

西安工业大学 5G-A 空地激光组网设备、空地一体化感知探测设备、低空经济 5G5G-A 通感一体接入侧实验设备采购合同

甲方：西安工业大学

地址：陕西省西安市未央区学府中路 2 号

电话：029-86173353

邮编：710021

联系人：马天力

乙方：西安合众集成机电科技有限公司

地址：陕西省西安市高新区锦业路 1 号旺都 4 座 9 层
5-6 室

电话：029-89184620/18066528865

邮编：710000

联系人：段鹏泽

甲乙双方协商一致，在平等、自愿、公平的基础上，由乙方提供下表所列的各项货物（以下简称“产品”），并完成产品安装和调试，双方对于合作事项订立如下条款：

产品名称、品牌、型号、性能、规格、数量及金额等

序号	名称	品牌或生产厂家	型号、性能、技术指标（参数）、属性等	数量	单价	小计(元)
1	5G-A 空地激光组网设备	六博光电	1.型号：LB-KD01-050-FSO 2.性能指标： 1.激光通信通用光学天线： （1）发射天线增益超过 30dB； （2）光束发散角范围为 0.1mrad~2mrad； （3）接收天线增益超过 30dB； （4）视场角为 1mrad~15mrad； （5）天线口径 10cm~50cm。 2.无人机激光通信空基载荷： （1）重量：5kg；	1 套	748900 元/1 套	748900 元

			(2) 扫描范围方位轴为 $0^{\circ}\sim 359^{\circ}$; 扫描范围为俯仰轴 $0^{\circ}\sim -90^{\circ}$; (3) 光学天线入瞳尺寸超过 90mm; (4) 发射束散角为 2mrad; 3.激光通信地面站: (1) 转台方位轴范围 $0^{\circ}\sim 359^{\circ}$; (2) 转台俯仰轴范围 $0^{\circ}\sim 90^{\circ}$; (3) 接收口径$\leq 50\text{mm}$; (4) 标准有效作业距离 550m, 500m 范围内具备高精度目标自主识别、闭环跟踪能力通信可靠性拉满; 4.无人机平台: (1) 空载重量$\geq 8\text{Kg}$; (2) 最大起飞重量 22kg; (3) 最大飞行速度 13m/s, (4) 海拔升限 4100 米; (5) 抗风能力 14m/s (7 级)。			
2	空地一体化感知探测设备	NOKOV 度量科技	1.型号: Mars1.3H 2.性能指标: 1.定位镜头 (1) 配置镜头数量: 8 台; (2) 单台镜头最大分辨率: 130 万像素 (1280×1024); (3) 最高分辨率模式下最大采集频率: 240Hz。 (4) 视场角 $95^{\circ}\times 74^{\circ}$; (5) 支持软件手动 / 指令触发采集, 具备镜头控制与状态反馈功能 (6) 配套采集软件支持多源设备数据对接采集, 可兼容机器人视觉、传感、音频等多类型数据接入, 支持二次开发适配拓展采集需求。 2.科研无人机 (1) 整机规格: 轴距 152mm, 续航时间约 11 分钟, 起飞重量 1080g; (2) 飞行控制器: 内置气压计、陀螺仪、加速度计等传感模块, 标配 UART、I2C、SPI、PWM、Type-C 拓展接口; (3) 机载单目摄像头: 分辨率 1920×1200; (4) 三维激光雷达: 水平视场 FOV360°; 竖直视场 FOV$\geq -$	1 套	558700 元/1 套	558700 元

			7°~52°，点云帧率 10Hz，点云输出 20 万点 / 秒； (5) 标配单机控制 Demo 例程： (5.1) 基础起降：自动解锁起飞、定点降落； (5.2) 航点追踪：支持离散航点自主飞行控制； (5.3) 轨迹飞行：方形轨迹、圆形轨迹、六边形轨迹自主巡航并返航降落； (5.4) 智能算法：标配单机控制 Demo 例程，支持自动起降、航点追踪、多轨迹自主巡航功能；设备支持部署主流 SLAM 定位、视觉识别、自主路径规划算法等行业通用算法。 3.智能无人车： (1) 行驶性能：最大行驶速度 1m/s，额定负载能力 4kg； (2) 硬件配置：CPU 最大主频 3.40GHz，运行内存 12GB，固态硬盘 128G； (3) 三维激光雷达：水平视场 FOV360°，竖 直 视 场 FOV≥-7°~52°，点云帧率 10Hz，点云输出 20 万点 / 秒； (4) 光学收发模组：光学收发模组，支持高速数据传输，支持光电信号转换，可满足空地数据传输、组网通信实验需求。 (5) 地面站监测控制软件： (5.1) 状态显示：无人车 ID、位置、速度、姿态、电量、控制模式、实时视频流、二维平面位置等； 控制功能：支持一键急停、惯性系位置/速度控制、机体系速度控制； (5.2) 智能能力：搭载激光雷达 SLAM 定位、局部路径规划及自主避障功能。 4.空地协同集群编队平台 (1) 集群编队算法：支持固定轨迹追踪（集群无人机/车按照指定的圆形轨迹移动，智能体均匀分布在圆			
--	--	--	--	--	--	--

			形轨迹上)、固定阵型切换(集群无人机/车按照预设的阵型自由切换,阵型包括:一字型、三角型、方型等)、领从编队阵型控制(集群无人机/车依据预设的阵型偏移量围绕 leader 展开, leader 的移动轨迹可自由指定或跟随无人车移动, follower 跟随移动)等核心功能; ▲(2) 集群地面站软件:支持空地设备整机状态实时监测、集群统一指令下发,可开展各类空地协同编队实验。			
3	低空经济 5G/5G-A 通感一体接入 侧实验 设备	锐达智控	1.型号:LRD-APP-R2000X 2.性能指标: 主要参数: 1.核心处理能力: 1.1 主控板采用四核+四核的八核 64 位架构处理器,大核主频最高可达 2.4GHz,可支撑多任务并行; 1.2 嵌入式神经网络处理器算力可达 6TOPS; 2.存储配置: 2.1 运行内存 8GB 2.2 机身内部存储 32GB 2.3 标配 USB 接口数量 6 个; 3.集成模块配置:整机集成摄像头模块、Wi-Fi 通讯模块、蓝牙通讯模块、无线窄带通讯模块、短距离通讯模块、无线通讯模块、传感器模组 4.实训实验能力:可支撑开展 5G 通信模块实训实验、5G 应用模块实训实验、5G 转窄带通信实训等相关教学与科研实验项目; 5.工作频段 9.5GHz+300MHz;通道数 128 通道; 6.探测性能: 6.1 最大探测距离$\geq 2\text{km}$; 6.2 有效探测速度范围 $2\text{m/s} \sim 50\text{m/s}$。 6.3 三坐标测量精度(均方根误差):距离测量精度$\leq 10\text{m}$,方位测量精度$\leq 0.8^\circ$,俯仰测量精度$\leq 0.5^\circ$; 7.功耗与工作模式:	1 套	453200 元/1 套	453200 元

			7.1 整机功耗（含云台）≤300W； 7.2 具备凝视模式、周扫模式两种工作模式； 8.接口与拓展功能： 8.1 开放高速接口：开放光纤数据采集接口； 8.2 可以通过光口将霍达采样到的和差原始 DDC 数据送给外部数采，方便进行二级数据分析和算法开发； 9.双路塔式工作站： 9.1 处理器：8 核；内存：128GB； 9.2 显卡：存储 24GB； 9.3 存储：2TB SSD； 9.4 数据盘：8TB HDD。			
合计：（大写）人民币壹佰柒拾陆万零捌佰元整；（小写：¥1760800.00）						

二、合同总金额

合计总金额（大写）：人民币壹佰柒拾陆万零捌佰元整。

（小写）：¥1760800.00。

注：乙方承担产品交付甲方前的一切费用及风险（乙方将产品运送到甲方指定地点，且安装调试完毕，并经甲方最终确认验收合格视为交付）。合同成交价为含增值税发票金额，除本合同总金额外，甲方不再支付任何费用。

三、交货地点：陕西西安西安工业大学未央校区甲方指定地点。

四、交货日期：乙方应于 2026 年 7 月 30 日之前完成产品到货并完成安装、调试、验收至合格等合同义务。

五、安装调试

1、甲方负责提供安装所需环境，同时，甲方委派一至两名人员，专门协调乙方开展工作。

2、乙方免费负责完成本合同约定产品的全部安装、调试工作。

六、验收

1、开箱验收，所供货物到货后，甲乙双方指定人员共同参加开箱检验，乙方负责开箱，双方所提供货物到货后，甲乙双方指定人员共同开展开箱检验，

乙方负责开箱，双方对货物名称、厂家、数量、品种、型号、规格等外观进行核对、检验。开箱验收如果核对无误，甲方或甲方指定使用单位在到货签收单上签字，到货签收单只作为外观检查的依据，不代表甲方对产品质量的最终验收及付款依据。如果在开箱检验中发现货物有任何短少、缺损、缺陷或与合同约定不符，甲方有权拒绝接收，乙方应无条件退换货直至合格，且需符合甲方要求，交货日期不予顺延。若双方代表就货物存在问题签署书面文件的，该文件将作为甲方要求乙方进行更换、维修、补充发货、退货的有效证据。

2、验收标准。甲方依据国家标准、产品厂家出厂标准、合同标准、合同附件、乙方的产品品质保证、质量承诺及甲方要求等，并需满足甲方稳定安全使用之合同目的进行验收，其中标准不一致的，以高标准为验收依据。若双方代表签署详细报告，该报告可作为甲方要求乙方进行更换、维修或补充发货的有效证据。

3、产品安装调试合格后，乙方提供运行报告申请初步验收，初步验收合格后，甲方组织相关人员进行最终验收。乙方提供产品验收合格报告单需甲方确认，甲方验收合格后出具的最终整体验收合格报告单作为付款的依据。验收的任何一个环节不合格的，乙方应无条件更换或退货，甲方有权拒绝支付合同款项，并不承担任何违约责任。

七、售后服务条款

1、质保期 5 年。质保期自甲方最终验收合格并出具的最终整体验收合格报告单起计算，在质保期内出现的质量问题，乙方给予免费维修、更换、升级。如因产品质量问题造成的一切后果由乙方承担。

2、质保期内，乙方接到甲方维修、更换、升级通知后，乙方 2 小时内给予明确答复，6 小时内上门服务，2 天内维修、更换、升级完毕。特殊情况（例如：硬件故障、装备损坏、部件损坏等）最长 5 日维修、更换、升级完毕，如乙方不能在上述期限内履行维修、更换、升级义务，甲方有权自行或委托第

三方维修、更换、升级，由此发生的费用由乙方承担，该费用甲方可直接从履约保证金或货款中扣除。

八、品质保证

1、乙方保证其提供的产品符合招标文件、投标文件、国家标准、行业标准、乙方产品说明书中所规定的产品的功能和性能、生产厂家参数标准以及双方约定的其它质量标准。前述说明书中包含排除乙方法定或约定义务内容的，或该说明书中承诺的质量标准低于本合同约定、国家或行业推荐性标准的，均属无效；除非甲方明确书面同意接受，否则本合同补充文件约定及产品支持文件中规定的乙方责任限制条款不适用于甲方。

2、乙方保证提供的产品能够使甲方实现合同目的并满足甲方需求和要求。

3、乙方保证其所提供的产品为产品原始生产厂家生产和制造；产品及其各部件为全新的、未使用过的，产品中的软件部分无病毒、无明显错误，能够充分实现、提供、具备相关设备说明中描述的功能、特点、内容和标准等；设备无设计或制造上的缺陷，并且根据设备的情况提供了适当的警示说明。

九、所有权及知识产权

1、乙方保证对其依据本合同向甲方所交付的设备拥有合法的所有权、知识产权及其它权益，保证不侵犯任何第三方合法的所有权、知识产权及其它任何权益，否则，由此产生的一切责任由乙方承担，并保证不使甲方受到任何损害，否则乙方应承担因此给甲方造成的全部损失。

2、合同产品中的硬件设备的所有权及风险、软件产品的使用权许可自甲方接收产品对产品最终验收合格并出具验收合格证明之日起转移给甲方。

十、保密

1、双方应对本合同履行过程中所知悉的双方商业秘密、技术成果、经营计划和战略、客户信息及其它非技术性信息承担保密义务。

2、未经双方书面同意，不得向社会公众或第三方通过任何途径出示、泄露与本合同相关的全部信息，不得对上述信息进行复制、传播和销售。双方同

时应约束其员工履行保密义务。否则乙方因此给甲方造成损失的，应当全部赔偿。

3、本条所约定的双方承担保密义务期限为永久，不因本合同终止而失效。

十一、履约保证金

1. 乙方在签订本合同前 5 个工作日内，向甲方缴纳合同总价 5% 的履约保证金，金额为 ¥88040.00 元。（请核实履约保证金是否已缴纳）

2. 设备安装调试完毕经甲方最终验收合格且质保期满后，乙方如期履约完成且不存在任何违约责任或者需扣除任何费用，甲方无息向原缴费账户退还履约保证金全款，否则不予退还或在扣除甲方认为应当扣除的费用后予以退还。

3. 若乙方未能按照合同约定履行，则甲方有权全额扣除履约保证金，对甲方造成的全部损失由乙方承担。

十二、付款方式

1、乙方将本合同约定的所有产品安装调试完成并经甲方最终整体验收合格后 10 个工作日内支付合同总金额 100%，即（大写）人民币 壹佰柒拾陆万零捌佰元整。

乙方确认以下账户为本合同项下指定、唯一收款账户。乙方指定收款账户如有错误或者变更的，应提前 10 个工作日书面通知甲方，否则由此产生的全部损失由乙方承担。

甲方以银行转账的方式支付合同款项，乙方指定的收款账户信息为：

开户名：西安合众集成机电科技有限公司。

开户行：招商银行股份有限公司西安枫林绿洲支行。

账 号：129919725710000。

2、甲方支付合同款项前，乙方应当向甲方提供等额合法有效且符合甲方要求的增值税专用发票，否则，甲方有权拒绝付款，且不承担任何违约责任。

甲方开票信息：

开户名：西安工业大学；

开户行：建行大明宫支行；

账 号：61001781300052502618。

十三、争议解决

双方在履行合同过程中，若发生争议，可以协商解决。如协商未果，双方向甲方所在地人民法院提起诉讼。乙方如果没有按照本合同约定履行各阶段义务，甲方有权解除合同。

十四、违约责任

1、乙方未按合同约定时间完成全部合同内容的，每逾期一日，向甲方支付本合同金额千分之三的违约金，即¥5282.4元；逾期15日，甲方有权单方解除本合同，合同解除后，甲方不向乙方支付任何费用，乙方应向甲方支付本合同金额30%违约金，并向甲方赔偿因此产生的全部损失。

2、乙方提供的产品以及安装调试服务不满足甲方或本合同约定要求，乙方应及时整改，乙方拒不整改或整改2次后仍不到位的，甲方有权单方解除本合同，合同解除后，甲方不向乙方支付任何费用，乙方还应向甲方支付本合同金额30%违约金，并向甲方赔偿因此产生的全部损失。

3、乙方逾期提供售后服务，每逾期一日，向甲方支付违约金5282.4元，并赔偿给甲方造成的全部损失。

4、乙方应对提供的产品与安装调试服务质量、质保期内提供售后服务质量负全部责任，若因乙方提供产品、与服务过程中导致甲方损失，由乙方负责全部向甲方赔偿。

5、乙方工作人员因任何原因给甲方造成损失或侵害，包括但不限于甲方本身的财产损失、由此而导致的甲方对任何第三方的法律责任等，乙方对此均应承担全部的赔偿责任。乙方在项目实施过程中所引起的任何人身损害、对第三方侵害、经济、劳务和劳动纠纷全部由乙方承担赔偿责任。

6、本合同项下甲方的损失包括但不限于：甲方的实际损失；预期利益损失；因乙方违约造成甲方解除本合同后就本合同项下产品另行向其他第三方购

买而产生的差价；使用第三方设备产生的费用；因乙方违约造成甲方向第三方承担违约责任的所有费用；其他因乙方违约而产生的关联费用。

7、甲方为实现本合同项下所有权益发生的费用，包括但不限于诉讼费、仲裁费、财产保全费、为申请财产保全而向第三方支付担保费或保险费、差旅费、通讯费、执行费、评估费、拍卖费、公证费、送达费、公告费、律师代理费及律师风险代理费等，由乙方承担。

8、本合同约定的违约金、赔偿损失、各项费用等，甲方有权直接从货款或履约保证金中扣除，并不承担任何责任。

9、如甲方无正当理由逾期付款的，以逾期未付款项为基数，按照全国银行间同业拆借中心公布的一年期贷款利率（即LPR）计算逾期利息。对虽逾期但甲方已支付的款项，乙方同意放弃逾期利息。

十五、其他

1、除双方签署书面补充协议，本合同条件不可变更；本合同及其附件替代双方以前或执行本合同过程中所做的任何口头交流、声明或合同。

2、本合同壹式伍份，甲方叁份，乙方贰份，具有同等的法律效力，经双方共同签署确认的合同附件为有效附件，本合同与招投标文件具有同等法律效力。附件条款不得与合同条件矛盾，相互矛盾的，以对甲方有利的内容为准。

3、本合同自甲乙双方签字盖章之日起生效。

（以下为西安工业大学 5G-A 空地激光组网设备、空地一体化感知探测设备、低空经济 5G5G-A 通感一体接入侧实验设备采购合同签字盖章页，无正文）

甲方（盖章）：西安工业大学

乙方（盖章）：西安合众集成机电科技有限公司

法定代表人/委托代理人（签字）

法定代表人/委托代理人（签字）牛书霞

日期：2026年7月24日

日期：2026年7月16日

附件

依项目情况订立

设备技术文件（具体内容）

技术方案

一.5G-A 空地激光组网设备：



产品介绍：

本无人机激光通信设备深度融合优质大气窗口激光传输技术、高精度光电自主跟踪系统高速专用数据传输架构，可搭建空地、空空、空海舰艇全维度无线激光通信链路，精准攻克传统射频无线通信抗干扰能力弱、传输速率受限、信息保密等级低、链路稳定性不足等行业痛点，可全域适配低空无人机全域侦察、地质灾害应急组网、海上舰船空基通信、航空遥感高清图传等多元作业场景。

设备采用一体化跟踪通信集成一体化结构设计，内置高像素探测成像相机、光电探测器复合型传感模组，搭配自研智能闭环跟踪算法，可实时解算通信双方动态位移偏移量；配套专用可视化人机交互上位机，集成手动粗调/精细化对光、光斑自主识别、框选目标不间断锁定跟踪多重作业模式，大幅降低人工对光调试门槛，可在大气湍流扰动、户外强风平扰无人机高速机动变姿等恶劣工况下，持续维系高稳定性激光通信链路。

主要技术参数：

1.激光通信通用光学天线：

- （1）发射天线增益超过 30dB；
- （2）光束发散角范围 为 0.1mrad~2mrad；
- （3）接收天线增益超过 30dB；
- （4）视场角为 1mrad~15mrad；

(5) 天线口径 10cm~50cm。

2.无人机激光通信空基载荷:

▲ (1) 重量: 5kg;

(2) 扫描范围方位轴 为 $0^{\circ}\sim 359^{\circ}$; 扫描范围为俯仰轴 $0^{\circ}\sim -90^{\circ}$;

(3) 光学天线入瞳尺寸超过 90mm;

▲ (4) 发射束散角为 2mrad;

3.激光通信地面站:

(1) 转台方位轴范围 $0^{\circ}\sim 359^{\circ}$;

(2) 转台俯仰轴范围 $0^{\circ}\sim 90^{\circ}$;

(3) 接收口径 $\leq 50\text{mm}$;

▲ (4) 标准有效作业距离 550m, 500m 范围内具备高精度目标自主识别、闭环跟踪能力, 通信可靠性拉满;

4.无人机平台:

(1) 空载重量 $\geq 8\text{Kg}$;

(2) 最大起飞重量 22kg;

(3) 最大飞行速度 13m/s,

(4) 海拔升限 4100 米;

(5) 抗风能力 14m/s (7 级)。

证明材料:

无人机激光通信系统产品资料

一、产品概述

1.1 产品简介

本无人机激光通信设备深度融合优质大气窗口激光传输技术、高精度光电自主跟踪系统、高速专用数据传输架构，可搭建空地、空空、空海舰艇全维度无线激光通信链路，精准攻克传统射频无线通信抗干扰能力弱、传输速率受限、信息保密等级低、链路稳定性不足等行业痛点，可全域适配低空无人机全域侦察、地质灾害应急组网、海上舰船空基通信、航空遥感高清图传等多元作业场景。

设备采用一体化跟踪通信集成一体化结构设计，内置高像素探测成像相机、光电探测器复合型传感模组，搭配自研智能闭环跟踪算法，可实时解算通信双方动态位移偏移量；配套专用可视化人机交互上位机，集成手动粗调/精细化对光、光斑自主识别、推选目标不间断锁定跟踪多重作业模式，大幅降低人工对光调试门槛，可在大气湍流扰动、户外强风干扰、无人机高速机动变姿等恶劣工况下，持续维系高稳定性激光通信链路。

1.2 核心应用场景

- 低空作业无人机全域监测数据低延时实时回传；
- 山地密林、地质灾害损毁区域等电磁受限场景，应急指挥专属无线保密通信组网；
- 海上作战/民用舰船与空中无人机平台远距离、高保密双向数据交互；
- 航空航天野外隐秘侦察、长距离定点常态化监测数据传输。

1.3 产品核心优势

- 适配性传输速率：发射束散角 2mrad，标准通信速率可达 50kbps，可稳定承载无人机飞行控制指令、图片等业务数据传输，发射天线增益超过 30dB，光束发散角 0.1mrad~2mrad，接收天线增益超过 30dB，视场角 1mrad~15mrad，天线口径 10cm~50cm，光学天线入瞳尺寸超过 90mm。
- 中近距链路稳定：标准有效作业距离 550m，500m 范围内具备高精度目标自主识别，闭环跟踪能力，通信可靠性拉满；
- 全自主双向跟踪：依托光电传感采集+闭环校正算法双重技术架构，实时动态补偿光束偏移，作业无需人工高频干预。
- 复杂工况高适配：具备强抗大气湍流、抗户外风力、抗载体机动干扰能力，实现远距离低误码率保密传输；
- 可视化简易运维：配套专属可视化显示终端，实时可视化呈现成像画面、激光功率、转台姿态、链路跟踪四大核心状态；支持鼠标可视化点位操控转台，人机交互便捷高效；
- 多设备通用兼容：搭载多制式通信协议、多格式通用数据接口，可无缝适配工业无人机、地面指挥中控终端、海事船舶专用通信设备，对接适配性强，转台方位轴范围 0°~359°，转台俯仰轴范围 0°~90°，接收口径≤50mm；
- 轻量化机载构型：空基整机载自重≤5kg，满足 8kg 以内机载挂载承重限值，可直接适配主流大型工业无人机标准化挂载作业，扫描范围方位轴 0°~359°，扫描范围俯仰轴 0°~90°，最大起飞重量 22kg，最大飞行速度 13m/s，海拔升限 4100 米，抗风能力 14m/s (7 级)。

二、全套系统组成

整套无人机激光通信系统采用分体式架构设计，整体划分为空基无人机机载载荷、地面固定式激光通信站两大独立单元，各单元模块化布局，拆装运维便捷，具体组成如下：

- 空基无人机载荷：机载激光通信吊舱；

- 地面激光通信站：地面光学通信吊舱。

参数	单位	Min.	Typ.	Max.	说明
工作波长	nm	-	905	-	
工作距离	m	-	550	-	
出光口径	mm	-	50	-	
工作电压	V	-	24	-	
工作温度	°C	-	0~60		
存储温度	°C	-	-20~60		
重量	KG	-	5		



诚信 创新 超越 共赢

创新光电技术·服务智慧未来

无人机激光 通信设备

高速稳定·安全可靠·轻量高效



产品介绍

本设备搭载高精度跟踪成像捕获系统，搭配轻量化碳纤维光电吊舱与智能控制系统，载重量小，适配多型号无人机挂载作业。设备采用红外光波段，传输速率可达G/Tbps量级，抗干扰能力强，保密性优异。可灵活构建无人机点对点直连、多机群组网拓扑架构，支撑空中移动平台间远距离、实时高速双向通信。



高速传输
G/Tbps量级



抗干扰强
保密性优异



灵活组网
多机协同



远距离通信
实时双向传输

技术指标

项目	参数
天线口径	50mm
通信速率	100kbps内
跟踪距离	550米
通信波长	905nm
通信功能	数据透传
自动跟踪	有
工作环境	-20~60℃
信号发射角	0.1mrad~2mrad
吊舱重量	≤5kg



应用领域



电力巡检



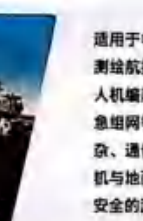
应急通信



边境巡查



测绘航拍



军事侦察

适用于电力巡检、应急通信、边境巡查、测绘航拍及军事侦察等场景，可满足无人机编队协同、高空实时回传、野外应急组网等高速数据传输需求。在电磁复杂、通信保密要求高的环境下，为无人机与地面站、机间互联提供稳定、高速、安全的激光通信链路支撑。

5.地面移动平台：



产品介绍：

智能汽车完成人工智能、无人驾驶、图像处理与运控控制等相关课程的学习，理论+实践共 48 课时。支持 C++/Python 语言编程，基于百度飞桨（PaddlePaddle）AI 框架和 OpenCV 图像处理技术，实现在线 AI 模型训练、移动端部署、赛道识别与交通标志检测，车辆控制以及巡线导航等功能。产品采用双主控架构，控制主板为 Edgeboard 计算卡，负责复杂算法和图像处理工作，控制单元为 GD32 系列单片机，负责竞速自动驾驶小车运动传感器数据采集、电机控制等工作，并具备摄像头、编码器、电量计等传感器。

主要技术参数：

- （1）控制主板为 Edgeboard 计算卡,控制主板：8 核，
- （2）内存 4GB，存储 64GB；
- （3）最快行驶速度 10m/s；
- （4）最大爬坡角度 15 度；
- （5）搭载深度立体相机，最大探测距离 15m；
- （6）深度立体相机探测精度 5mm；
- （7）配置 2 台带编码器直流减速电机，额定电压 24v；
- （8）配置 1 个 IMU6 轴惯性传感器，含三轴加速度计、三轴陀螺仪。

证明材料：

2. 包含 1 块 3S 25C 锂电池 标称 11.1V , 容量 2200mAh , 能机控制阿克曼转向。
最大速度 10m/s, 最小转弯半径 25cm。
证明见产品使用手册截图。

类别	名称	参数
智能汽车基础参数	尺寸	318*190*110mm
	系统环境	Linux 系统
	控制主机	EdgeBoard 计算卡
	控制单元	GD32 系列单片机
	转向方式	舵机控制阿克曼转向
	最小转弯半径	25cm
	动力来源	锂电池驱动
	电机	直流高速电机, 额定电压 12V, 空载转速 12000rpm
	舵机	高精度数字舵机, 0.145s/90°
	最大速度	10m/s
	电池	3S 25C 锂电池, 标称 11.1V , 容量 2200mAh
	摄像头	640*480 分辨率 30 万像素摄像头
	轮胎	橡胶轮胎
	车架	工程塑料
	通信方式	支持 Ethernet, USB, UART, CAN, RS485

1) 提供 1 块 3S 25C 锂电池 标称 11.1V , 容量 2200mAh , 实物图片如下:

3. 系统环境: Linux 系统 Ubuntu18.04 及以上配置。



4. 控制主机: 8 核, 处理器 A77*4 核(主频 2.00Hz)+A55*4 核(主频 1.80Hz), 内存 4GB, LPDDR4x, AI 算力 3.2TOPS@int8。



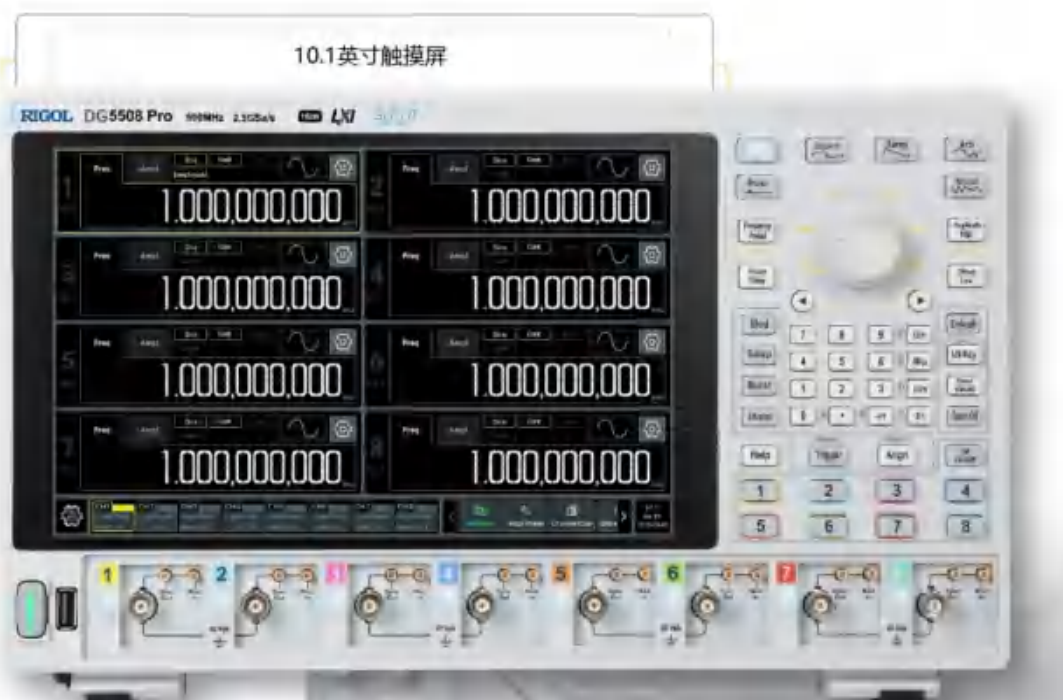
- 6. 最大爬坡角度 15°
- 7. 搭载深度立体相机, 最大探测距离 15m。
- 8. 深度立体相机探测精度 5mm。
- 9. 配置 2 台带编码器的直流减速电机, 额定电压 24V。
- 10. 配置 1 个 IMU6 惯性传感器, 含三轴加速度计、三轴陀螺仪。
- 11. 提供 1 台直流高速电机, 额定电压 12V, 空载转速 12000rpm



类别	名称	参数
智能汽车基础参数	尺寸	318*190*110mm
	系统环境	Linux 系统
	控制主机	EdgeBoard 计算卡
	控制单元	GD32 系列单片机
	转向方式	舵机控制阿克曼转向
	最小转弯半径	25cm
	动力来源	锂电池驱动
	电机	直流高速电机, 额定电压 12V, 空载转速 12000rpm
	舵机	高精度数字舵机, 0.145s/90°
	最大速度	10m/s
	电池	3S 25C 锂电池, 标称 11.1V , 容量 2200mAh
	摄像头	640*480 分辨率 30 万像素摄像头
	轮胎	橡胶轮胎
	车架	工程塑料
	通信方式	支持 Ethernet, USB, UART, CAN, RS485

6.台式任意波形发生器:

5G 信号测试系统（函数/任意波形发生器）



产品介绍:

函数/任意波形发生器具有 **2.5 GSa/s** 最高采样率，**64 Mpts/CH**（选配 **128 Mpts/CH**）最大存储深度，集函数发生器、任意波形发生器、噪声发生器、脉冲发生器、谐波发生器、模拟/数字调制器等功能于一身，是一款多功能、高性价比的多通道函数/任意波形发生器。

主要参数:

- ▲（1）带宽 500MHz;
- （2）4 模拟输出通道
- （3）最高采样率 2.5GSa/s;
- （4）分辨率 16bit。

证明材料:

函数任意波形发生器



产品特点

产品特点

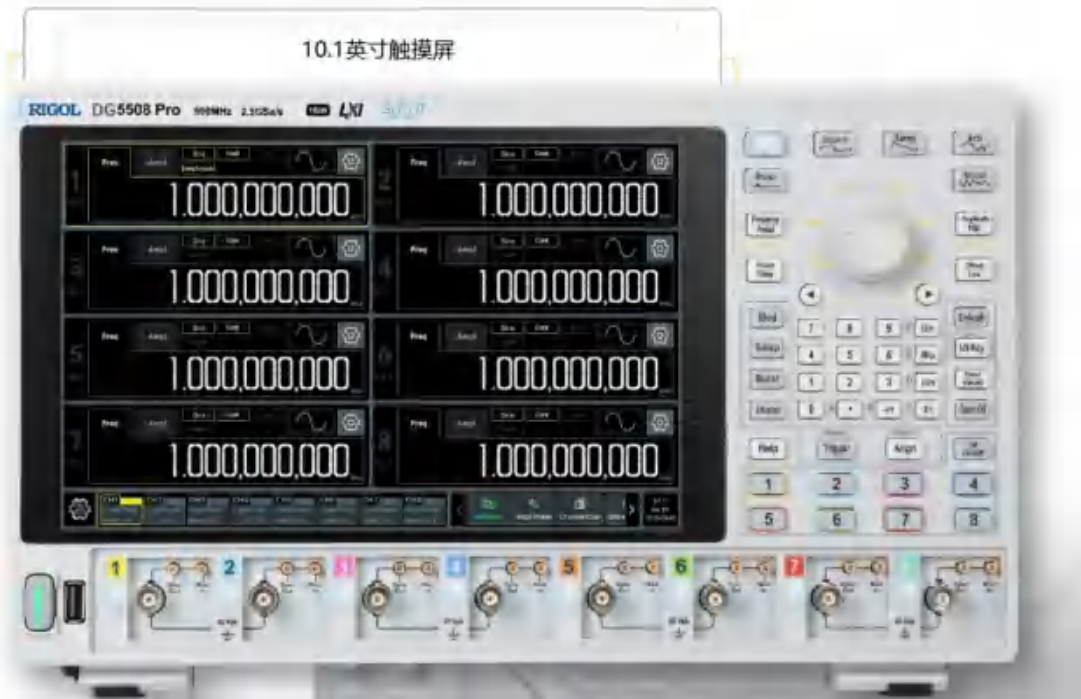
- 2/4/8 通道输出，对地隔离
- 最高采样率 2.5 GSa/s
- 最高输出频率 500 MHz
- 垂直分辨率 16 bit
- 方波最高频率 170 MHz，上升时间低至 0.8 ns
- 脉冲波最高频率 120 MHz，最小脉宽 4.2 ns
- 内置最高 20 次谐波发生器
- 最大任意波长度达 64 Mpts/CH（选配 128 Mpts/CH）
- 支持选配序列、IQ、多脉冲、码型和多音输出
- 10.1 英寸高清触控大屏，方便您对多通道波形同时进行参数设置
- 标配 Web Control 网页控制功能，远程协作更加便捷

主要性能指标

- 500 MHz模拟带宽
- 2.5 GSa/s最高采样率
- 16 bit垂直分辨率
- 2/4/8模拟输出通道
- 128 Mpts/CH最大任意波长度
- 512序列多数据

7.混合信号示波器：

5G 信号测试系统（数字示波器）



产品介绍:

数字示波器是针对最广泛的主流数字示波器市场的设计、调试、测试的需求而设计的 8 通道高分辨率数字示波器。搭载全新自研半人马座技术平台，实现了 1,000,000 次/秒波形捕获率（快速录制模式）、500 Mpts 存储深度、12 bit 分辨率、优秀的本底噪声性能和垂直测量精度，能满足更高精度的测量需求。数字示波器，支持任意波形发生器、数字信号分析、伯德图等不同功能组合。支持电池包供电，满足各种复杂的测量场景。

主要参数:

- （1）带宽 1GHz;
- （2）16 个数字通道；
- （3）最大模拟通道采样率 4GSa/s
- （4）最大存储深度 500 Mpts。

证明材料:

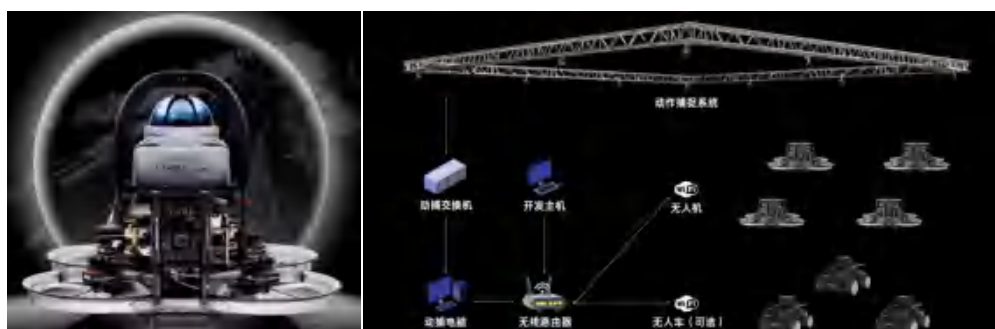
模拟通道	2/4+EXT	2/4+EXT	4+EXT	4/6/8+EXT
数字通道	无	无	无	MHO 型号标配
模拟带宽	200 MHz	200 MHz	800 MHz	1 GHz
最大采样率	2 GSa/s	2 GSa/s	4 GSa/s	4 GSa/s
最大存储深度	50 Mpts	100 Mpts (选配)	500 Mpts (选配)	500 Mpts
波形捕获率	≤500,000 wfms/s	≤1,500,000 wfms/s	≤1,500,000 wfms/s	≤1,000,000 wfms/s
最大波形录制帧数	500,000 帧	500,000 帧	500,000 帧	500,000 帧
显示器	10.1 英寸高清触控屏	10.1 英寸高清触控屏	10.1 英寸高清触控屏	10.1 英寸高清触控屏
硬件模板测试	标配	标配	标配	标配
内置任意波形发生器	无	无	无	选配
内置数字电压表	标配	标配	标配	标配
内置硬件计数器	6 位频率计+累加器	6 位频率计+累加器	6 位频率计+累加器	6 位频率计+累加器
搜索和导航	支持列表显示	支持列表显示	支持列表显示	支持列表显示
电源分析	无	无	选配	选配
直方图	无	无	无	标配
串行协议分析	RS232/UART, I2C, SPI, CAN, CAN-FD, LIN, FlexRay, I2S, MIL-STD-1553	RS232/UART, I2C, SPI, CAN, CAN-FD, LIN, FlexRay, I2S, MIL-STD-1553	RS232/UART, I2C, SPI, CAN, CAN-FD, LIN, FlexRay, I2S, MIL-STD-1553	RS232/UART, I2C, SPI, CAN, CAN-FD, LIN, FlexRay, I2S, MIL-STD-1553
波形彩色余晖	标配	标配	标配	标配
FFT	FFT, 标配	FFT, 标配	FFT, 标配	FFT, 标配
MATH	同时显示 4 个函数	同时显示 4 个函数	同时显示 4 个函数	同时显示 4 个函数
连通性	标配: USB, LAN, HDMI	标配: USB, LAN, HDMI	标配: USB, LAN, HDMI	标配: USB, LAN, HDMI

模拟带宽 (50 Ω , -3 dB)	500 MHz		1 GHz
模拟带宽 (1 M Ω , -3 dB)	500MHz		
50 Ω 下计算出的上升时间 (10%~90%, 典型值)	750 ps	750 ps	≤ 400 ps (单通道 ^[1] & 半通道 ^[2]) ≤ 440 ps (全通道 ^[3])
输入通道数	MHO5054/MHO5104: 4 个模拟通道 + 1 个 EXT 通道 + 16 个数字通道 MHO5056/MHO5106: 6 个模拟通道 + 1 个 EXT 通道 + 16 个数字通道 注: 数字通道需选购逻辑探头		
最大模拟通道采样率	4 GSa/s (单通道 ^[1] & 半通道 ^[2]), 2 GSa/s (全通道 ^[3])		
技术指标综述			
最大存储深度	500 Mpts (单通道 ^[1] & 半通道 ^[2]), 250 Mpts (全通道 ^[3])		

9

9

二. 空地一体化感知探测设备（核心）



产品介绍:

空地一体化感知探测设备是一套基于无人机和无人车的室内多智能体集群编队实验平台，配套丰富的二次开发例程和简洁的集群控制地面站，支持集群控制、路径规划、目标识别、任务决策等教学任务和算法验证。实验平台基于高精度光学动作捕捉系统，能够在室内实时获得多智能体的三维空间位姿，实现了多智能体的闭环稳定控制。

核心内容介绍:

1.定位镜头

光学三维动作捕捉系统



产品介绍:

精准捕捉

得益于十位灰阶深度+GrayScale 图像处理算法的双优组合，NOKOV 度量科技光学三维动作捕捉系统可以进行最精确的运动捕捉。从 Mars1.3H 到 Mars26H，各款捕捉镜头均经过合理的配置设计，植物枝叶生长运动的细微，螺旋翼飞速转动的高频。

迅速实时

捕捉镜头内置图像处理器，所有数据经云计算之后传输，镜头连接采用并联...NOKOV 度量科技愿意采用一切可能的方式来保证数据的实时迅速，让用户可以在同一时间观察到目标的每一个动作。

简约耐用

反光标志点（Marker）小巧轻便且无线无源，不发光，不发热，无辐射且不易损坏；并联方式连接，保证高实时性的同时提高了系统稳定性；高功率 HLED 发光器，让光源更集中且高效耐用；集成 POE 数电同传技术——镜头至连接器仅需一根线！从基本原理到细节设计，一切简单友好而又强悍耐用！

兼容实用

NOKOV 度量科技 光学三维动作捕捉系统赋予了捕捉镜头和工作界面极强的兼容性。系统软件适应于各种应用环境中，提供全部实时的软件操作，支持包括步态分析、影视动画、生物力学、虚拟现实、人机工程、运动技术分析等在内的诸多应用途径。

主要参数:

- (1) 配置镜头数量：8 台；
- (2) 单台镜头最大分辨率：130 万像素（1280×1024）；

- (3) 最高分辨率模式下最大采集频率：240Hz。
- (4) 视场角 95°×74°；
- (5) ▲支持软件手动 / 指令触发采集，具备镜头控制与状态反馈功能
- (6) ▲配套采集软件支持多源设备数据对接采集，可兼容机器人视觉、传感、音频等多类型数据接入，支持二次开发适配拓展采集需求。

证明材料：

镜头规格

Camera Features

- 连接器是否支持镜头扩展：是
- 连接类型：Ethernet
- 连接方式：并联连接
- 数据线连接类型：RJ45 标准网线
- 镜头连接线：集成 POE 数电同传
- 最大镜头组合数量：不限

系统组件

What is in the Packe

- Mars1.3HW (130 万像素)
- 数量：8 台
- 视场角：95°×74°
- 1280×1024 @240Hz
- 观测距离：9m
- 延迟：4.0ms

连接性能

Connection Feature

- 选定型号的 NOKOV 镜头
- 连接器、三脚架/墙面支架/C 型夹，三向云台，连接线
- 标定杆 (含 T 型、L 型标定杆各一套)
- 专用软件，反光标志点

软件特征

硬件控制及系统校准等基础功能

- 支持软件手动 / 指令触发采集，具备镜头控制与状态反馈功能
- 软件支持麒麟系统，可在麒麟系统下进行可视化操作，且通过麒麟软件认证
- 软件支持不同型号镜头、新旧不同版本镜头程序的镜头混搭使用
- 软件支持长时间使用时支持自动更新标定，即系统无需重复标定操作
- 在标定结束后，软件自动给出标定结果的评估意见，该评估意见直观、定性
- 软件支持锚点标定，即标定完成后，可通过固定靶球对系统自动更新标定，长时间使用无需重复标定操作也能保证系统运行稳定
- 软件 2D 视图实时显示镜头 IP、镜头型号、镜头程序版本信息等重要硬件参数
- 鼠标移至镜头 2D 视图上时，软件可显示鼠标所在的坐标信息 (pixel)，该信息显示支持自定义打开或关闭
- 支持在 3D 视图中显示镜头和与该镜头相关的标志点 (Marker) 的连接线
- 支持在 3D 视图中标志点 (Marker) 的直径设置
- 可一键连续自动遮蔽场地内所有干扰噪点 (即具备连续自动噪点遮蔽功能)，同时也支持手动遮蔽操作
- 软件支持中文、英文两种版本
- 软件支持实时 (Live Mode) 与后处理 (Post Process) 两种模式
- 产品具有 2D 图像显示软件、3D 图像显示软件、数据采集软件的自主知识产权
- 支持安卓终端系统的手机安装控制 APP，无需经过 PC、可直接与动作捕捉镜头通讯，支持通过 APP 对动作捕捉镜头进行参数调节 (亮度、阈值、帧率等)，支持灰度图的采集和显示
- 支持远程控制，支持通过第三方软件对软件的播放、录制、停止等进行控制
- 软件支持局部标定，即部分镜头移动的情况下，只需在被移动镜头前挥 T 型杆，即可快速重新标定
- 配套采集软件支持多源设备数据对接采集，可兼容机器人视觉、传感、音频等多类型数据接入，支持二次开发适配拓展采集需求

2.科研无人机：3 台

科研无人机实验平台



产品介绍：

科研无人机实验平台是专为科研人员设计的无人机实验平台，适用于无人机/机器人/人工智能相关算法的理论验证和应用开发。**Sunray** 系列无人机基于 **Sunray** 开源项目，提供简单易用的二次开发接口和丰富的 **demo** 教学例程，开源代码涵盖控制模块、**SLAM** 模块、规划模块以及目标检测模块等相关研究方向，为无人机科研开发助力！

主要参数：

▲（1）整机规格：轴距 152mm，续航时间约 11 分钟，起飞重量 1080g；

证明材料：

Sunray · 150

科研无人机实验平台



轴距
150mm



续航
17mins



集群控制
地面站



线上答疑



SLAM



集群编队



室内
动捕定位



ROS



避障算法



- » 稳定可靠：无人机结构及硬件经过资深无人机开发团队系统性设计、选型及测试
- » 配置多样：用户可自由搭配单目、双目、雷达等多种传感器组合，应对不同的任务需求
- » 二次开发：Sunray项目代码全开源，提供简单易用的二次开发接口和丰富的Demo教学例题
- » 功能丰富：无人机配套单体控制、集群控制、导航定位、路径规划、目标识别等示例代码和操作手册
- » 高效研发：开发平台基于ROS框架，支持Gazebo可视化仿真，快速实现自研算法部署
- » 集群编队：具备稳定的飞行控制和较小的轴距，适合开发和验证无人机集群的协同能力
- » 配备地面站：Sunray地面站支持无人机状态实时监控和控制指令实时下达
- » 售后服务：提供在线文档、线上/下培训和售后答疑服务，确保客户轻松上手且售后无忧

技术参数

Sunray-150-基础款



Sunray-150-三维激光雷达款



轴距	152mm	152mm
机架	高性能碳纤维板+保护圈	高性能碳纤维板+保护圈
起飞重量(含电池)	约750g	约1080g
续航时间(悬停)	约17分钟	约11分钟
飞控	高性能小体积飞控：主控：ST32H743@480Mhz，内置气压计、陀螺仪、加速度计等传感器，UART串口*7、I2C接口*1、SPI接口*1、PWM接口*8、TypeC接口*1	
电源板	自研升降压一体电源板：输入电压为10V-21V，支持输出两路供电（电压可配置为：5V、12V、19V）	
电池	自研4500mAh高能量密度锂电池，带电量显示	
遥控器	Radiomaster-Pocket-CC2500	
机载电脑	N150：x86架构、搭载Intel N150四核处理器（3.6GHz，4核4线程）	
光流传感器	支持室内悬停定位，高度有效范围0.05-2米	
前视单目	有	
下视单目	无	有
三维激光雷达	无	MID-360
飞控软件	PX4稳定版本，代码全开源	
机载软件	预装Ubuntu 20.04系统及ROS，预装Mavros、Sunray开发包及其他相关软件功能包	
地面站	提供Sunray地面站软件	
控制接口	提供一键起飞、降落、悬停、惯性系位置控制、机体系位置控制、惯性系速度控制、机体系速度控制等接口	
基础例程	提供起飞降落、航点追踪、方形轨迹、圆形轨迹、六边形轨迹等例程	
高级例程	无	预装Fast-LIO2三维激光SLAM算法（实现室内悬停定位）、预装EGO-planner避障算法（实现简易环境避障）提供基于Aruco码识别跟随、基于Aruco码识别精准降落
售后培训	提供免费的线上培训（半天）、可预约线下培训（收费）	
售后答疑	提供为期一年的售后在线答疑	

（2）飞行控制器：内置气压计、陀螺仪、加速度计等传感模块，标配 UART、I2C、SPI、PWM、Type-C 拓展接口；

证明材料：

飞控规格

< NxtPX4 v2 >

BASIC

型号	NxtPX4
硬件版本	v2
尺寸	27mm*32mm*8mm
定位孔	M3 孔间距20*20mm
重量	6.5g

传感器

陀螺仪	BMi088/BMi088(Dual)
加速度计	BMi088/BMi088(Dual)
磁力计	无
气压计	SPL06

接口

UART	7
I2C	1
SPI	1
PWM	8
SWD	1
Current ADC	1
USB-TYPE-C	1
TF slot	1

固件支持

PX4
ArduPilot

MCU

MCU	STM32H743VIH6@480MHz
RAM	1056KB
Flash	2048KB

工作环境

VBAT输入电压	2-6S
工作温度	-40°C - 80°C

电源输出

BEC 9V 2.5A
BEC 5V 2.5A

(3) 机载单目摄像头：分辨率 1920×1200；

证明材料：

1. Key Specifications (主要规格)

产品型号	USB 摄像模组	
感光片	(1/2.6") AR0234CS	
最高有效像素	1920(H) *1200(V)	
Lens Size	1/2.6 inch (16 : 9)	
Pixel Size	3.0um *3.0um	
Image area	5.7mm x 4.28mm	
输出图像格式	MJPEG / YUV2 (YUYV)	
支持的分辨率和帧率	1920*1080 @ 60fps MJPEG 1280x960 @ 60fps MJPEG 1280x720 @ 60fps MJPEG 800x600 @ 60fps MJPEG 640x480 @ 60fps MJPEG	1920*1080 @ 60fps YUV 1280x960 @ 60fps YUV 1280x720 @ 60fps YUV 800x600 @ 60fps YUV 640x480 @ 60fps YUV

▲（4）三维激光雷达：水平视场 FOV360°，竖直视场 FOV≥-7°~52°，点云帧率 10Hz，点云输出 20 万点 / 秒；
证明材料：



基础参数

型号	Mid-360S
激光波长	905 nm
人眼安全级别 ¹	Class 1 (IEC60825-1:2014), 人眼安全
量程 (@ 100 klx)	40 米@10% 反射率 (典型值) 100 米 (截止量程)
近处盲区 ²	0.1 米
FOV	水平 360°, 竖直 -7°~52° (典型值)
测距随机误差 ³ (1σ)	≤2 厘米 ⁴ (@10 米) ≤4 厘米 ⁵ (@0.2 米)
角度随机误差 (1σ)	<0.15°
点频	200,000 点/秒 (可配置第一回波)
点云帧率	10 Hz (典型值)

(5) 标配单机控制 Demo 例程:

▲ (5.1) 基础起降: 自动解锁起飞、定点降落;

证明材料:

运行示例(示例为脚本启动,在scripts_exp中打开终端后再输入指令)

- 起飞悬停降落: 该示例会使无人机自动解锁、起飞,并悬停一段时间后降落
- 文件: `Sunray/scripts_exp/demo_takeoff_hover_land.sh`
- 脚本内容:

```
1 gnome-terminal --window -e 'bash -c "roslaunch sunray_uav_control sunray_mavros_exp.launch; exec bash"' \
2 --tab -e 'bash -c "sleep 8.0; roslaunch sunray_uav_control external_fusion.launch external_source:=3 enab
3 --tab -e 'bash -c "sleep 5.0; roslaunch sunray_uav_control sunray_control_node.launch uav_id:=1; exec bas
4 --tab -e 'bash -c "sleep 2.0; roslaunch sunray_uav_control terminal_control.launch uav_id:=1; exec bash"'
5 gnome-terminal --window -e 'bash -c "sleep 15.0; roslaunch sunray_tutorial run_demo.launch demo_id:=1 ua
```

- 终端启动:

```
1 ./demo_takeoff_hover_land.sh
```

▲ (5.2) 航点追踪: 支持离散航点自主飞行控制;

证明材料:

航点配置功能



航点配置界面

▲（5.3）轨迹飞行：方形轨迹、圆形轨迹、六边形轨迹自主巡航并返航降落；

证明材料：

- 绘制四边形：该示例会使无人机自动解锁、起飞，然后依次使用位置控制朝着四个目标点飞行形成四边形，然后回到原地降落
- 文件：Sunray/scripts_exp/demo_block_pos.sh
- 脚本内容：

```
1 gnome-terminal --window -e 'bash -c "roslaunch sunray_uav_control sunray_mavros_exp.launch; exec bash"' \
2 --tab -e 'bash -c "sleep 8.0; roslaunch sunray_uav_control external_fusion.launch external_source:=3 enab
3 --tab -e 'bash -c "sleep 5.0; roslaunch sunray_uav_control sunray_control_node.launch uav_id:=1; exec bas
4 --tab -e 'bash -c "sleep 2.0; roslaunch sunray_uav_control terminal_control.launch uav_id:=1; exec bash"'
5
6 gnome-terminal --window -e 'bash -c "sleep 15.0; roslaunch sunray_tutorial run_demo.launch demo_id:=2 ua
```

- 终端启动：

```
1 ./demo_block_pos.sh
```

- 绘制六边形：该示例会使无人机自动解锁、起飞，然后使用机体系位置控制的形式进行六边形轨迹的移动，最后回到原地位置
- 文件：Sunray/scripts_exp/demo_hexayon.sh
- 脚本内容：

```
1 gnome-terminal --window -e 'bash -c "roslaunch sunray_uav_control sunray_mavros_exp.launch; exec bash"' \
2 --tab -e 'bash -c "sleep 8.0; roslaunch sunray_uav_control external_fusion.launch external_source:=3 enab
3 --tab -e 'bash -c "sleep 5.0; roslaunch sunray_uav_control sunray_control_node.launch uav_id:=1; exec bas
4 --tab -e 'bash -c "sleep 2.0; roslaunch sunray_uav_control terminal_control.launch uav_id:=1; exec bash"'
5 gnome-terminal --window -e 'bash -c "sleep 15.0; roslaunch sunray_tutorial run_demo.launch demo_id:=5 ua
```

- 终端启动：

```
1 ./demo_hexayon.sh
```

▲（5.4）智能算法：标配单机控制 Demo 例程，支持自动起降、航点追踪、多轨迹自主巡航功能；设备支持部署主流 SLAM 定位、视觉识别、自主路径规划算法等行业通用算法。

证明材料：

运行示例(示例为脚本启动,在scripts_exp中打开终端后再输入指令)

- 起飞悬停降落：该示例会使无人机自动解锁、起飞，并悬停一段时间后降落
- 文件：Sunray/scripts_exp/demo_takeoff_hover_land.sh
- 脚本内容：

```
1  gnome-terminal --window -e 'bash -c "roslaunch sunray_uav_control sunray_mavros_exp.launch; exec bash"' \
2  --tab -e 'bash -c "sleep 8.0; roslaunch sunray_uav_control external_fusion.launch external_source:=3 enab
3  --tab -e 'bash -c "sleep 5.0; roslaunch sunray_uav_control sunray_control_node.launch uav_id:=1; exec bas
4  --tab -e 'bash -c "sleep 2.0; roslaunch sunray_uav_control terminal_control.launch uav_id:=1; exec bash"'
5  gnome-terminal --window -e 'bash -c "sleep 15.0; roslaunch sunray_tutorial_run_demo.launch demo_id:=1 ua
```

- 终端启动：

```
1  ./demo_takeoff_hover_land.sh
```

航点配置功能



航点配置界面

SLAM 模块

- Sunray-150-激光雷达版支持运行多种前沿雷达 slam 算法，如 fast-lio2 等能够实现高精度、高鲁棒性的室内外定位。无人机内已经预编译了雷达相关驱动与 fast-lio2 算法。到手即可实现室内外自主定位与定点飞行。



Fast-LIO2 定位 + 建图

- **绘制四边形：**该示例会使无人机自动解锁、起飞，然后依次使用位置控制朝着四个目标点飞行形成四边形，然后回到原地降落
- **文件：**`Sunray/scripts_exp/demo_block_pos.sh`
- **脚本内容：**

```
1 gnome-terminal --window -e 'bash -c "roslaunch sunray_uav_control sunray_mavros_exp.launch; exec bash"' \
2 --tab -e 'bash -c "sleep 8.0; roslaunch sunray_uav_control external_fusion.launch external_source:=3 enab
3 --tab -e 'bash -c "sleep 5.0; roslaunch sunray_uav_control sunray_control_node.launch uav_id:=1; exec bas
4 --tab -e 'bash -c "sleep 2.0; roslaunch sunray_uav_control terminal_control.launch uav_id:=1; exec bash"'
5
6 gnome-terminal --window -e 'bash -c "sleep 15.0; roslaunch sunray_tutorial run_demo.launch demo_id:=2 ua
```

- **终端启动：**

```
1 ./demo_block_pos.sh
```

- **绘制六边形：**该示例会使无人机自动解锁、起飞，然后使用机体位置控制的形式进行六边形轨迹的移动，最后回到原地位置
- 文件： `Sunray/scripts_exp/demo_hexayon.sh`
- 脚本内容：

```
1 gnome-terminal --window -e 'bash -c "roslaunch sunray_uav_control sunray_mavros_exp.launch; exec bash"' \
2 --tab -e 'bash -c "sleep 8.0; roslaunch sunray_uav_control external_fusion.launch external_source:=3 enab
3 --tab -e 'bash -c "sleep 5.0; roslaunch sunray_uav_control sunray_control_node.launch uav_id:=1; exec bas
4 --tab -e 'bash -c "sleep 2.0; roslaunch sunray_uav_control terminal_control.launch uav_id:=1; exec bash"'
5 gnome-terminal --window -e 'bash -c "sleep 15.0; roslaunch sunray_tutorial run_demo.launch demo_id:=5 ua
```

- 终端启动：

```
1 ./demo_hexayon.sh
```

- **绘制圆形：**该示例会使无人机自动解锁、起飞，然后使用水平速度+高度控制开始以圆形的轨迹飞行，在无人机定位精度稍差的时候绘制的轨迹将不是光滑的曲线
- 文件： `Sunray/scripts_exp/demo_circle.sh`
- 脚本内容：

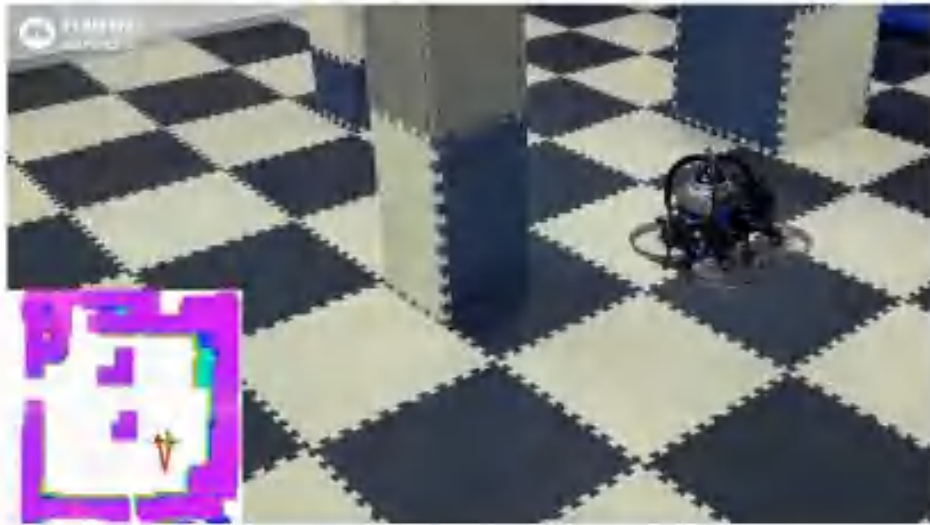
```
1 gnome-terminal --window -e 'bash -c "roslaunch sunray_uav_control sunray_mavros_exp.launch; exec bash"' \
2 --tab -e 'bash -c "sleep 8.0; roslaunch sunray_uav_control external_fusion.launch external_source:=3 enab
3 --tab -e 'bash -c "sleep 5.0; roslaunch sunray_uav_control sunray_control_node.launch uav_id:=1; exec bas
4 --tab -e 'bash -c "sleep 2.0; roslaunch sunray_uav_control terminal_control.launch uav_id:=1; exec bash"'
5 -terminal --window -e 'bash -c "sleep 15.0; roslaunch sunray_tutorial run_demo.launch demo_id:=4 uav_id:
```

- 终端启动：

```
1 ./demo_circle.sh
```

路径规划模块

- Sunray 框架内预包含了 Ego-planner 算法，并对其做了适配性的修改，在不改变原算法的前提下能够更加快速学习与使用其算法，并且部署到真机上



EGO-planner 算法路径规划

视觉 + 控制 demo

- **精准降落：** Sunray-150 系列无人机可使用下视单目相机，结合 Aruco 识别算法实现无人机精准降落到指定位置



自主降落

- **车机跟随：** Sunray-150 系列无人机可使用下视单目相机，结合 Aruco 识别算法实现车机协同与跟随



移动平台追踪

3.智能无人车：3 台



主要参数：

（1）行驶性能：最大行驶速度 1m/s，额定负载能力 4kg；

证明材料：

产品信息介绍

产品名称	V550四驱版	V550麦轮版	V550阿克曼版
ROS主控	RDK X5 4GB/8GB、树莓派5 4GB/8GB、 Jetson Nano 4GB、Orin Nano Super 8GB、Orin NX Super 16GB可选		
驱动结构	四驱结构 带摆式悬挂	四驱麦轮结构 带摆式悬挂	阿克曼结构 无悬挂
轮子	65mm WHEELTEC四驱车专用轮	75mm 高品质铝合金麦克纳姆轮	65mm蓝色橡胶轮
小车尺寸	260*214*223mm	260*229*228mm	280*190*226mm
小车自重	4kg	4.2kg	3.3kg
负载能力	4kg		
最大速度	1m/s		

(2) 硬件配置：CPU 最大主频 3.40GHz，运行内存 12GB，固态硬盘 128G；
证明材料：

图示		
CPU	睿频3.4GHz	
外壳	塑胶材质	
无线	2.4/5GHz 双频WiFi / 蓝牙	
内存	12GB板载LPDDR5 4800	
硬盘	M.2 2242 SATA协议固态硬盘（128G~2T可选）	

(3) 三维激光雷达：水平视场 FOV360°，竖直射场 FOV≥-7°~52°，点云帧率 10Hz，
点云输出 20 万点 / 秒；
证明材料：

		
基础参数	型号	Mid-360S
	激光波长	905 nm
	人眼安全级别 ¹	Class 1 (IEC60825-1:2014), 人眼安全
	量程 (@ 100 kix)	40 米@10% 反射率 (典型值) 100 米 (截止量程)
	近处盲区 ⁴	0.1 米
	FOV	水平 360°, 垂直 -7°~52° (典型值)
	测距随机误差 ² (1σ)	≤2 厘米 ² (@10 米) ≤4 厘米 ² (@0.2 米)
	角度随机误差 ³ (1σ)	<0.15°
	点云	200,000 点/秒 (可配置第一回波)
	点云帧率	10 Hz (典型值)

（4）光学收发模组：光学收发模组，支持高速数据传输，支持光电信号转换，可满足空地数据传输、组网通信实验需求。

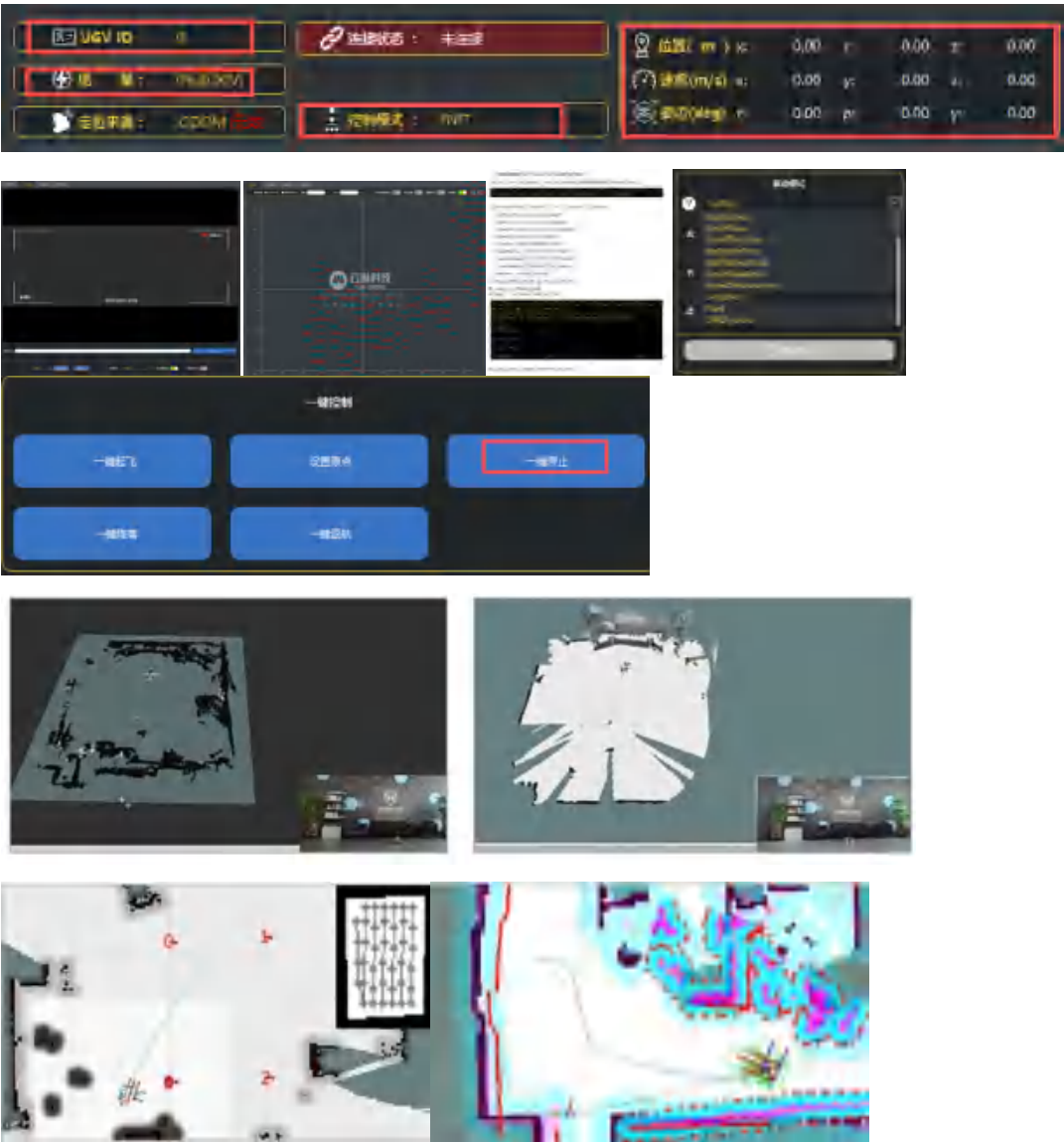
（5）地面站监测控制软件：

（5.1）状态显示：无人车 ID、位置、速度、姿态、电量、控制模式、实时视频流、二维平面位置等；

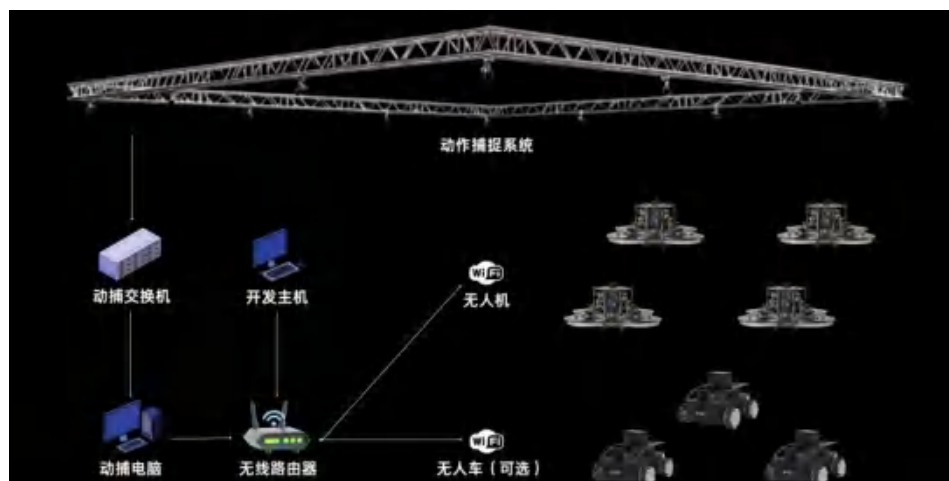
控制功能：支持一键急停、惯性系位置/ 速度控制、机体系速度控制；

（5.2）智能能力：搭载激光雷达 SLAM 定位、局部路径规划及自主避障功能。

证明材料：



4.空地协同集群编队平台



产品介绍：

基于 **ROS** 开发，提供悬停控制、航点控制、圆形轨迹追踪控制、避障规划等单机例程，提供固定队形控制、主从编队控制、集群路径规划等集群例程。

基于 **ROS** 开发，提供一键起飞、一键降落、一键悬停、位置控制、惯性系速度控制、机体系速度控制等控制开发接口，可订阅无人机状态话题。

支持显示集群无人机的实时位置、速度、姿态、期望速度、目标点、电量、IP 等状态，支持无人机视频流回传，提供二维地图显示，提供起飞、降落、悬停、阵型切换、机体系控制、惯性系控制等控制。

主要参数：

（1）集群编队算法：支持固定轨迹追踪（集群无人机/车按照指定的圆形轨迹移动，智能体均匀分布在圆形轨迹上）、固定阵型切换（集群无人机/车按照预设的阵型自由切换，阵型包括：一字型、三角型、方型等）、领从编队阵型控制（集群无人机/车依据预设的阵型偏移量围绕 leader 展开，leader 的移动轨迹可自由指定或跟随无人车移动，follower 跟随移动）等核心功能；

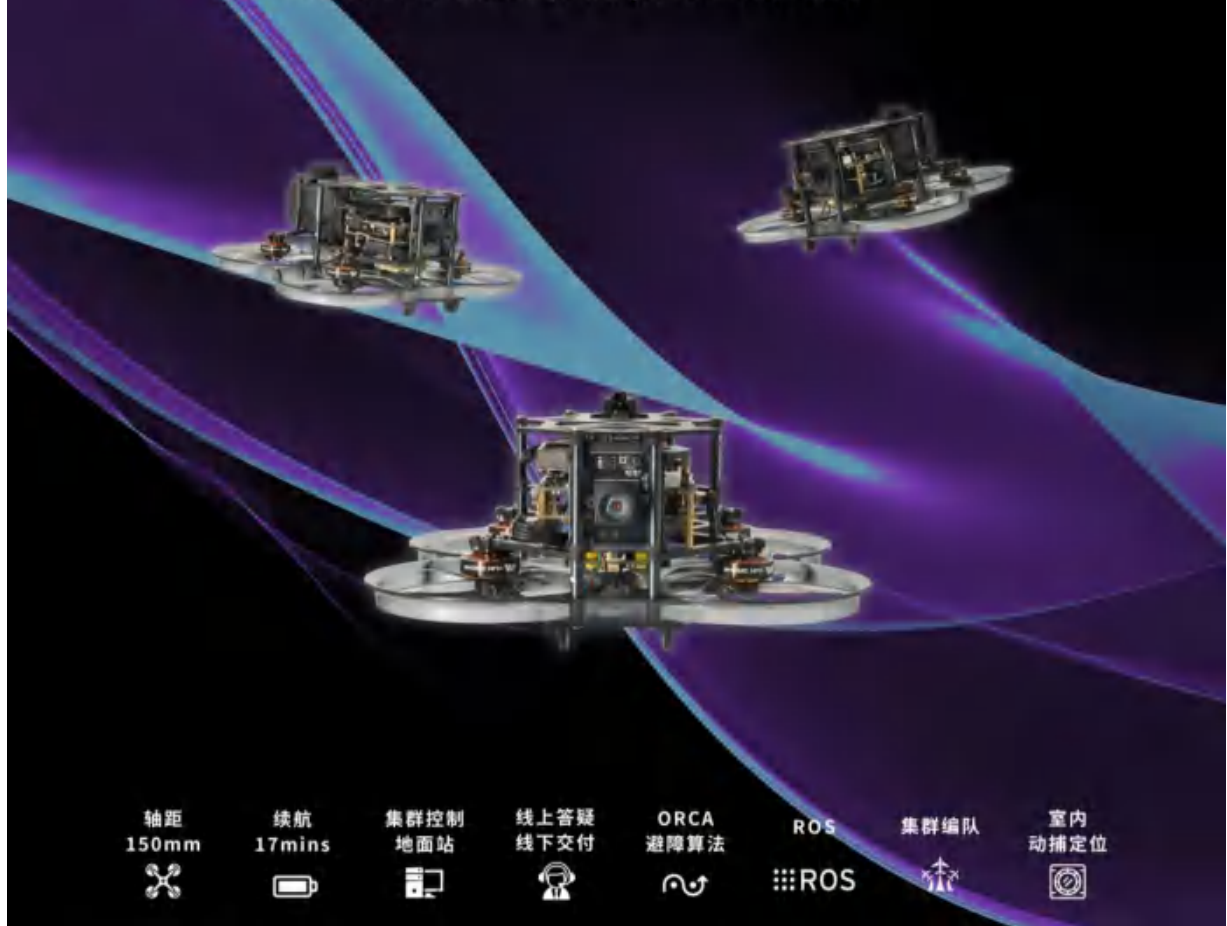
▲（2）集群地面站软件：支持空地设备整机状态实时监测、集群统一指令下发，可开展各类空地协同编队实验。

证明材料：



室内多智能体集群编队实验平台

- » 基于光学动作捕捉技术实现亚毫米级的三维空间定位
Sub-millimeter 3D spatial localization based on optical motion capture technique
- » 基于ORCA的多智能体集群编队算法
ORCA-based algorithm for multi-agent system formation
- » 提供多智能体自主控制接口和二次开发示例程序
Multi-agent system control interface and secondary development sample program
- » 基于ROS框架，支持 C/Python语言编程
Fully compatible with ROS, C++ and Python
- » 支持多智能体状态实时监测和集群控制
Supports real-time monitoring and formation control of multi-agent systems
- » 提供线下交付培训及线上长期答疑服务
Provide offline delivery training and long-term online Q&A service



室内多智能体集群编队实验平台



技术参数

轴距	150mm
机架	高性能碳纤维板+保护圈
起飞重量	约750g (含电池)
续航时间	约17分钟 (悬停)
飞控	高性能小体积飞控：主控：ST32H743@480Mhz，内置气压计、陀螺仪、加速度计等传感器，UART串口*7、I2C接口*1、SPI接口*1、PWM接口*8、TypeC接口*1
电源板	自研升降压一体电源板：输入电压为10V-21V，支持输出两路供电（电压可配置为：5V、12V、19V）
电池	自研 4500mAh 高能量密度锂电池，带电量显示
遥控器	Radiomaster-Pocket-ELRS
机载电脑	N150：x86架构，搭载Intel N150四核处理器（3.6GHz，4核4线程）、12GB内存、256GB固态硬盘、Wifi及蓝牙模块、RJ45网口*1、HDMI*1、USB3.0*3、TypeC*2，电源12V3A，功率36W
前视单目	有
下视单目	有
飞控软件	PX4稳定版本，代码全开源
机载软件	预装Ubuntu 20.04系统及ROS，预装Mavros、Sunray开发包及其他相关软件功能包
地面站	提供Sunray地面站软件
控制接口	提供无一键起飞、降落、悬停、惯性系位置控制、机体系位置控制、惯性系速度控制、机体系速度控制等接口
基础例程	提供起飞降落、多边形轨迹、动态圆形阵型、领队模式、动态八字阵型等例程
售后培训	提供免费的线上培训（半天）、可预约线下培训（收费）
售后答疑	提供为期一年的售后在线答疑
集群编队软件	基于ROS开发，提供悬停控制、航点控制、圆形轨迹追踪控制、避障规划等单机例程，提供固定队形控制、主从编队控制、集群路径规划等集群例程。
智能体驱动软件	基于ROS开发，提供一键起飞、一键降落、一键悬停、位置控制、惯性系速度控制、机体系速度控制等控制开发接口，可订阅无人机状态话题。
集群控制地面站	支持显示集群无人机的实时位置、速度、姿态、期望速度、目标点、电量、IP等状态，支持无人机视频流回传，提供二维地图显示，提供起飞、降落、悬停、阵型切换、机体系控制、惯性系控制等控制。



三. 低空经济 5G/5G-A 通感一体接入侧实验设备



产品介绍:

本产品是“低空经济 5G/5G-A 通感一体接入侧实验设备”的重要组成部分，外观呈银色手提箱状，内含多种精密元器件及模块等，用于学生上实训课时进行操作。本产品以 5G 场景化实训为主要目标，配套有相应的实训课程，旨在通过老师的指导，让学生更加深刻地理解和学习 5G 基础知识及其三大特性（大带宽 eMBB、低时延 uRLLC、广连接 mMTC），以及在不同场景中的应用。

主要参数:

1.核心处理能力:

1.1 主控板采用四核+四核的八核 64 位架构处理器，大核主频最高可达 2.4GHz，可支撑多任务并行；

1.2 嵌入式神经网络处理器算力可达 6TOPS；

2.存储配置:

2.1 运行内存 8GB

2.2 机身内部存储 32GB

2.3 标配 USB 接口数量 6 个；

证明材料:

生产批号	2026031204
样品数量	1 套
生产日期	2026 年 03 月 12 日
抽样方式	全数检验

三、核心技术检验内容及结果

本次检验严格按照产品出厂全项检验规范，逐项核验设备硬件性能、接口配置、通信能力、实训功能、配套资源等全部指标，所有检验项目均匹配专属技术标准与实测结果，全项覆盖、无遗漏核验，具体逐项检验内容及结果如下：

序 号	检 验 项 目	技术标准要求	检验实测结果	判 定
1	箱体结构与供电安全性能	1、采用一体化铝合金箱体，结构牢固、便携性强；供电系统稳定可靠，具备基础用电安全防护；整机配件布局规范、固定牢固，	1、整机采用一体化压铸铝合金手提箱结构，外观规整、结构牢固，具备良好的便携性与防护性，适合实训场景搬运使用； 2、采用 220V 交流电源供电，电源系统稳定可靠，具备过流、过压基础防护，符合用电安全规范； 3、箱内部件布局规范、固定牢固，各模块、线缆连接可靠，无松动、虚接情况； 4、整机工作环境温度适配室内常规教学场景，在-10℃~40℃范围内可稳定运行。	合格
2	核心主控单元性能指标	2、主控单元采用八核 64 位架构处理器，主频≥2.4GHz；	1、实训箱主控板采用 Rockchip RK3588 处理器，为四核 Cortex-A76+四核 Cortex-A55 的八核 64 位架构，大核主频最高可达 2.4GHz，可支撑多任务并行	合格

	内置独立嵌入式神经网络处理器，总算力≥6TOPS；支持8K视频编解码、多摄像头输入与多屏异显能力。	处理、高清视频编解码、多屏异显等复杂运算需求； 2、主控板内置独立嵌入式神经网络处理器（NPU），算力可达6TOPS，可赋能各类AI推理、图像识别、边缘计算场景； 3、支持8K视频编解码与8K显示输出，支持多路MIPI摄像头输入，可满足高清图像采集、视频处理、AI视觉类实训需求。	
3	存储配置与扩展接口规格 3、运行内存≥8GB，机身内部存储≥32GB；标配USB接口数量≥5个；具备HDMI、Type-C、串口等常用扩展接口，	1、主控板标配8GB高速运行内存，可保障系统多进程稳定运行，支撑5G通信！视频处理、AI运算等多任务并发场景； 2、机身内置32GB高速固态存储，可容纳系统固件、实训程序、实验数据、课程资源等内容，满足本地数据存储需求； 3、整机标配USB接口共6个，涵盖USB 3.0与USB 2.0规格，可满足外设连接、数据传输、设备调试、烧录升级等扩展需求； 4、同时配备HDMI输出接口、Type-C数据接口、MIPI显示接口、串口等多种扩展接口，兼容各类外设与调试设备，	合格
4	5G全网通通信模块性能 4、集成工业级5G全网通通信模块，支持国内三大运营商5G/4G网络接入；支持Mini PCIe标准接口，配套专用天线，信号接收稳定，	1、整机集成移远RG200U-CN Mini PCIe 5G全网通模块，全面支持国内三大运营商5G/4G/3G/2G网络制式，可实现高速无线数据传输与远程设备管控； 2、配套4根专用5G天线，信号接收灵敏度达标，在正常网络覆盖环境下连接稳定、速率达标； 3、支持AT指令集控制、网络参数配置、信号质量监测、速率测试等功能，	合格

3.集成模块配置：整机集成摄像头模块、Wi-Fi 通讯模块、蓝牙通讯模块、无线窄带通讯模块、短距离通讯模块、无线通讯模块、传感器模组

▲4.实训实验能力：可支撑开展 5G 通信模块实训实验、5G 应用模块实训实验、5G 转窄带通信实训等相关教学与科研实验项目；
证明材料：

配套实训

5G通信模块实训

5G模组语音呼叫系列实操
5G模组ADC转换接口实操
5G模组常用AT指令集系列实操
基于5G模组的网络速率测试
5G模组应用环境信号测试
5G模组速率及应用场景适配

5G转窄带通信实训

了解5G与IoT
基于5G模组数据压缩训练
基于5G模组数据传输训练
基于5G模组网关开发

5G应用模块实训

高清直播模块实训
高速下载及上传模块实训
物联配置模块实训
机械臂配置操作模块实训
自动驾驶小车模块实训

5G通信主控系统场景化适配模块设计实训

命令行点灯和检测按键设计实训
GPIO子系统设计实训
input子系统设计实训
串口通讯设计实训
I2C通讯设计实训
SP通信设计实训
PWM（脉宽调制）设计实训等



▲5.工作频段 9.5GHz+300MHz；通道数 128 通道；

6.探测性能：

6.1 最大探测距离≥2km；

6.2 有效探测速度范围 2m/s～50m/s。

6.3 三坐标测量精度（均方根误差）：距离测量精度 ≤10m，方位测量精度≤0.8°，俯仰测量精度≤0.5°；

证明材料：

成为固定监测站。	
4. 主要技术体制	
(1) 全相参脉冲多普勒体制；	
(2) 两维有源相控阵；	
(3) 和差单脉冲测角；	
(4) MTD 相参积累；	
(5) CFAR恒虚警检测；	
5. 主要性能参数	
(1) 工作频段：	X,9.5GHz±300MHz;
(2) 通道数：	128 (方位8, 俯仰16)
(3) 探测范围与扫描方式：	
方位：	相扫，最大±45°；机扫：、350° 机械扫描
俯仰扫描范围：	≥30°：(最大0-60°)
(4) 波束宽度：	
方位：	≤15°；
俯仰：	≤8°；
(5) 探测距离：	
最大探测距离：	大疆AIR3(RCS=0.01m2)≥2km
	探测距离大疆精灵4 ≥3km
最小探测距离：	≤200m;
探测速度：	2 m/s-50m/s;
(6) 三坐标测量精度(均方根误差)	
距离精度：	≤10m;
方位精度：	≤0.8°；
俯仰精度：	≤0.5°；
(7) 数据刷新速率	
360° 周扫数据刷新率：	3s;
凝视模式：	TWS 数据率：3s;
	TAS数据率：0.2s;
(8) 雷达主机尺寸：	≤400mm*400mm*120mm;
(9) 供电：	+28V;

两维相控阵雷达



产品介绍:

两维相控阵雷达由两维相控阵雷达主机、转台和操控终端软件三部分组成，主要完成对低空无人机目标的探测、跟踪，能够实时输出目标的距离、方位角、高度、速度、经度、纬度等信息，可为光电系统提供精确指引。雷达实物图如图所示：

主要参数:

7.功耗与工作模式:

7.1 整机功耗（含云台） $\leq 300W$;

7.2 具备凝视模式、周扫模式两种工作模式;

8.接口与拓展功能:

8.1 开放高速接口：开放光纤数据采集接口;

8.2 可以通过光口将雷达采样到的和差原始 DDC 数据送给外部数采，方便进行二级数据分析和算法开发;

证明材料:

7. 概述

两维相控阵雷达由两维相控阵雷达主机、转台和雷达终端软件三部分组成。主要完成对空中无人机目标的探测、跟踪、鉴别实时输出目标的距离、方位角、高度、速度、特征、威胁等信息。可为光电系统提供精确指引。雷达实物图如下所示：



图1. 雷达实物图

8. 工作模式

该雷达也有两种工作模式，视场模式和扫描模式。

(1) 视场模式TWS+TAS：雷达固定在某个方向，通过方位扫描和俯仰扫描，实现对方位最大±45°范围内，俯仰最大0°~20°（最大可拓展到0°~60°）范围内，高视区域内目标的探测、跟踪。通过TWS方式实现对常规目标的跟踪，通过TAS方式实现对高价值目标的指示跟踪。

(2) 扫描模式TWS+TAS：该模式下，雷达终端软件将雷达发送工作模式的4颗激光机头转台的角度下方位360°连续扫描扫描，在方位扫描过程中，俯仰扫描扫描，覆盖0°~20°探测空域。雷达探测到目标后，对目标进行建模、跟踪，若目标探测结果上报给指挥系统，客户发现目标后，点击转TAS跟踪，系统可自动将目标所在方向进行TAS跟踪。

8. 应用

(1) 本系统可架设在三轴架上单独使用，对空域无人机进行稳定探测、跟踪；

(2) 本系统可与光电系统联动使用，指引光电系统跟踪无人机；可与干扰系统、诱骗系统联动，实现对无人机的管控和处置；

(3) 本系统可架设在三轴架上，架设在车阵，成为移动的监测站，架设在楼顶等固定点。

(16) 整机功耗（含平台）4300 W；

(17) 整机重量：雷达：≤10kg、云台：≤10kg；

(18) 接口：千兆网口；

(19) 开放数据接口：开放光纤数据接口，可以通过光纤将雷达探测到的雷达数据通过ODC数据接口给外部系统，方便进行二次数据分析和显示开发。

6. 显示软件

显示软件主要完成对雷达的操作控制、工作参数设置、对雷达探测数据解析、雷达目标显示、数据文件存储等，并可将数据转换成客户不同的协议需求发送给客户终端。

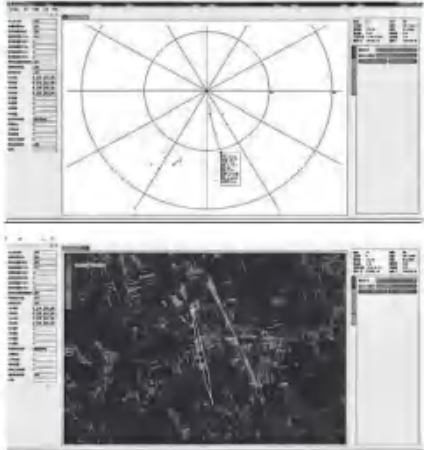


图2. 雷达显示软件界面

7. 装箱清单

9.双路塔式工作站：

9.1 处理器：8 核；内存：128GB；

9.2 显卡：存储 24GB；

9.3 存储：2TB SSD；

9.4 数据盘：8TB HDD。

证明材料：



主要参数	
处理器	8 核心
内存	128GB
显卡	集显/独显可选；存储 24GB
储存	2TB 固态硬盘（SSD）
数据盘	8TB 机械硬盘（HDD）
颜色	黑/白可选

第 54 页 共 55 页

甲方（盖章）：西安工业大学

乙方（盖章）：西安合众集成机电科技有限公司

法定代表人/委托代理人（签字）

法定代表人/委托代理人（签字）

日期：2026年7月24日

日期：2026年7月16日