》，在有效干扰条件下，干扰机至靶机之间距离与靶机至靶机遥控器之间的距离之比。 测试步骤： 1、按附录 C 图 C-6 示布局，选定位置，备好无人机干扰反制器和靶机； 2、开启无人机反制器驱离模式，遥控靶机升空，当遥控器图像出现雪花并无图像同时提示报警，导致自动返航； 3、开启无人机反制器驱离+迫降模式，遥控靶机升空，当遥控器图像出现雪花并无图像同时提示报警及GPS信号无，导致自由降落。
	合格依据： 通过测试数据计算干通比，其值 ≥ 10 判定为合格，反之为不合格。
无人机反制抢 辐射评价测试	测试方法： 外场反制设备后向电磁辐射检测 测试步骤： 1、按附录 C 图 C-7 布局，选定位置，摆放好无人机反制器和测量仪表； 2、开启无人机反制器驱离模式，仪表电磁辐射值应小于《低频辐射电场强度($< 25\text{V/m}$)，高频辐射等效平面波动功率密度($< 40\mu\text{W}/\text{cm}^2$)》； 3、开启无人机反制器驱离+迫降模式，仪表电磁辐射值应小于《低频辐射电场强度($< 25\text{V/m}$)，高频辐射等效平面波动功率密度($< 40\mu\text{W}/\text{cm}^2$)》；
	合格依据： 测试数据与无人机反制技术标准核验，符合则判定为合格，反之为不合格。

ADS-B 分系统性能测试方法，见表 B7。

表 B7 ADS-B 分系统性能测试方法

检验项目	测试方法与判读
接收灵敏度	测试方法：内场测试 测试步骤： 1、将设定的测试目标报文发送至发射机系统； 2、系统将信号通过衰减器衰减至-90dBm，并将该信号接入 ADS-B 地面站系统信号输入端。 合格依据： 如果 ADS-B 地面站能够正常接收到该测试目标信号，表明接收灵敏度能达到-90dBm，即可判定为合格，反之为不合格。
动态范围	测试方法：内场测试 测试步骤： 1、将设定的测试目标报文发送至发射机系统； 2、系统将信号多次均匀衰减在-90dBm 至-10dBm 之间，并将该信号接入 ADS-B 地面站系统。 合格依据： 如果 ADS-B 地面站系统能正常接收到该范围内的信号，即动态范围达到 90dB，表明接收机信号接收动态范围优于 75dB，即可判定为合格，反之为不合格。
接收通道数	测试方法：内场测试 测试步骤： 1、查看设备是否有双天线、双线程运行； 2、断开任意一条天线，查看设备是否有报文输出，终端软件是否显示目标。 合格依据： 如果断开任意一条天线之后依然能显示动态目标，则表明设备是双通道工作，反之不是双通道工作。
时基校正	测试方法：内场测试 测试步骤： 1、启动 ADS-B 地面站设备，通过串口可获得实时卫星授时数据； 2、查看 ADS-B 监视终端系统后台存储报文是否带有时间量，并对比两个时间误差。

	合格依据： 如果误差几乎为 0，则表明 ADS-B 报文进行过时基校正，即可判定为合格，反之则未进行时基校正。
工作频率	测试方法： 内场测试 测试步骤： 将不同频率值的目标信号输入至 ADS-B 地面站天线。
	合格依据： 如果测试只有在 1090MHz±1MHz 之间的信号，才能在终端显示系统中看到目标数据，则表明 ADS-B 地面站系统工作频率在 1090MHz±1MHz 之间，反之不在该工作频段。
目标处理能力	测试方法： 内场测试 测试步骤： 1、将设定的 400 批次目标报文发送至发射机系统，通过信号衰减后输入 ADS-B 地面站系统； 2、ADS-B 地面站系统接收、处理后将数据转发至监视终端软件，监视终端软件能够统计每秒接收报文数量。
	合格依据： 如果超过 300 批次，则表明地面站的目标处理能力≥ 300 批次/s，即可判定为合格，反之为不合格。
目标处理延迟	测试方法： 内场测试 测试步骤： 1、启动 ADS-B 地面站设备，在收到某条信号时记录时间戳 t_1； 待该信号解调、编码转发时记录时间戳 t_2。
	合格依据： 如果 $t_2 - t_1 \leq 50\text{ms}$，则表明目标处理延迟满足要求，即可判定为合格，反之为不合格。
功率	测试方法： 内场测试 测试步骤： 1、测量 20 套 ADS-B 地面站设备工作电压和通过的电流； 2、通过计算公式计算 20 组数据得出功率。
	合格依据： 如果 20 组数据功率都小于等于 10W，则表明合格，反之则不合格。
防护等级	测试方法： 内场实验测试 测试步骤：

	IP6X 代表防尘密试验： 1、放置在沙尘箱内，需要抽负压，试验时间为 8h； 2、实验结束后检测内部是否进入尘埃。 IPX7 防短时间浸水试验： 1、使用潜水箱，水面在外壳顶部以上至少 0.15m，外壳底面在水下至少 1m，试验时间 30min； 2、实验结束后，检测内部是否有水进入。
	合格依据： 1、如果检测尘埃指标几乎为零，则表明满足 IP6X 指标，反之则判定为不合格； 2、如果未检测到水进入，则表明满足 IPX7 指标，反之则判定为不合格。

精准打击分系统性能测试方法，见表 B8。

表 B8 精准打击分系统性能测试方法

检验项目	技术要求
精准打击	测试方法如下： 1.选取同品牌同型号 2 台靶机分别命名为 A、B，将靶机工作频段设置为相同频段，在精准打击系统作用区域内同时起飞，靶机之间距离小于 20m；起飞至飞手上方 100m 悬停待命。 2.精准打击设备开机，查看设备获取的被测产品型号信息，A、B 均出现后进入下一步骤； 3.在精准打击设备操作界面选取目标 A 开启精准打击，2 秒后观察目标反应，此时 A 目标开始被驱离或迫降，而未被选中目标 B 仍然在空中悬停，表明精准打击功能启动，并运行正常。 关闭 A 目标精准打击，飞手将目标返回原位置。 4. 在精准打击设备操作界面选取目标 B 开启精准打击，2 秒后观察目标反应，此时 B 目标开始被驱离或迫降，而未被选中目标 A 仍然在空中悬停，表明精准打击功能启动，并运行正常。 关闭 B 目标精准打击，飞手将目标返回原位置。 5. 关闭精准打击设备，将靶机目标降落，测试结束。
	合格依据：两次测试都能精准打击设定靶机，非设定靶机不受影响，为合格，反之不合格。

便携式无人机探测分系统性能测试方法，见表 B9

表 B9 便携式无人机探测分系统性能测试方法

检验项目	技术要求
探测频段	测试方法： 内场测试 测试步骤： 1、设备正常上电开机运行； 2、依次打开靶机 1.1GHz、1.2GHz、1.4GHz、2.4GHz、5.8GHz 等不同工作频段或使用信号模拟器调制并发射上述工作频段的靶机信号； 3、若信源是靶机，观察设备是否能够探测以上所有标定频段内的靶机信号；若信源是信号模拟器，打开频谱仪观察仪器上检测到的频段是否和设备探测到的频段一致；
	合格依据： 如果设备能够探测接收 1.1GHz、1.2GHz、1.4GHz、2.4GHz、5.8GHz 等标定频段内的靶机信号，则判定为合格，反之为不合格。
探测距离	测试方法： 外场试飞检测 测试步骤： 1、设备正常上电开机运行； 2、在靶机遥控器中设置距离该测试设备 1.5km 处的位置为起飞点，靶机升空至 100m 的高度进行悬停； （注：1.5km 为测试设备对应某一特定型号靶机的标定探测距离，实际探测距离可能随现场地理环境和电磁环境的复杂程度变化） 3、观察设备是否能够探测并识别标定距离处的靶机；
	合格依据： 如果测试设备能在距靶机 1.5km 米处成功探测并识别出测试靶机的链路特征（包括靶机的品牌、型号以及工作频率），则判定为合格，反之为不合格。
识别时间	测试方法： 内场测试 测试步骤： 1、设备正常上电开机运行； 2、在靶机遥控器中设置距离该测试设备 1km 处的位置为起飞点，靶机与遥控器连接成功，靶机升空至 100m 的高度进行悬停；从测试设备出现图传的那一刻开始启动秒表，记录识别的时间； 3、重复 3 次，记录并计算平均识别时间；
	合格依据： 如果设备对靶机的平均识别时间小于 2s，则判定为合格，反之为不合格。

探测方位	测试方法：外场试飞检测 测试步骤： 1、设备正常上电开机运行； 2、操控靶机以距测试设备 1km 的距离、100m 的高度，围绕设备飞行一周，观察设备是否能持续探测到靶机； 3、将靶机飞至另外合适的高度进行，再次观察设备是否能持续探测识别目标靶机；若可以，以测试设备为中心绕圈飞行，观察设备是否仍能持续探测识别靶机；
	合格依据： 如果设备可以实现靶机信号的 360° 全方位探测识别，则判定为合格，反之为不合格。
多目标探测识别	测试方法：外场试飞检测 测试步骤： 1、设备正常上电开机运行； 2、在测试设备正常识别距离和高度范围内依次打开 8 架以上不同型号（不少于 5 个厂商）的靶机，可视需要选择升空悬停识别或者仅为地面开机识别； 3、观察设备是否能够同时成功探测并识别以上待测靶机的关键参数信息；
	合格依据： 如果设备能够同时成功探测并识别 8 架以上不同型号（不少于 5 个）靶机的关键参数信息，则判定为合格，反之为不合格。
虚警率	测试方法：内场检测 测试步骤： 1、设备正常上电开机运行；； 2、将设备置于电波暗室环境或者屏蔽室内持续运行 24h（期间可进行充电），统计该测试时间段内系统的误报次数； 3、基于统计结果计算虚警率；
	合格依据： 如果便携式探测设备的平均虚警率小于 1 次/天，则判定为合格，反之为不合格。

附录 C
性能测试工况图

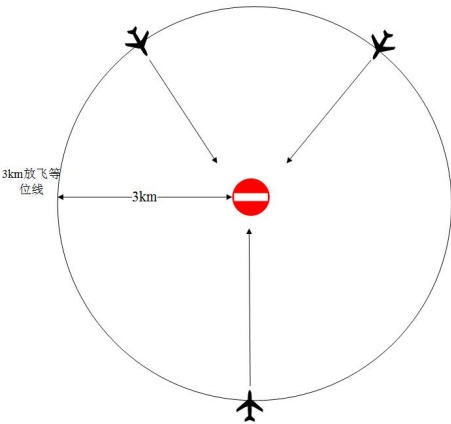


图 C-1 距离测试工况图

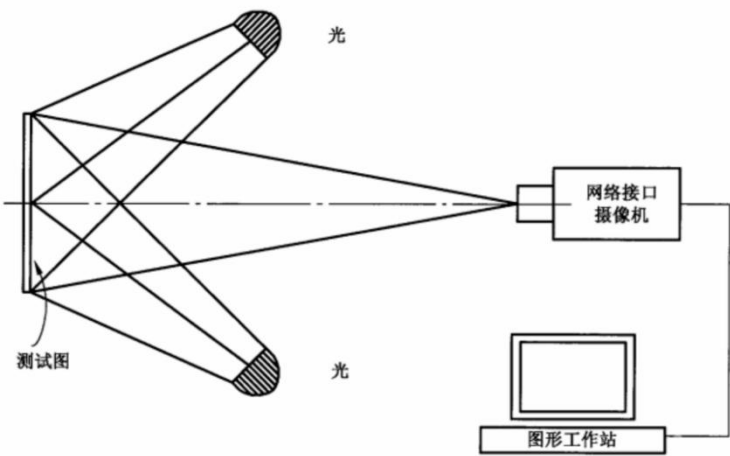


图 C-2 摄像机分辨力测量工况

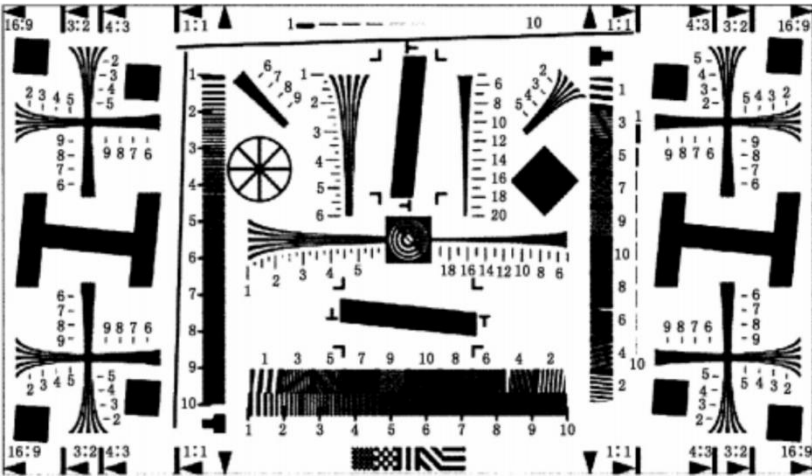


图 C-3 摄像机分辨力测试图



图 C-4.1 四杆靶图案



图 C-4.2 四杆靶图案



图 C-5 频率和功率测试工况

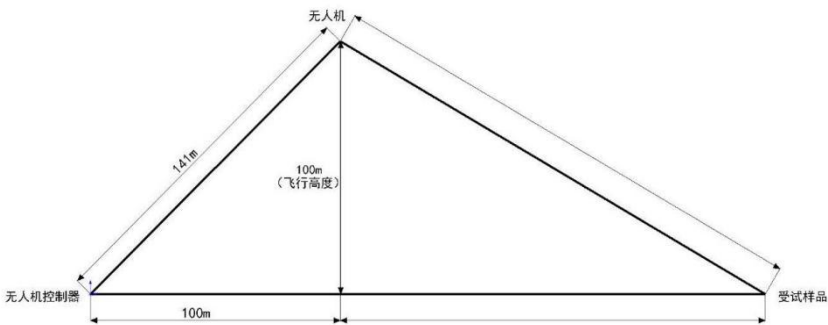


图 C-6 干通比测试工况

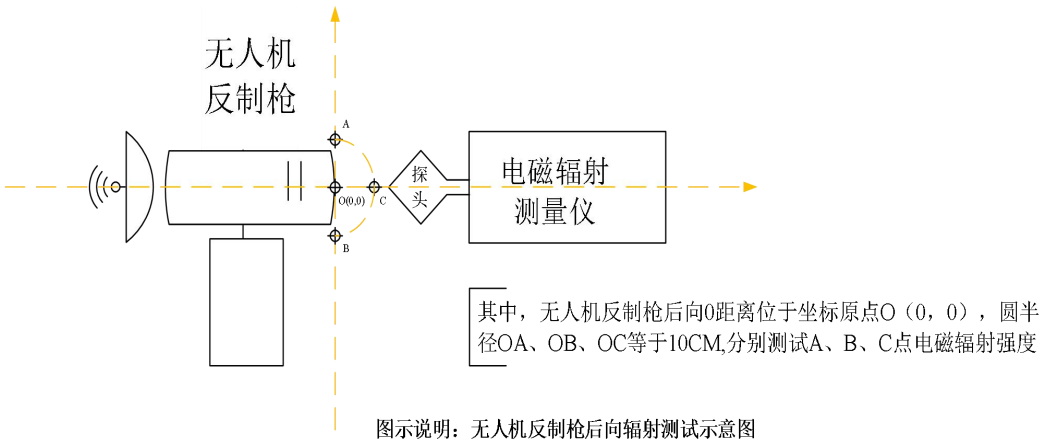


图 C-7 无人机反制枪后向辐射测试图

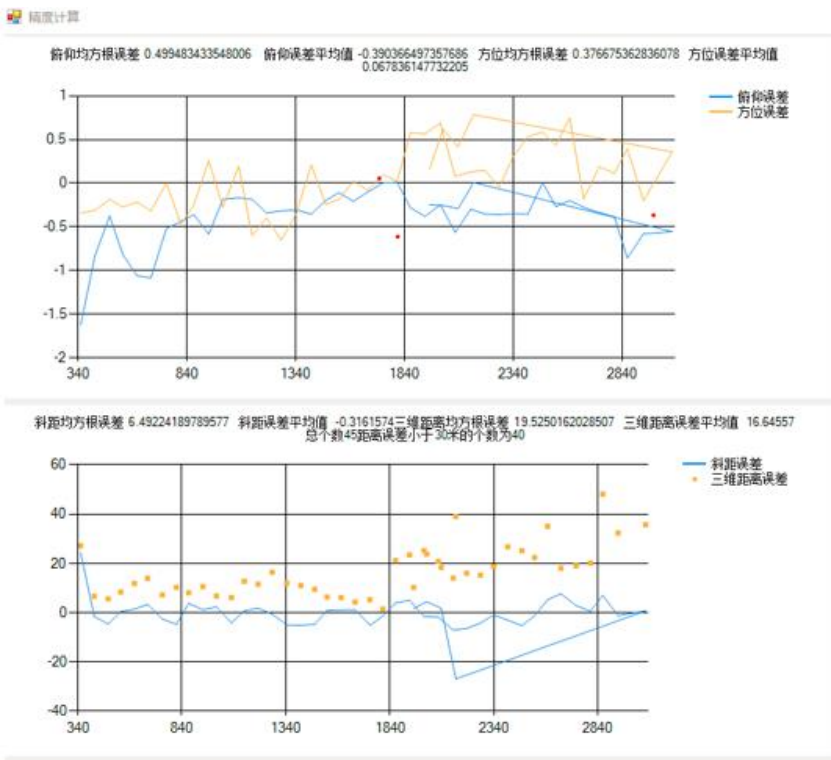


图 C-8 无人机雷达探测分系统测量精度图

参考文献

- [1] 国家空管委：“无人驾驶航空器飞行管理暂行条例（征求意见稿）”
- [2] 国务院：“国务院关于促进民航业发展的若干意见”，国发〔2012〕24号
- [3] 民航局：《民用微轻小型无人驾驶航空器运行识别概念及要求（暂行）》
- [4] 无线电管理局,工业和信息化部关于无人驾驶航空器系统频率使用事宜的通知, 2015:1-1
- [5] 国发办〔2016〕38号国务院办公厅关于促进通用航空业发展的指导意见
- [6] 低空飞行服务保障体系建设总体方案
- [7] 《中华人民共和国军事设施保护法》