

序号	设备名称	技术指标要求	单价限价 (万元)
1	无人机部件仓储设备	<p>一、库区机器人模块</p> <p>1. 机器人本体；</p> <p>(1)6自由度协作机器人；</p> <p>(2)有效负载：<math>\geq 7\text{kg}</math>；</p> <p>(3)工作半径：<math>\geq 800\text{mm}</math>；</p> <p>(4)重复定位精度：<math>\leq \pm 0.05\text{mm}</math>；</p> <p>(5)编程：图形化编程、拖拽编程；</p> <p>(6)机械臂动作范围（不低于以下参数）：</p> <p>1)关节1：<math>\pm 360^\circ</math> ；</p> <p>2)关节2：<math>-85^\circ , +260^\circ</math> ；</p> <p>3)关节3：<math>\pm 175^\circ</math> ；</p> <p>4)关节4：<math>-85^\circ , +260^\circ</math> ；</p> <p>5)关节5：<math>\pm 360^\circ</math> ；</p> <p>6)关节6：<math>\pm 360^\circ</math> ；</p> <p>2. 机器人控制器；</p> <p>(1)电控柜I/O端口：<math>\geq 16</math>个数字输入，<math>\geq 16</math>个数字输出，<math>\geq 2</math>个模拟输入或输出；</p> <p>(2)通信标配：TCP/IP, Modbus TCP, Modbus RTU , Profinet, Ethernet/IP；</p> <p>3. 机器人示教器；</p> <p>示教器类型：移动终端（PAD/手机）APP；</p> <p>4. 柔性组合夹具；</p> <p>(1)软爪抓取尺寸范围约51-118mm，夹爪安装面带有刻度尺寸；</p> <p>(2)最大抓取质量<math>\geq 400\text{g}</math>；</p>	55

	<p>(3)使用温度范围：-40~150° C；</p> <p>(4)工作压力范围：-100~100kPa；</p> <p>(5)柔性手指采用一体成型工艺；</p> <p>(6)柔性夹具具备相关质量检测报告；</p> <p>(7)可实现无损抓取易损易变形物品；可实现用一套夹爪可以抓不同尺寸和形状的物品；</p> <p>二、原料库与成品料库</p> <p>1. 原料库与成品库框架：</p> <p>(1)立体扇形料库，作为立体料库的整体框架，用于料箱及物料的存储</p> <p>(2)料库框架采用铝型材作为支撑，层板及托板采用不锈钢或其他金属材质材料</p> <p>(3)立体扇形料库列数不少于4列，层数不少于3层，总数不少于12货位</p> <p>(4)单料位俯视图为梯形，组合为扇形</p> <p>2. 存储料箱：</p> <p>(1)尺寸：≥300*200*120mm；</p> <p>(2)材质：PP材质；</p> <p>三、控制系统模块</p> <p>1. 可编程控制器系统：</p> <p>(1)用户存储器：≥75KB工作存储器，≥10KB保持性存储器</p> <p>(2)板载数字I/O：≥8点输入、≥6点输出，最大本地数字量I/O可达60个，本地模拟量I/O不低于2个输入、2个输出；</p> <p>(3)信号模块扩展：可扩展≥2个信号模块</p> <p>(4)通信模块扩展：可扩展≥2个通信模块</p> <p>2. 人机交互界面系统</p> <p>(1)类型：≥7英寸触摸屏</p>	
--	--	--

	<p>(2)分辨率：≥800×400</p> <p>(3)接口：工业以太网接口≥1个</p> <p>四、装配用无人机（10套）：</p> <p>1. 无人机整机技术参数：</p> <p>(1)飞行器类型：多旋翼无人机；</p> <p>(2)轴距：≥450mm（电机对角中心距）；</p> <p>(3)机架材质：采用高强度工程塑料、碳纤维复合板等；</p> <p>(4)空机重量：≤1050g（不含电池/载荷）；</p> <p>(5)最大起飞重量：≥1800g（含电池+载荷）；</p> <p>(6)动力系统：配置无刷电机，电子调速器；</p> <p>(7)续航时间：≥20min；</p> <p>(8)最大飞行距离：≥2000m；</p> <p>(9)最大飞行高度：≥300m；</p> <p>(10)螺旋桨直径：≥9英寸；</p> <p>(11)最大抗风等级：4级；</p> <p>(12)工作环境温度：-10℃~+40℃；</p> <p>2. 无人机动力系统</p> <p>(1)电机：配置4个三相交流无刷电机，定子直径≥22mm，高度≥12mm；</p> <p>(2)电机连接：电机与电调采用外部插接式连接，可通过调换插接顺序快速实现电机转向调整，无需焊接，适配实训装调操作；</p> <p>(3)电调：配置4个30A无刷独立电调模块，8位微处理器，支持BLHeLi固件；持续工作电流≥30A，最大瞬间电流≤40A，适配2S-6S电池；</p> <p>(4)电池规格：≥5200mAh 3S锂电池，XT60接口，≥20C放电规格；</p> <p>3. 飞控系统</p>	
--	---	--

	<p>(1)主处理器：32位ARM Cortex-M4内核，带硬件浮点处理单元（FPU）；主频<math>\geq 168</math> MHz；闪存<math>\geq 2</math>MB，RAM <math>\geq 256</math>KB；</p> <p>(2)协处理器：不低于32位STM32F103C8T6；</p> <p>(3)传感器配置：IMU（惯性测量单元）：双冗余加速度计/陀螺仪，提高姿态解算可靠性；气压计；磁力计（罗盘）；支持航向测量；</p> <p>(4)模块化插接：核心主板与接口板分离，通过标准插头连接各功能模块；</p> <p>(5)PWM输出：<math>\geq 14</math>路PWM通道，用于电调、舵机及外设控制；</p> <p>(6)支持<math>\geq 2</math>个CAN接口；</p> <p>(7)支持S. BUS信号输入、输出；</p> <p>4. 操控手柄</p> <p>(1)支持<math>\geq 8</math>通道，适配多旋翼无人机；</p> <p>(2)支持无线传输频率：2.4GHz ISM波段；</p> <p>(3)采用霍尔感应摇杆；内置锂电池，电池容量<math>\geq 2000</math>mAh，续航<math>\geq 8</math>小时；</p> <p>五、配套实训环境条件优化 1项</p> <p>1. 室内拆除及部分修补安装项目工程1项：包括拆除现有灯具、吊扇、线路桥架、窗帘、开关插座等；铲除现有地坪漆及水泥垫层；铲除现有墙面涂料；拆除通往楼道门；拆除门窗及墙体（通往室外无人机铝制玻璃房间）；拆除门窗后周边墙体修补；</p> <p>2. 室内门窗项目工程：遮光卷帘制作安装1项、楼道玻木质双开门制作1樘、双开玻璃地弹门制作1樘、不锈钢门拉手2个、双开地弹门框架制作1项、双开地弹门周边包不锈钢边框（双面包套）1项</p>	
--	---	--

	<p>、LOGO腰线1项；</p> <p>3. 室内天面项目工程：石膏板造型边顶制作约180m<sup>2</sup>、线条灯嵌入位置开凹型槽约60m、铝合金方通制作约180m<sup>2</sup>、原有天面喷黑色涂料（含梁及管道）约450m<sup>2</sup>；</p> <p>4. 室内墙面项目工程：墙面腻子约220m<sup>2</sup>、墙面乳胶漆约220m<sup>2</sup>、零星场景项目1项，造型墙定制4项；</p> <p>5. 室内地面项目工程：地面自流平制作约400m<sup>2</sup>、环氧树脂地坪漆约400m<sup>2</sup>、不锈钢踢脚线约80m、半高式玻璃隔断约50m<sup>2</sup>；</p> <p>6. 综合布线项目工程（需要根据现场用电用网情况进行实施，符合相关标准）：强电线路布置1项、弱点线路布置1项、灯开关8个、五孔插座60个、配电箱1个、HDMI高清数据线1条、灯具1项；</p> <p>7. 室外飞行棚搭建：移除植物及多余土壤约50m<sup>2</sup>，地面夯实约50m<sup>2</sup>，混凝土回填约50m<sup>2</sup>，地面自流平约50m<sup>2</sup>，环氧树脂地坪漆约50m<sup>2</sup>，铝型材房屋屋顶约50m<sup>2</sup>、立面铝材+玻璃隔断搭建1项；</p> <p>8. 新风系统工程：1200风量全交换风机2台，PVC管道及新风口1项，排风口1项。</p> <p>六、配套实训台</p> <p>1. 采用定制化弧形设计工作岛不低于6人位</p> <p>2. 采用钢木结构</p> <p>3. 配备实训凳不少于6个，钢木结构，凳面采用 ≥25mm 厚三聚氰胺板，采用 ≥1.5mm 厚PVC 本色封边，立腿采用 ≥25*1.1mm 方管，凳架四周加强管采用 ≥20*1.0 方管。</p> <p>七、人工电装无人机（100套）</p> <p>（1）支持蓝牙5.1、可以直连手机蓝牙飞控，支持2.4G无线通讯、地面集控站飞控；</p>	
--	---	--

		<p>(2) 无人机板载通讯功率放大器，开阔空间通讯视距不低于 500 米；</p> <p>(3) 搭载 6 轴以上的电子陀螺仪，陀螺仪测量范围可配置±250，±500，±1000，±2000° / 秒(dps)，加速度计测量范围可配置±2，±4，±8，±16g；</p> <p>(4) 搭载大气压传感器和温度传感器，压强测量范围30kPa~110kPa，绝对精度 100Pa，温度测量误差±0.5 度，支持室内定高飞行；</p> <p>(5) 采用空杯直流电机，转速可达到≥ 60000 转每分钟；</p> <p>(6) 提供不低于 350mAh 的高能可充锂电池，内置保护板，带充电线，双色 LED 指示灯；</p> <p>(7) 提供无人机机架结构设计图纸，3D 图纸，方便学校做注塑训练；</p> <p>(8) 提供完整的电路原理图、制造说明、嵌入式飞控程序源代码、Android、IOS飞控APP源代码，微信小程序源码等；</p> <p>(9) 提供实验教学工艺流程图，生产测试规范，开放性命题及参考设计。</p>	
2	无人机装配设备	<p>一、无人机机盖装配单元</p> <p>1. 锁螺丝机：</p> <p>(1) 机器人夹持锁螺丝机，螺丝导入方式为吸附式或吹送式；</p> <p>(2) 工作效率≥10PCS/min；</p> <p>(3) 满足M2-M5螺丝钉兼容，实现长度20mm以内螺丝使用</p> <p>(4) 一次合格率：不低于99.0%</p> <p>(5) 输送距离：1~4 m；</p> <p>(6) 螺丝兜容量：≥500个；</p>	84

(7) 完成对无人机锁螺钉功能；  
(8) 具备缺料智能报警提醒功能。

2. 协作机器人：

(1) 6自由度协作机器人；  
(2) 有效负载： $\geq 5\text{kg}$ ；  
(3) 工作半径： $\geq 950\text{mm}$ ；  
(4) 重复定位精度： $\leq \pm 0.05\text{mm}$ ；  
(5) 编程：图形化编程、拖拽编程；  
(6) 机械臂动作范围（不低于以下参数）：  
1) 关节1： $\pm 360^\circ$ ；  
2) 关节2： $-85^\circ, +260^\circ$ ；  
3) 关节3： $\pm 175^\circ$ ；  
4) 关节4： $-85^\circ, +260^\circ$ ；  
5) 关节5： $\pm 360^\circ$ ；  
6) 关节6： $\pm 360^\circ$ ；  
（7）采用柔性组合夹具：对称可调安装夹爪手指对称分布，指间距可调整，可实现对各类异形、易损物品的抓取；软爪抓取尺寸总范围约51~118mm，并且夹爪安装面带有刻度尺寸；

3. 复合仿生灵巧执行器套件：  
采用多种复合仿生柔性末端夹具，可以安装在机器人末端，用以抓取异型、易变形物品。

(1) 仿生手指形末端夹具：  
1) 手指模块A：手指宽度： $\geq 20\text{mm}$ 。手指胶体长度： $\geq 29\text{mm}$ 。手指模块总长度： $\geq 55\text{mm}$ 。手指厚度： $\geq 16.5\text{mm}$ 。正压形变位移 $Y_{\text{max}}$ ：11.5mm。负压形变位移 $S_{\text{max}}$ ：10mm。指尖推力： $\geq 3.5\text{N}$ 。垂直抓取负载： $\geq 180\text{g}$ 。包覆抓取负载： $\geq 300\text{g}$ 。工作气压： $-60\sim 100\text{kPa}$ 。接口直径：4mm。寿命： $\geq 300$ 万次。

2) 手指模块B：手指宽度： $\geq 30\text{mm}$ 。手指胶体长度： $\geq 37\text{mm}$ 。手指模块总长度： $\geq 71\text{mm}$ 。手指厚度： $\geq 21.5\text{mm}$ 。正压形变位移 $Y_{\text{max}}$ ：19mm。负压形变位移 $S_{\text{max}}$ ：15mm，指尖推力： $\geq 7\text{N}$ 。垂直抓取负载： $\geq 300\text{g}$ 。包覆抓取负载： $\geq 500\text{g}$ 。工作气压： $-60\sim 100\text{kPa}$ 。接口直径：6mm。寿命： $\geq 300$ 万次。

3) 手指模块C：手指宽度： $\geq 40\text{mm}$ 。手指胶体长度： $\geq 50.5\text{mm}$ 。手指模块总长度： $\geq 90\text{mm}$ 。手指厚度： $\geq 28\text{mm}$ 。正压形变位移 $Y_{\text{max}}$ ：24mm。负压形变位移 $S_{\text{max}}$ ：19mm，指尖推力： $\geq 11\text{N}$ 。垂直抓取负载： $\geq 500\text{g}$ 。包覆抓取负载： $\geq 710\text{g}$ 。工作气压： $-60\sim 100\text{kPa}$ 。接口直径：6mm。寿命： $\geq 300$ 万次。

4) ▲提供手指形末端夹具质量检测合格报告。

(2)连接件与支架:

1)连接件: 额定负载:  $\geq 4\text{kg}$ 。极限负载:  $20\text{kg}$ 。  
T侧(夹具侧)法兰质量:  $\leq 110\text{g}$ 。R侧(机械臂侧)法兰质量:  $\leq 99\text{g}$ 。T侧适配支架种类: 6种支架型号。R侧适配机械接口: 兼容常见的三种尺寸,  $\phi 31.5$ 、 $\phi 40$ 、 $\phi 50$ 。

2)圆周三指支架: 支架形态: 圆周三指。规格尺寸:  $\geq 200*200*5.5\text{mm}$ 。材质: 铝合金。

3)圆周四指支架: 支架形态: 圆周四指。规格尺寸:  $\geq 200*200*5.5\text{mm}$ 。材质: 铝合金。

4)镜像二指支架: 支架形态: 并排两指。规格尺寸:  $\geq 200*60*5.5\text{mm}$ 。材质: 铝合金。

5)镜像四指支架: 支架形态: 并排四指。规格尺寸:  $\geq 200*128*5.5\text{mm}$ 。材质: 铝合金。

(3)气囊式夹具:

1)内撑夹具-A: 气囊模块总高度:  $\geq 31.5\text{mm}$ 。接触面直径:  $\geq 8\text{mm}$ 。结构件直径:  $\geq 14\text{mm}$ 。工作直径距离地面高度:  $\geq 8\text{mm}$ 。有效接触面高度:  $\geq 14\text{mm}$ 。气囊模块工作高度:  $\geq 23.5\text{mm}$ , 总长:  $\geq 128.5\text{mm}$ 。使用气压范围:  $0\sim 100\text{kPa}$ 。最大膨胀外径:  $9.4\text{mm}$ 。负载:  $\geq 210\text{g}$ 。安装孔位大小:  $14.5\text{mm}$ 。

2)内撑夹具-B: 气囊模块总高度:  $\geq 29.5\text{mm}$ 。接触面直径:  $\geq 14\text{mm}$ 。导向高度:  $\geq 2\text{mm}$ 。工作直径距离地面高度:  $\geq 12\text{mm}$ 。有效接触面高度:  $\geq 19.0\text{mm}$ 。气囊模块工作高度:  $\geq 23.5\text{mm}$ , 总长:  $\geq 128\text{mm}$ 。使用气压范围:  $0\sim 100\text{kPa}$ 。最大膨胀外径:  $16.9\text{mm}$ 。负载:  $\geq 1160\text{g}$ 。安装孔位大小:  $14.5\text{mm}$ 。

3)内撑夹具-C: 气囊模块总高度:  $\geq 36.0\text{mm}$ 。接触面直径:  $\geq 18\text{mm}$ 。导向高度:  $\geq 2.5\text{mm}$ 。工作直径距离地面高度:  $\geq 15\text{mm}$ 。有效接触面高度:  $\geq 24.5\text{mm}$ 。气囊模块工作高度:  $\geq 30.0\text{mm}$ , 总长:  $\geq 135\text{mm}$ 。使用气压范围:  $0\sim 100\text{kPa}$ 。最大膨胀外径:  $22.75\text{mm}$ 。负载:  $\geq 1640\text{g}$ 。安装孔位大小:  $14.5\text{mm}$ 。

4)内撑夹具-D: 气囊模块总高度:  $\geq 36\text{mm}$ 。接触面直径:  $\geq 23\text{mm}$ 。导向高度:  $2.5\text{mm}$ 。工作直径距离地面高度:  $\geq 15\text{mm}$ 。有效接触面高度:  $\geq 24.5\text{mm}$ 。气囊模块工作高度:  $\geq 30\text{mm}$ , 总长:  $\geq 135\text{mm}$ 。使用气压范围:  $0\sim 85\text{kPa}$ 。最大膨胀外径:  $30.5\text{mm}$ 。负载:  $\geq 1920\text{g}$ 。安装孔位大小:  $14.5\text{mm}$ 。

(4)微型真空夹具(以下参数为最低要求)

1)真空夹具A: 投影:  $\phi 14\text{mm}$ 。高度:  $24\text{mm}$ 。指间

	<p>距（自然态）：5.2mm指间距（最小）：4.1mm。指间距（最大）：13mm。最大工作气压：80kPa。最大负载：12g。</p> <p>2)真空夹具B：投影：φ18mm。高度：27mm。指间距（自然态）：5.6mm指间距（最小）：4.5mm。指间距（最大）：13.8mm。最大工作气压：80kPa。最大负载：12g。</p> <p>3)真空夹具C：投影：φ24mm。高度：40mm。指间距（自然态）：16mm指间距（最小）：7.3mm。指间距（最大）：27.7mm。最大工作气压：80kPa。最大负载：206g。</p> <p>(5)灵巧气囊夹具(以下参数为最低要求)：</p> <p>1)灵巧气囊模块：模块尺寸：≥40*40*13.5mm。自重：≤19.4g。单个负载：≥250g；环境温度：-40~50℃。工作气压：-10~100kPa。</p> <p>2)T形汇流板：40mm安装板，适用于灵巧气囊模块安装。</p> <p>(6)无源吸盘夹具(以下参数为最低要求)：</p> <p>1)无源吸盘夹具A：无需气源与电源驱动，最大有效载荷：250g。预加载：1.2~10N。吸附面直径：≥20mm。工作温度：0~50℃。存储温度：≤30℃。防护等级：IP42，吸盘材料：硅胶。</p> <p>2)无源吸盘夹具B：无需气源与电源驱动，最大有效载荷：560g。预加载：2.5~20N。吸附面直径：≥30mm。工作温度：0~50℃。存储温度：≤30℃。防护等级：IP42，吸盘材料：硅胶。</p> <p>3)无源吸盘夹具C：无需气源与电源驱动，最大有效载荷：1000g。预加载：5~40N。吸附面直径：≥40mm。工作温度：0~50℃。存储温度：≤30℃。防护等级：IP42，吸盘材料：硅胶。</p> <p>(7)柔性夹具配套设施：</p> <p>1)台架，悬挂软体灵巧手及工具、物料放置。</p> <p>2)软爪悬挂支架，用于软体灵巧手的悬挂。</p> <p>3)物品存储箱，用于盛放被抓物品模型及相关材料。</p> <p>(8)柔性末端夹具控制器：</p> <p>1)额定电压：DC24V ±10%，</p> <p>2)额定电流：3A，</p> <p>3)气压输出范围：-75~-5kPa，5~200kPa，</p> <p>4)输出流量：19L/min，</p> <p>5)输出精度：±2kPa</p> <p>6)控制方式：手动/通信/IO，</p> <p>7)信号调参方式：手动/通信，</p> <p>8)使用场合：避免大量粉尘、油污、腐蚀性气体</p>	
--	--	--

。

9)环境温度及使用流体温度：5~50℃（未结露）

10)柔性夹具工艺设计教学文档，至少包含以下内容：

（1）▲提供复杂腔型柔性体一体成型工艺设计流程图；

（2）▲提供弹性体微纳成型工艺设计流程图；

（3）▲提供软体仿生灵巧执行器驱动技术设计原理及选型文档；

11)柔性夹具设计应用教学视频，至少包含以下内容：

●(1)柔性夹具认知讲解，包含柔性夹爪、气囊式内撑夹具、气囊式外撑夹具、气动控制模块、微型真空夹爪、范德华力吸盘等；

▲(2)柔性夹具气动控制设计，包含气动控制器设计；

(3)柔性夹具行业应用设计案例讲解，包含食品行业抓取软质不定形物品应用设计、汽车行业抓取易损伤部件应用设计、农业采摘领域应用设计、3C电子行业密集工件抓取应用设计、金属加工行业精加工件抓取应用设计等。

4. 零部件送料机构：

(1)无人机机盖装配单元零部件送料机构将无人机机盖精准、稳定地运送至预设的装配工位，为后续的锁螺丝等装配工序提供零件。

(2)机构主体采用铝合金材质，包含零部件存储料仓、输送机构与定位机构。零部件存储料仓可容纳零部件≥5个。输送机构运行平滑无卡顿，送料节拍≥3秒/件。定位机构重复定位精度≤±0.2mm

。

5. 无人机固定治具及台架：

(1)固定治具采用模块化设计，实现无人机本体的位置固定。

(2)无人机固定治具需包含柔性夹具，可以无损的将无人机本体进行固定，不会对无人机本体产生损伤。

●(3)提供柔性夹具生产制造视频，至少包含以下内容：食品级、高回弹性、高拉伸强度、高抗撕裂性、高耐温性液态硅胶原料调配和性能检测过程；成型效率高、制造成本低、产品精确度极佳的基于利用LSR剪切稀化特性的冷流道模具的液态硅胶一体注射成型过程；基于非接触测量式闪测影像技术的柔性夹爪膨胀一致性检测过程。

(4)工作台架尺寸W\*L\*H≤1400mm\*1000mm\*900mm；

	<p>(5)工作台架采用铝合金框架结构，四周封板。</p> <p>(6)配置机器人示教器放置区，方便工作人员对示教器的取放。</p> <p>(7)正面配置触摸屏和按钮，方便工作现场操作调试设备。</p> <p>(8)工作台架自带电控柜，电控柜配有门锁，电气板采用镀锌板。</p> <p>6. 机器视觉检测系统：</p> <p>(1)工业面阵相机：</p> <p>1) <math>\geq 500W</math>全局黑白相机。</p> <p>2) 传感器：IMX264。</p> <p>3) 传感器类型：2/3"CMOS。</p> <p>4) 分辨率：<math>\geq 2448 \times 2048</math>。</p> <p>5) 帧率：<math>\geq 24fps</math>。</p> <p>6) 位深：<math>\geq 12</math>。</p> <p>7) 功能：识别物品位置。</p> <p>(2)工业面阵镜头：</p> <p>1) 镜头焦距：<math>\geq 12mm</math>。</p> <p>2) 光圈孔径：F2.0-F16。</p> <p>3) 像面尺寸：<math>\geq 2/3</math>吋。</p> <p>4) 对焦范围：<math>0.2m \sim \infty</math>。</p> <p>5) 视场角：<math>\geq 37^\circ \times 30^\circ \times 22^\circ</math>。</p> <p>6) 光谱范围：440nm~680nm。</p> <p>7. 可编程控制器系统：</p> <p>(1)用户存储器：<math>\geq 75KB</math>工作存储器，<math>\geq 10KB</math>保持性存储器</p> <p>(2)板载数字I/O：<math>\geq 8</math>点输入、<math>\geq 6</math>点输出，最大本地数字量I/O可达60个，本地模拟量I/O不低于2个输入、2个输出；</p> <p>(3)信号模块扩展：可扩展<math>\geq 2</math>个信号模块</p> <p>(4)通信模块扩展：可扩展<math>\geq 2</math>个通信模块</p> <p>8. 人机交互界面系统：</p> <p>(1)类型：<math>\geq 7</math>英寸触摸屏</p> <p>(2)分辨率：<math>\geq 800 \times 400</math></p> <p>(3)接口：工业以太网接口<math>\geq 1</math>个</p> <p>二、无人机脚架装配单元</p> <p>1. 锁螺丝机：</p> <p>(1)机器人夹持锁螺丝机，螺丝导入方式为吸附式或吹送式；</p> <p>(2)工作效率<math>\geq 10PCS/min</math>；</p> <p>(3)满足M2-M5螺丝钉兼容，实现长度20mm以内螺丝使用</p> <p>(4)一次合格率：不低于99.0%</p> <p>(5)输送距离：1~4 m；</p>	
--	--	--

	<p>(6)螺丝兜容量：≥500个；</p> <p>(7)完成对无人机锁螺钉功能；</p> <p>(8)具备缺料智能报警提醒功能。</p> <p>2. 协作机器人：</p> <p>(1)6自由度协作机器人；</p> <p>(2)有效负载：≥5kg；</p> <p>(3)工作半径：≥950mm；</p> <p>(4)重复定位精度：≤±0.05mm；</p> <p>(5)编程：图形化编程、拖拽编程；</p> <p>(6)机械臂动作范围（不低于以下参数）：</p> <p>1)关节1：±360°；</p> <p>2)关节2：-85°，+260°；</p> <p>3)关节3：±175°；</p> <p>4)关节4：-85°，+260°；</p> <p>5)关节5：±360°；</p> <p>6)关节6：±360°；</p> <p>3. 复合仿生灵巧执行器：</p> <p>(1)采用复合仿生灵巧柔性夹具(以下参数为最低要求)：</p> <p>1)对称可调安装夹爪手指对称分布，指间距可调整，可实现对各类异形、易损物品的抓取；</p> <p>2)软爪抓取尺寸总范围约51-118mm，并且夹爪安装面带有刻度尺寸；</p> <p>3)最大抓取质量≥400g；</p> <p>4)使用温度范围：-40~150°C；</p> <p>5)驱动介质：洁净空气；</p> <p>6)标准工作寿命：≥300万次；</p> <p>7)最高重复精度：≤0.08mm；</p> <p>8)工作压力范围：-100~100kPa；</p> <p>(2)柔性夹具控制器(以下参数为最低要求)：</p> <p>1)通过调整气体的压力和延迟，实现对夹爪的精确控制，控制器可以与机械臂控制系统通讯，实现抓持系统完整的点到点抓放动作。</p> <p>2)额定电压：DC 24V±10%；</p> <p>3)输出气压：-70~100kPa；</p> <p>4)正压输出流量：≥19L/min；</p> <p>5)负压输出流量：≥10L/min；</p> <p>6)保护功能：超压报警、漏气报警；</p> <p>7)防护等级：≥IP42</p> <p>4. 零部件送料机构：</p> <p>(1)无人机脚架装配单元零部件送料机构将无人机脚架精准、稳定地运送至预设的装配工位，为后续的锁螺丝等装配工序提供零件。</p> <p>(2)机构主体采用铝合金材质，包含零部件存储料</p>	
--	---	--

	<p>仓、输送机构与定位机构。零部件存储料仓可容纳零部件<math>\geq 5</math>个。输送机构运行平滑无卡顿，送料节拍<math>\geq 3</math>秒/件。定位机构重复定位精度<math>\leq \pm 0.5\text{mm}</math>。</p> <p>5. 无人机固定治具及台架：</p> <p>(1)固定治具采用模块化设计，实现无人机本体的位置固定。</p> <p>(2)无人机固定治具需包含柔性夹具，可以无损的将无人机本体进行固定，不会对无人机本体产生损伤。</p> <p>(3)工作台架尺寸<math>W*L*H \leq 1400\text{mm}*1000\text{mm}*900\text{mm}</math>；</p> <p>(4)工作台架采用铝合金框架结构，四周封板。</p> <p>(5)配置机器人示教器放置区，方便工作人员对示教器的取放。</p> <p>(6)正面配置触摸屏和按钮，方便工作现场操作调试设备。</p> <p>(7)工作台架自带电控柜，电控柜配有门锁，电气板采用镀锌板。</p> <p>6. 机器视觉检测系统：</p> <p>(1)工业面阵相机：</p> <p>1)<math>\geq 500\text{W}</math>全局黑白相机。</p> <p>2)传感器：IMX264。</p> <p>3)传感器类型：2/3"CMOS。</p> <p>4)分辨率：<math>\geq 2448 \times 2048</math>。</p> <p>5)帧率：<math>\geq 24\text{fps}</math>。</p> <p>6)位深：<math>\geq 12</math>。</p> <p>7)功能：识别物品位置。</p> <p>(2)工业面阵镜头。</p> <p>1)镜头焦距：<math>\geq 12\text{mm}</math>。</p> <p>2)光圈孔径：F2.0-F16。</p> <p>3)像面尺寸：<math>\geq 2/3</math>吋。</p> <p>4)对焦范围：0.2m <math>\sim \infty</math>。</p> <p>5)视场角：<math>\geq 37^\circ \times 30^\circ \times 22^\circ</math>。</p> <p>6)光谱范围：440nm<math>\sim</math>680nm。</p> <p>7. 可编程控制器系统：</p> <p>(1)用户存储器：<math>\geq 75\text{KB}</math>工作存储器，<math>\geq 10\text{KB}</math>保持性存储器</p> <p>(2)板载数字I/O：<math>\geq 8</math>点输入、<math>\geq 6</math>点输出，最大本地数字量I/O可达60个，本地模拟量I/O不低于2个输入、2个输出；</p> <p>(3)信号模块扩展：可扩展<math>\geq 2</math>个信号模块</p> <p>(4)通信模块扩展：可扩展<math>\geq 2</math>个通信模块</p> <p>8. 人机交互界面系统：</p> <p>(1)类型：<math>\geq 7</math>英寸触摸屏</p>	
--	--	--

(2)分辨率： $\geq 800 \times 400$

(3)接口：工业以太网接口 $\geq 1$ 个

三、无人机桨叶装配单元

1. 锁螺丝机：

(1)机器人夹持锁螺丝机，螺丝导入方式为吸附式或吹送式；

(2)工作效率 $\geq 10\text{PCS}/\text{min}$ ；

(3)满足M2-M5螺丝钉兼容，实现长度20mm以内螺丝使用

(4)一次合格率：不低于99.0%

(5)输送距离：1~4 m；

(6)螺丝兜容量： $\geq 500$ 个；

(7)完成对无人机锁螺钉功能；

(8)具备缺料智能报警提醒功能。

2. 协作机器人：

(1)6自由度协作机器人；

(2)有效负载： $\geq 5\text{kg}$ ；

(3)工作半径： $\geq 950\text{mm}$ ；

(4)重复定位精度： $\leq \pm 0.05\text{mm}$ ；

(5)编程：图形化编程、拖拽编程；

(6)机械臂动作范围（不低于以下参数）：

1)关节1： $\pm 360^\circ$ ；

2)关节2： $-85^\circ, +260^\circ$ ；

3)关节3： $\pm 175^\circ$ ；

4)关节4： $-85^\circ, +260^\circ$ ；

5)关节5： $\pm 360^\circ$ ；

6)关节6： $\pm 360^\circ$ ；

3. 复合仿生灵巧执行器：

(1)采用复合仿生灵巧柔性夹具：

1)对称可调安装夹爪手指对称分布，指间距可调整，可实现对各类异形、易损物品的抓取；

2)软爪抓取尺寸总范围约51-118mm，并且夹爪安装面带有刻度尺寸；

3)最大抓取质量 $\geq 400\text{g}$ ；

4)使用品度范围： $-40 \sim 150^\circ \text{C}$ ；

5)驱动介质：洁净空气；

6)标准工作寿命： $\geq 300$ 万次；

7)最高重复精度： $\leq 0.08\text{mm}$ ；

8)工作压力范围： $-100 \sim 100\text{kPa}$ ；

9)▲符合GB/T 19001-2016/ISO9001:2015标准。

(2)柔性夹具控制器：

1)通过调整气体的压力和延迟，实现对夹爪的精确控制，控制器可以与机械臂控制系统通讯，实现抓持系统完整的点到点抓放动作。

	<p>2) 额定电压: DC 24V±10%;</p> <p>3) 输入气压: 0.5~0.7MPa</p> <p>4) 输出气压: -70~100kPa;</p> <p>5) 正压输出流量: ≥19L/min;</p> <p>6) 负压输出流量: ≥10L/min;</p> <p>7) 保护功能: 超压报警、漏气报警;</p> <p>8) 防护等级: ≥IP42</p> <p>4. 零部件送料机构:</p> <p>(1) 无人机桨叶装配单元零部件送料机构将无人机桨叶精准、稳定地运送至预设的装配工位, 为后续的锁螺丝等装配工序提供零件。</p> <p>(2) 机构主体采用铝合金材质, 包含零部件存储料仓、输送机构与定位机构。零部件存储料仓可容纳零部件≥5个。输送机构运行平滑无卡顿, 送料节拍≥3秒/件。定位机构重复定位精度≤±0.5mm。</p> <p>5. 无人机固定治具及台架:</p> <p>(1) 固定治具采用模块化设计, 实现无人机本体的位置固定。</p> <p>(2) 无人机固定治具需包含柔性夹具, 可以无损的将无人机本体进行固定, 不会对无人机本体产生损伤。</p> <p>(3) 工作台架尺寸W*L*H≤1400mm*1000mm*900mm;</p> <p>(4) 工作台架采用铝合金框架结构, 四周封板。</p> <p>(5) 配置机器人示教器放置区, 方便工作人员对示教器的取放。</p> <p>(6) 正面配置触摸屏和按钮, 方便工作现场操作调试设备。</p> <p>(7) 工作台架自带电控柜, 电控柜配有门锁, 电气板采用镀锌板。</p> <p>6. 机器视觉检测系统:</p> <p>(1) 工业面阵相机:</p> <p>1) ≥500W全局黑白相机。</p> <p>2) 传感器: IMX264。</p> <p>3) 传感器类型: 2/3"CMOS。</p> <p>4) 分辨率: ≥2448×2048。</p> <p>5) 帧率: ≥24fps。</p> <p>6) 位深: ≥12。</p> <p>7) 功能: 识别物品位置。</p> <p>(2) 工业面阵镜头:</p> <p>1) 镜头焦距: ≥12mm。</p> <p>2) 光圈孔径: F2.0-F16。</p> <p>3) 像面尺寸: ≥2/3吋。</p> <p>4) 对焦范围: 0.2~∞。</p>	
--	---	--

	<p>5) 视场角: <math>\geq 37^\circ \times 30^\circ \times 22^\circ</math>。</p> <p>6) 光谱范围: 440nm~680nm。</p> <p>7. 可编程控制器系统:</p> <p>(1) 用户存储器: <math>\geq 75\text{KB}</math>工作存储器, <math>\geq 10\text{KB}</math>保持性存储器</p> <p>(2) 板载数字I/O: <math>\geq 8</math>点输入、<math>\geq 6</math>点输出, 最大本地数字量I/O可达60个, 本地模拟量I/O不低于2个输入、2个输出;</p> <p>(3) 信号模块扩展: 可扩展<math>\geq 2</math>个信号模块</p> <p>(4) 通信模块扩展: 可扩展<math>\geq 2</math>个通信模块</p> <p>8. 人机交互界面系统:</p> <p>(1) 类型: <math>\geq 7</math>英寸触摸屏</p> <p>(2) 分辨率: <math>\geq 800 \times 400</math></p> <p>(3) 接口: 工业以太网接口<math>\geq 1</math>个</p> <p>四、无人机电池装配单元:</p> <p>1. 锁螺丝机:</p> <p>(1) 机器人夹持锁螺丝机, 螺丝导入方式为吸附式或吹送式;</p> <p>(2) 工作效率<math>\geq 10\text{PCS}/\text{min}</math>;</p> <p>(3) 满足M2-M5螺丝钉兼容, 实现长度20mm以内螺丝使用</p> <p>(4) 一次合格率: 不低于99.0%</p> <p>(5) 输送距离: 1~4 m;</p> <p>(6) 螺丝兜容量: <math>\geq 500</math>个;</p> <p>(7) 完成对无人机锁螺钉功能;</p> <p>(8) 具备缺料智能报警提醒功能。</p> <p>协作机器人:</p> <p>(1) 6自由度协作机器人;</p> <p>(2) 有效负载: <math>\geq 5\text{kg}</math>;</p> <p>(3) 工作半径: <math>\geq 950\text{mm}</math>;</p> <p>(4) 重复定位精度: <math>\leq \pm 0.05\text{mm}</math>;</p> <p>(5) 编程: 图形化编程、拖拽编程;</p> <p>(6) 机械臂动作范围 (不低于以下参数):</p> <p>1) 关节1: <math>\pm 360^\circ</math> ;</p> <p>2) 关节2: <math>-85^\circ, +260^\circ</math> ;</p> <p>3) 关节3: <math>\pm 175^\circ</math> ;</p> <p>4) 关节4: <math>-85^\circ, +260^\circ</math> ;</p> <p>5) 关节5: <math>\pm 360^\circ</math> ;</p> <p>6) 关节6: <math>\pm 360^\circ</math> ;</p> <p>3. 复合仿生灵巧执行器:</p> <p>(1) 采用复合仿生灵巧柔性夹具:</p> <p>1) 对称可调安装夹爪手指对称分布, 指间距可调整, 可实现对各类异形、易损物品的抓取;</p> <p>2) 软爪抓取尺寸总范围约51-118mm, 并且夹爪安</p>	
--	--	--

	<p>装面带有刻度尺寸；</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>3) 最大抓取质量 <math>\geq 400\text{g}</math>;</li> <li>4) 使用温度范围: <math>-40\sim 150^{\circ}\text{C}</math>;</li> <li>5) 驱动介质: 洁净空气;</li> <li>6) 标准工作寿命: <math>\geq 300</math>万次;</li> <li>7) 最高重复精度: <math>\leq 0.08\text{mm}</math>;</li> <li>8) 工作压力范围: <math>-100\sim 100\text{kPa}</math>;</li> <li>9) ▲可实现无损抓取易损易变形物品; 可实现高适应性抓取: 用一套夹爪可以抓不同尺寸和形状的物品(真实工业行业案例照片)。</li> </ol> <p>(2) 柔性夹具控制器:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) 通过调整气体的压力和延迟, 实现对夹爪的精确控制, 控制器可以与机械臂控制系统通讯, 实现抓持系统完整的点到点抓放动作。</li> <li>2) 额定电压: <math>\text{DC } 24\text{V} \pm 10\%</math>;</li> <li>3) 输出气压: <math>-70\sim 100\text{kPa}</math>;</li> <li>4) 正压输出流量: <math>\geq 19\text{L}/\text{min}</math>;</li> <li>5) 负压输出流量: <math>\geq 10\text{L}/\text{min}</math>;</li> <li>6) 保护功能: 超压报警、漏气报警;</li> <li>7) 防护等级: <math>\geq \text{IP42}</math></li> </ol> <p>4. 零部件送料机构</p> <p>(1) 无人机电池装配单元零部件送料机构将无人机电池精准、稳定地运送至预设的装配工位, 为后续的锁螺丝等装配工序提供零件。</p> <p>(2) 机构主体采用铝合金材质, 包含零部件存储料仓、输送机构与定位机构。零部件存储料仓可容纳零部件 <math>\geq 5</math> 个。输送机构运行平滑无卡顿, 送料节拍 <math>\geq 3</math> 秒/件。定位机构重复定位精度 <math>\leq \pm 0.5\text{mm}</math>。</p> <p>5. 无人机固定治具及台架:</p> <p>(1) 固定治具采用模块化设计, 实现无人机本体的位置固定。</p> <p>(2) 无人机固定治具需包含柔性夹具, 可以无损的将无人机本体进行固定, 不会对无人机本体产生损伤。</p> <p>(3) 工作台架尺寸 <math>W*L*H \leq 1400\text{mm}*1000\text{mm}*900\text{mm}</math>;</p> <p>(4) 工作台架采用铝合金框架结构, 四周封板。</p> <p>(5) 配置机器人示教器放置区, 方便工作人员对示教器的取放。</p> <p>(6) 正面配置触摸屏和按钮, 方便工作现场操作调试设备。</p> <p>(7) 工作台架自带电控柜, 电控柜配有门锁, 电气板采用镀锌板。</p> <p>6. 机器视觉检测系统:</p>	
--	---	--

	<p>(1)工业面阵相机:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) <math>\geq 500W</math>全局黑白相机。</li> <li>2) 传感器: IMX264。</li> <li>3) 传感器类型: <math>2/3"</math>CMOS。</li> <li>4) 分辨率: <math>\geq 2448 \times 2048</math>。</li> <li>5) 帧率: <math>\geq 24</math> fps。</li> <li>6) 位深: <math>\geq 12</math>。</li> <li>7) 功能: 识别物品位置。</li> </ol> <p>(2)工业面阵镜头:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) 镜头焦距: <math>\geq 12mm</math>。</li> <li>2) 光圈孔径: F2.0-F16。</li> <li>3) 像面尺寸: <math>\geq 2/3</math>吋。</li> <li>4) 对焦范围: <math>0.2 \sim \infty</math>。</li> <li>5) 视场角: <math>\geq 37^\circ \times 30^\circ \times 22^\circ</math>。</li> <li>6) 光谱范围: <math>440nm \sim 680nm</math>。</li> </ol> <p>7. 可编程控制器系统:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>(1)用户存储器: <math>\geq 75KB</math>工作存储器, <math>\geq 10KB</math>保持性存储器</li> <li>(2)板载数字I/O: <math>\geq 8</math>点输入、<math>\geq 6</math>点输出, 最大本地数字量I/O可达60个, 本地模拟量I/O不低于2个输入、2个输出;</li> <li>(3)信号模块扩展: 可扩展<math>\geq 2</math>个信号模块</li> <li>(4)通信模块扩展: 可扩展<math>\geq 2</math>个通信模块</li> </ol> <p>8. 人机交互界面系统:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>(1)类型: <math>\geq 7</math>英寸触摸屏</li> <li>(2)分辨率: <math>\geq 800 \times 400</math></li> <li>(3)接口: 工业以太网接口<math>\geq 1</math>个</li> </ol> <p>五、配套实训台</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 采用定制化弧形设计工作岛不低于6人位</li> <li>2. 采用钢木结构</li> <li>3. 配备实训凳不少于6个, 钢木结构, 凳面采用 <math>\geq 25mm</math> 厚三聚氰胺板, 采用<math>\geq 1.5mm</math> 厚PVC 本色封边, 立腿采用<math>\geq 25 \times 1.1mm</math> 方管, 凳架四周加强管采用<math>\geq 20 \times 1.0</math> 方管。</li> </ol>	
--	--	--

3	<p>生产线电气控制与物流设备</p>	<p>一、生产线电气控制与物流设备</p> <p>1. 可编程控制器系统:</p> <p>(1)用户存储器: <math>\geq 75\text{KB}</math>工作存储器, <math>\geq 10\text{KB}</math>保持性存储器</p> <p>(2)板载数字I/O: <math>\geq 8</math>点输入、<math>\geq 6</math>点输出, 最大本地数字量I/O可达60个, 本地模拟量I/O不低于2个输入、2个输出;</p> <p>(3)信号模块扩展: 可扩展<math>\geq 2</math>个信号模块</p> <p>(4)通信模块扩展: 可扩展<math>\geq 2</math>个通信模块</p> <p>2. 人机交互界面系统:</p> <p>(1)类型: <math>\geq 7</math>英寸触摸屏</p> <p>(2)分辨率: <math>\geq 800 \times 400</math></p> <p>(3)接口: 工业以太网接口<math>\geq 1</math>个</p> <p>3. 气动控制元器件:</p> <p>(1)气泵: 功率<math>\geq 550\text{W}</math>, 排气量不低于<math>60\text{L}/\text{min}</math>, 储气罐容积<math>\geq 30\text{L}</math>, 压力不小于<math>0.5\text{Mpa}</math></p> <p>(2)手滑阀: 三口两位, 手动自控式。压力: <math>0-1.0\text{Mpa}</math>, 最大压力<math>1.5\text{Mpa}</math></p> <p>(3)电磁阀: 五口三位, 使用压力: <math>0.15-0.8\text{Mpa}</math>, 最大压力: <math>1.2\text{Mpa}</math></p> <p>4. AGV移动底盘模块:</p> <p>(1)AGV车体:</p> <p>1) 车身尺寸: <math>\geq 400 \times 400 \times 350\text{mm}</math>;</p> <p>2) 总功率<math>\geq 500\text{W}</math>;</p> <p>3) AGV重量<math>\leq 100\text{kg}</math>;</p> <p>4) AGV负载<math>\geq 50\text{kg}</math>;</p> <p>5) 行走速度<math>\geq 1\text{m}/\text{s}</math>;</p> <p>6) 电池: <math>\geq 25\text{AH}</math>, <math>48\text{V}</math>;</p> <p>7) 续航时间: <math>\geq 6\text{h}</math>;</p> <p>8) 充电方式: 自动充电+手动充电;</p> <p>9) 无线通讯: 支持, 可发射热点, 开发者可以通过热点连接机器人;</p> <p>10) 驱动方式: 两轮差速;</p> <p>11) 系统: ubuntu+ROS, 系统开发;</p> <p>12) 状态指示灯: <math>\geq 2</math>个, 可显示状态: 工作状态、充电状态、转向状态、故障状态;</p> <p>13) 开发接口: http协议、ROS协议;</p> <p>14) 传感器: 深度相机<math>\geq 2</math>个, 二维激光雷达<math>\geq 2</math>个;</p> <p>(2)AGV导航:</p> <p>1) 定位方式: 激光slam+视觉辅助;</p> <p>2) 导航精度: <math>\pm 5\text{cm}</math></p> <p>3) 关键点停车精度: <math>\pm 1\text{cm}</math>;</p> <p>4) 支持虚拟墙;</p>	64
---	---------------------	--	----

5) 支持无接触避障;

二、生产线数据展示设备 (1套)

1. 数据展示屏: 屏幕宽 $\geq 3.2$ 米, 高 $\geq 1.92$ 米;

(1) 像素间距 $\leq 1.25$ mm, 像素组成: 1R1G1B三合一SMD, 模组尺寸: 320mm\*160mm;

(2) 白平衡亮度 $\geq 600$ cd/m<sup>2</sup>, 对比度 $\geq 4000:1$ , 可视角: 水平视角 $\geq 160^\circ$ ; 垂直视角 $\geq 160^\circ$ ;

(3) 平整度 $\leq 0.1$ mm;

(4) 具有自检功能, 支持LED单点失控点检测, 失控点数据回传功能; 像素点失控 (坏点或盲点) 率:  $\leq 1/100000$ , 无连续失控点;

(5) 屏体亮度均匀性 $\geq 98\%$ , 符合SJ/T11141-2017标准C级; IGU $\geq 95\%$ ;

(6) 散热方式为自然散热, 采用无风扇、防尘、静音设计;

(7) 具有色温调节功能需满足1000K-20000K可调, 换帧频率兼容性支持50Hz, 60Hz;

(8) 具备自动GAMMA校正技术;

2. 接收卡20张

(1) 单卡最大带载512 $\times$ 512 像素, 最多支持32组RGB并行数据;

(2) 采用8个标准HUB320接口;

(3) 支持逐点亮色度校正;

(4) 支持快速亮暗线调节;

(5) 支持3D功能;

(6) 支持Mapping功能, 能直观的看到显示屏连接状况;

(7) 支持回读接收卡配置参数;

3. 视频处理器 1 台

(1) 采用19英寸金属机箱, 采用纯硬件FPGA架构设计;

(2) 输入接口至少包括1路HDMI2.0+LOOP, 2路HDMI1.3, 1路USB3.0, 最大可支持4096\*2160@60HZ信号输入, 支持选配1路3G-SDI (IN+LOOP);

(3) 视频输出支持不少于8路千兆网口输出, 1路10G-OPT光口, 最大带载可达520万像素, 最宽支持10240, 最高8192;

(4) 可支持144HZ高帧率输入输出, 输出支持插帧、抽帧、倍频 (2倍频、3倍频、4倍频) 功能, 可将30HZ信号, 倍频至120HZ输出;

(5) 最大可支持不少于6个2K图层或1个4K图层+2个2K图层, 全部图层大小和位置可单独调节。4K接口输入2K信号, 按2K图层计算图层资源;

(6) 集成发送卡和视频处理器功能;

	<p>(7)支持U盘即插即播功能,最大支持4K级(3840*2160@60fps)图片和视频的流畅播放,播放列表切换效果支持自定义编排,最多支持20种图片切换特效;</p> <p>(8)支持微信小程序快捷控制,平板快捷控制;</p> <p>4. 配电箱 1 台</p> <p>(1)额定功率: <math>\geq 10\text{KW}</math>, 输出路数: <math>\geq 3</math>路</p> <p>(2)输入电压: 三相五线制AC380V<math>\pm 10\%</math>, 频率50Hz<math>\pm 5\%</math></p> <p>(3)具有远程控制功能、RS232串口或千兆网口通信。</p> <p>(4)结构: <math>\geq 6.67</math>平米,定制,壁挂前维护结构,主框架采用方管、方钢,不锈钢包边。</p> <p>(5)包含安装施工、运输、搬运、安装、调试等。</p> <p>三、生产线工作站数据展示系统(4套)</p> <p>1. 尺寸: <math>\geq 65</math>英寸</p> <p>2. 分辨率: <math>\geq 3840*2160</math></p> <p>3. 电源类型: 外接电源适配器</p> <p>4. 可选挂壁和移动支架;</p> <p>5. 能效等级: 一级</p> <p>6. 接口: HDMI、USB扩展/充电</p> <p>四、配套实训台</p> <p>1. 采用定制化弧形设计工作岛不低于6人位</p> <p>2. 采用钢木结构</p> <p>3. 配备实训凳不少于6个,钢木结构,凳面采用 <math>\geq 25\text{mm}</math> 厚三聚氰胺板,采用<math>\geq 1.5\text{mm}</math> 厚PVC 本色封边,立腿采用<math>\geq 25*1.1\text{mm}</math> 方管, 凳架四周加强管采用<math>\geq 20*1.0</math> 方管。</p>	
--	---	--

4	<p>无人机拆解装配设备</p>	<p>一、无人机整机人工拆解与装配桌</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 无人机整机人工拆解桌实现对无人机的人工拆解。该单元配备专业的拆解设备和工具，供学生进行无人机拆解实践；</li> <li>2. 无人机人工调试桌负责在自动化装配完成后，对无人机进行人工调试和测试，确保无人机的飞行性能和稳定性符合相关标准和要求。该单元配备专业的调试设备和工具，供学生进行无人机调试实践。</li> <li>3. 桌子包含单桌、背网、灯管、插座、挂钩。</li> <li>4. 桌子尺寸<math>\geq</math>长160cm宽75cm高80cm，桌子框架为钢结构，桌面具有防静电桌板。桌面采用<math>\geq 25</math>mm厚三聚氰胺板，<math>\geq 1.5</math>mm厚PVC本色封边，框架采用<math>\geq 25*25*1.1</math>mm钢管制作。</li> <li>5. 具有工具套装，包含：美工刀，电笔，批头，小螺丝刀，内六角扳手，电工胶布，剥线钳，万用表，老虎钳，电烙铁，吸锡器等。</li> </ol> <p>二、仿生灵巧执行器具身智能无人机配件分拣平台：</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 机器人本体： <ol style="list-style-type: none"> <li>(1) 额定负载：<math>\geq 2</math>kg</li> <li>(2) 重量（含电缆）：<math>\leq 10</math>kg</li> <li>(3) 臂展：<math>\geq 580</math>mm</li> <li>(4) 重复定位精度：<math>\leq \pm 0.1</math>mm</li> <li>(5) 自由度：6</li> <li>(6) 编程：图形化编程、拖拽编程</li> <li>(7) 示教器类型：移动终端（电脑/平板/手机）</li> <li>(8) 平均功率：<math>\geq 180</math>W</li> <li>(9) 额定电压：48VDC</li> <li>(10) 温控范围：0~50℃</li> <li>(11) IP等级：<math>\geq</math>IP40</li> <li>(12) 机器人安装：任意角度安装</li> <li>(13) 工具I/O端口：数字输入<math>\geq 2</math>、数字输出<math>\geq 2</math>、模拟输入<math>\geq 2</math>；工具I/O电源：24VDC；</li> </ol> </li> <li>2. 机器人控制柜： <ol style="list-style-type: none"> <li>(1) 输入电源：20~60VDC</li> <li>(2) 输入电流：<math>\leq 40</math>A</li> <li>(3) 电控柜尺寸：<math>\leq 180 \times 130 \times 50</math>mm (L×W×H)</li> <li>(4) IP等级：<math>\geq</math>IP20</li> <li>(5) 电控柜I/O端口：<math>\geq 7</math>路端口，输入输出可配置</li> <li>(6) 电控柜I/O电源：24VDC</li> <li>(7) 安装方式：面板/导轨</li> <li>(8) 通信：TCP/IP、Modbus TCP、Modbus RTU、Profinet、Ethernet/IP等</li> </ol> </li> </ol>	49
---	------------------	---	----

- |  |   |  |
|--|---|--|
|  | <p>3. 复合软体灵巧手:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>(1) 抓取尺寸范围: 20~60mm</li> <li>(2) 使用温度范围: -40~150° C</li> <li>(3) 驱动介质: 洁净空气</li> <li>(4) 标准工作寿命: ≥300万次</li> <li>(5) 复合软体灵巧手包括3种类型的夹爪, 可实现对各类异形、易损物品的抓取</li> <li>(6) 手指模块夹爪手指宽度: ≤30mm</li> <li>(7) 手指模块夹爪正压形变位移<math>Y_{max}</math>: ≥19mm</li> <li>(8) 手指模块夹爪负压形变位移<math>S_{max}</math>: ≥15mm</li> <li>(9) 手指模块夹爪指尖推力: ≥7N</li> <li>(10) 内撑气囊模块无气压时气囊外径: ≤18mm</li> <li>(11) 内撑气囊模块最大膨胀外径: ≥23mm</li> <li>(12) 内撑气囊模块气囊胶体长度: ≤30mm</li> <li>(13) 内撑气囊模块气囊模块总长度: ≤36mm</li> <li>(14) 内撑气囊模块模块自重: ≤48g</li> <li>(15) 内撑气囊模块使用气压范围: 0~100kPa</li> <li>(16) 柔性真空夹爪指尖数量: 4指</li> <li>(17) 柔性真空夹爪胶头形状: 圆形</li> <li>(18) 柔性真空夹爪胶头直径: ≤50mm</li> <li>(19) 柔性真空夹爪胶头长度: ≤62mm</li> <li>(20) 柔性真空夹爪自然态指尖间距: 36mm; 指尖距范围: 15~66mm</li> </ul> <p>4. 混料包装模块:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>(1) 包装盒固定气囊: 4个, 左右各两个, 对称安装</li> <li>(2) 单个气囊自重: ≤12g</li> <li>(3) 单个气囊负载: ≥125g</li> <li>(4) 工作气压: -10~100kPa</li> </ul> <p>5. 机器视觉系统:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>(1) 双目立体视觉深度相机使用环境: 室内/室外</li> <li>(2) 双目立体视觉深度相机图像传感器技术: 卷帘快门</li> <li>(3) 双目立体视觉深度相机理想范围: ≥0.5m~3m</li> <li>(4) 双目立体视觉深度相机深度技术: 立体</li> <li>(5) 双目立体视觉深度相机深度视场: ≥65° × 40°</li> <li>(6) 双目立体视觉深度相机分辨率: ≥1280×720</li> <li>(7) 双目立体视觉深度相机最小深度距离: ≤45cm</li> <li>(8) 双目立体视觉深度相机深度精度: 2米处精度 &lt; 2%</li> <li>(9) 双目立体视觉深度相机深度帧率: ≥90fps</li> <li>(10) RGB分辨率: ≥1920×1080</li> <li>(11) RGB帧率: ≥30fps</li> </ul> |  |
|--|---|--|

	<p>(12)RGB视场角：<math>\geq 69^{\circ} \times 42^{\circ}</math></p> <p>(13)RGB传感器技术：卷帘快门</p> <p>6. 人机交互系统：</p> <p>(1)人机交互平板电脑尺寸：<math>\geq 12</math>吋</p> <p>(2)人机交互平板电脑分辨率：<math>\geq 2K</math></p> <p>(3)人机交互平板电脑内存：<math>\geq 8G</math></p> <p>(4)人机交互平板电脑硬盘：<math>\geq 512G</math> SSD</p> <p>(5)人机交互平板电脑麦克风：内置麦克风</p> <p>(6)人机交互平板电脑显示界面：包含闲聊模式、工作模式、标定、菜单、系统状态信息等界面</p> <p>(7)人机交互显示器尺寸：<math>\geq 19.5</math>寸，长条显示屏</p> <p>(8)人机交互显示器界面：包含图片列表模型、设备静态照片展示、大模型思考过程、视觉检测、机器人编程等界面</p> <p>7. 语音交互软件功能要求：</p> <p>(1)显示界面：包含闲聊模式、工作模式、标定、菜单、系统状态信息等</p> <p>(2)输入方式：支持语音输入和文字输入</p> <p>(3)闲聊模式支持问答的对话形式，内容包括设备介绍、公司情况等，支持内容扩展</p> <p>(4)工作模式下可通过语音或文字下发指令，启动平台进行所需物料的自动抓取</p> <p>(5)标定界面包括机械手标定、图片标定等功能按钮，可进行机械臂坐标参数设置、标定图片获取等操作</p> <p>(6)系统状态信息界面可实时显示工控机通信状态和机械手连接状态</p> <p>8. 工业视觉深度学习可视化工具软件：</p> <p>(1)功能：包括数据标注、模型训练、推理测试等功能</p> <p>(2)模型：训练模型支持迷你级、轻量级、中级、大级、超大级</p> <p>(3)模型训练参数可调，包括模型类型、模型大小、模型权重、训练轮次、训练批次大小、训练验证比例等</p> <p>(4)模型训练结果可视化显示，包含准确率、召回率等</p> <p>9. 大模型算法软件：</p> <p>(1)显示界面：图片列表模型、设备静态照片展示、大模型思考过程展示；</p> <p>(2)整合智能语音识别、自然语言处理技术与大模型多模态交互技术；</p> <p>(3)实现语音、视觉等多种感知方式的融合与协同，可对用户语音指令进行精准识别与理解，并将</p>	
--	---	--

		<p>复杂的自然语言转化为机器可执行的指令；</p> <p>(4)具备高精度的图像采集与分析能力，能够实时捕捉并分析物品信息；</p> <p>(5)可与协助机器人系统进行通讯，控制机器人进行物料自动抓取，提供精准的个性化服务；</p> <p>10. 台架与物料：</p> <p>(1)台架：主体框架所用结构件材料为铝型材，带4个高度可调的活动脚轮，工作台可自由移动。正面配置按钮，方便工作现场操作调试设备。整体尺寸不小于0.6 * 1.0* 1.5m。</p> <p>(2)物料放置区：放置被抓物品模型</p> <p>11. 配套教学资源：</p> <p>●(1)柔性夹具认知讲解视频，包含柔性夹爪、气囊式内撑夹具、气囊式外撑夹具、气动控制模块、微型真空夹爪、范德华力吸盘等。软体机器人技术课程的录像视频、课程大纲与课程PPT原件，不少于16课时，内容包含软体机器人的起源与发展，软体驱动，软体传感，软体材料，软体力学与结构设计，软体机器人变刚度，软体机器人制造方法，软体机器人应用，软体机器人未来展望等内容。</p> <p>(2)操作说明：配套设备操作说明书</p> <p>三、配套实训台</p> <p>1. 采用定制化弧形设计工作岛不低于6人位</p> <p>2. 采用钢木结构</p> <p>3. 配备实训凳不少于6个，钢木结构，凳面采用 <math>\geq 25\text{mm}</math> 厚三聚氰胺板，采用<math>\geq 1.5\text{mm}</math> 厚PVC 本色封边，立腿采用<math>\geq 25*1.1\text{mm}</math> 方管，凳架四周加强管采用<math>\geq 20*1.0</math> 方管。</p>	
5	<p>生产线控制仿真与数字孪生</p>	<p>一、无人机机盖装配单元数字孪生系统：</p> <p>(1)实时监控与同步功能</p> <p>操作人员在监控界面上，不仅能查看设备的实时</p>	79

<p>设备（核心产品）</p>	<p>状态，还能通过历史数据回溯功能，查看过去任意时刻的产线运行情况，便于进行生产分析与问题排查；</p> <p>（2）虚拟装配与仿真功能</p> <p>在虚拟装配仿真过程中，系统通过碰撞检测算法，实时监测零部件在装配过程中的干涉情况；</p> <p>（3）故障预测与诊断功能</p> <p>当系统检测到设备运行数据偏离正常范围时，立即启动故障诊断程序；</p> <p>（4）生产优化与决策支持功能</p> <p>分析装配过程中的各项数据，通过数字孪生模型进行不同生产方案的模拟对比，评估调整装配流程、设备布局、人员安排等对生产效率和成本的影响；</p> <p>（5）培训与教学功能</p> <p>学生可以在虚拟场景中进行装配操作练习，熟悉装配流程和设备操作方法，避免在实际生产中因操作失误造成损失。</p> <p>二、工厂仿真软件：（40套）</p> <p>●1. 一体化工业仿真平台，能在同一3D环境下进行装配仿真、人机仿真、自动化仿真、物流仿真、设备联机等功能实现，具备内嵌组件库，支持国内外知名品牌设备或机器人的参数化模型不低于4000个，工业机器人成熟动态模型，应包含工厂常见应用组件、各大品牌商的机器人、工装夹具和产线设备组件、自动化常用组件等。</p> <p>2. 支持外部模型导入/导出：如3Dmax、AutoCAD、CATIA、Pro/E、SolidWorks、UG/NX等软件模型，并支持主流中间格式，如IGES、JT、Parasolid</p>	
-----------------	---	--

(x\_t)、STEP/STP 等。

3. 支持非标设备组件开发，快速添加参数化尺寸、颜色等静态属性，并定义运行逻辑、运动规则等动态属性。可依需建立公有云/私有云/本地化组件库，项目组成员按权限访问；允许客户建立自己的数字化工厂和知识库。

4. 支持通过 OPC UA 协议和西门子 S7 协议与现场设备进行数据交互及虚拟调试。

5. 可实现对现场 PLC 控制器的数据点进行读模式、订阅模式和写模式实现数字孪生在仿真环境可监视现场设备状态、设备运动情况也可下发命令至设备，让产线启动或停止。

6. 支持主流机器人品牌的轨迹规划离线编程、碰撞检测、可达性分析、代码导出；内置机器人组件和主流机器人协议；图形式示教可快速进行机器人姿态设计、运动路径干涉检查和姿态合理性分析；机器人姿态和轨迹的离线编程与虚拟调试，与现场设备的实时联机。

●7. 可进行装配顺序规划，对装配过程与装配路径进行预仿真，找出最优装配过程，以及避免干涉；动态装配安全距离分析，包括装配顺序，结构干涉检查，间隙检查，运动过程仿真，支持装配线的产能、瓶颈、缓存区利用率、生产和运输设备利用率、人力资源利用率、工时平衡、物料配送策略分析。（投标时需要用真实软件进行现场演示）

8. 装配节拍规划：可通过调整装配活动的顺序及各活动运动时间，达到模拟并行装配场景的目的，辅助用户进行装配节拍计算。

- |  |  |  |
|--|--|--|
|  | <p>9. 支持装配过程模型自动生成，产品装配路径仿真，自动装配路径规划，动态装配干涉分析。</p> <p>10. 对产线、设备、物流、库存、节拍、瓶颈、人员和利用率等进行全面评估、综合分析和优化提升。支持多种图表输出分析，折线图、饼图、柱状图等自定义报表，定制化输出。</p> <p>11. 可以实现设备头顶实时显示运行参数，3D 化组态看板，支持导出 Excel 所有数据可导出 Excel 表格，供第三方使用。</p> <p>12. 可进行人机工程学可达性、可视性、间隙检查等评估。</p> <p>13. 提供人体姿态调整及运动序列定义，系统可自动根据任务和工件位置分解人体动作。</p> <p>14. 提供的 3D 物流过程仿真和机器人仿真/PLC、工艺规划仿真等需在同一 3D 环境实现。</p> <p>●15. 拥有惯性、碰撞、重力、摩擦等物理行为仿真，支持柔性线束电缆仿真，复杂的物流逻辑、设备逻辑可以使用 Python 等高级语言编写，不接受软件自定义语言，具备二次开发能力以及多种仿真优化工具。（投标时需要用真实软件进行现场演示）</p> <p>16. 支持 VR 设备实时交互、基于 VR 虚拟现实的工业仿真展示，沉浸式动态展示具体的生产装配过程、支持 VR 虚拟产线互动，像游戏一样操作产线设备、控制工厂运行。</p> <p>17. 可以支持.net 等通用语言开发，更好地指导产品的设计和研发等工作，减少研发周期和成本。</p> <p>18. 支持国内外知名品牌工业机器人成熟动态模型，包含工厂常见应用组件：各大品牌商的机器</p> |  |
|--|--|--|

	<p>人、工装夹具和产线设备组件，包含 ABB, KUKA, Fanuc, Comau, 川崎, 安川, Staubli, 新松等品牌。</p> <p>19. 除机器人外，还应提供大量的自动化常用组件，如：传送带，加工机床，龙门架，变位机，地轨，人机协作元素等。</p> <p>20. 支持主流品牌轨迹规划离线编程、碰撞检测、可达性分析、代码导出。</p> <p>21. 组件库内置 1400 多个机器人组件，内置 KUKA/ABB/安川/川崎等各主流机器人协议。</p> <p>22. 图形式示教可快速进行机器人姿态设计、运动路径干涉检查和姿态合理性分析。</p> <p>23. 机器人姿态和轨迹的离线编程与虚拟调试，与现场设备的实时联机。</p> <p>24. 支持手机等移动端查阅、支持安卓、苹果等手机移动设备上查看并漫游产线、包含与电脑端一致的 3D 动态仿真效果。</p> <p>25. 可以实现对工序设计、设备节拍分析、统计汇报、非标系统设计。</p> <p>26. 支持多种渲染效果输出，阴影、射线、边线等。</p> <p>27. 提供数据采集和输出的界面，支持 Excel、数据库接口，动态地采集和统计数据。</p> <p>28. 支持自动化虚拟调试，硬 PLC、软 PLC、仿真模拟器如 SIMIT。</p> <p>29. 不借助第三方软件，可以直接输出动画，视频，图片等格式。</p> <p>30. 可以将产线、设备模型等导入 unity3D 等第三方渲染软件，为后续数字孪生大屏等项目提供</p>	
--	---	--

基础动态模型。

▲31. 提供中华人民共和国国家版权局计算机软件著作权登记证书。

32. 可将仿真画面链接至渲染界面，并通过仿真平台进行动画推流，实现动态展示；

三、基于低空场景的无人机综合在线实训系统（1套）

1. 支持不少于 5000 人同时在线实训，包含低空智联网综合认知、低空智联网数据感知、低空智联网数据通信、低空智联网端一边一云协同、低空智联网数据分析、低空智联网智能决策、低空智联网大模型认知以及低空智联网可信存证。微实验模块数量不少于 8 个，内容上需要涵盖低空经济综合认知、低空感知网技术、低空数据通信技术、低空边缘计算及云计算技术、低空大数据技术、低空人工智能技术、大模型认知以及区块链技术等技术等数字化技术。

●2. 所有微实验需要内置到学校数字化思维与技术基础在线学习平台，微实验需要按照需求分析、解决方案设计、部署实施、验证测试等工程实施流程设计，与实际项目流程一致（综合认知模块除外），微实验需要具备实验预置条件设置功能，微实验支持教学模式和测评模式，支持实验时长设置，微实验需要支持自动评分并生成测评报告。

（投标时需要用真实软件进行现场演示）

3. 低空智联网综合认知微实验需要满足低空经济基础认知学习要求：

(1) 支持通过漫游的方式学习低空经济的概念、低空经济的产业链、低空经济的关键技术和低空应

	<p>用场景的基本知识；</p> <p>(2) 低空产业链包含上中下游的产品示例模型各不少于 3 个；</p> <p>(3) 关键技术部分包含通-感-智-算、气象以及导航网，展示低空物联网中常用的感知设备（飞控系统、姿态传感器、定位等）、5G-A 通信设备（BBU、通感一体 AAU 以及核心网设备）、数据分析处理中心等部门，沉浸式体验低空场景所涉及的数字化技术。</p> <p>4. 低空物联网数据感知微实验需要满足低空物联网中感知网技术基础认知的学习要求：</p> <p>(1) 实验以低空物联网感知系统为背景设计，内容至少涵盖物联网感知层、网络层以及应用层三层结构，物联网感知设备认知，物联网网络搭建过程等；</p> <p>(2) 包含需求分析、解决方案设计、项目部署实施、验收测试等部门，其中解决方案设计中至少需要技术认知、技术选型、拓扑规划和设备选型四个部分；</p> <p>(3) 技术认知及技术选型包含传感技术、视频采集技术、射频识别技术、嵌入式技术、单片机技术、网络传输（串口通讯、Wi-Fi、5G 移动通信、有线以太网）以及应用平台协议的选型功能；</p> <p>(4) 拓扑规划应支持根据飞行器（无人机）、货仓以及起降点需求规划所需的设备及配置传输方式；</p> <p>● (5) 设备选型场景应使用 3D 工具开发模型，设备模型应至少包含传感器（电池传感器、姿态传感器、飞控导航模块、激光雷达、空域雷达、激</p>	
--	--	--

	<p>光能见度仪、超声波风速仪、雨量传感器）、视频监控设备（4K 图传、球形摄像机、云台摄像机）、监控网关、RFID 阅读器、扫描仪等采集设备。支持根据不同条件选择设备数量功能。（投标时需用真实软件进行现场演示）</p> <p>(6) 项目实施需具备设备选型后的设备安装功能，需支持设置物联网相关的传输方式、应用协议以及通信地址等参数设置功能；</p> <p>(7) 具备物联网管理平台设置功能，通过物联网管理平台实现设备管理、监控运维、消息管理等功能；</p> <p>(8) 验收测试需具备开机测试、低空联合测试功能。</p> <p>5. 低空智联网数据通信微实验需要满足低空智联网数据通信技术基础认知的学习要求：</p> <p>(1) 实验内容需要涵盖低空智联网数据通信技术（5G 移动通信技术、数据交换技术、宽带接入技术）和卫星通信技术，应支持混合组网技术；</p> <p>(2) 包含需求分析、解决方案设计、项目部署实施、验收测试等部分，其中解决方案设计中需具备网络选型、拓扑规划、容量规划以及设备选型等工程设计流程；</p> <p>(3) 拓扑规划包含 5G 移动通信、宽带以太网组网时所需要的各种类型设备，5G 移动通信至少包含 BBU、通感一体 AAU、5GC 设备。宽带接入设备至少包含 ONU、OLT，以及组网所需的交换机、路由器等；卫星通信网包含地面段设备；</p> <p>(4) 容量规划应根据低空场景业务分类要求分别完成通信接入网规划、承载网资源规划以及核心</p>	
--	---	--

	<p>网资源规划，规划所需设备数量，可规划的设备类型应跟拓扑规划的设备保持一致；同时支持卫星导航网规划；</p> <p>(5)设备选型模块设计应为 3D 模型，设备可展示功能及接口，可选设备应包含拓扑规划中使用的设备；</p> <p>(6)项目部署实施需具备选择设备安装部署和连线功能，分为接入网部署、承载网部署以及核心网部署，连接线缆应至少包含光纤、网线等通信信号线缆；</p> <p>(7)支持数据配置功能，配置与拓扑规划和设备选型保持一致，需要支持 5G 专网以及宽带接入网参数配置；</p> <p>(8)项目部署实施支持数据配置支持简单的宽带接入网、5G 专网参数设置；</p> <p>(9)验收测试应与部署实施一致，根据部署的设备不同可分别对承载网、5G 专网测试，RTK 测试、宽带接入网测试，主要测试网络的连通性。</p> <p>6. 低空物联网端一边一云协同微实验满足低空飞行转运场景数据的存储与计算技术学习要求：</p> <p>(1)支持设置实验条件，实验条件应包含边缘计算、云计算所需的存储和计算的数据和存储需求；</p> <p>(2)包含需求分析、解决方案设计、项目部署实施、验收测试等部分，解决方案设计中包含技术认知、技术选型、容量规划、设备选型和公有云服务选型；</p> <p>(3)解决方案的技术选型需要根据实验条件选择无人机实时监控数据、货物状态监测数据、环境监测数据、普通运营数据（订单）、边缘归档数</p>	
--	--	--

据、敏感运营数据（财务）、调度指令数据等需存储计算数据的云平台选择；

(4) 解决方案的容量规划根据技术选型的数据对存储量和计算量进行估算，同时规划这些数据所需的硬件设备或虚拟设备；

(5) 设备选型和公有云服务选型需要支持依据容量规划进行硬件设备选型或者虚拟服务选型，其中硬件设备应至少包含边缘计算设备、机架式服务器、塔式服务器、刀片服务器等服务器设备以及交换机、路由器、防火墙等网络设备选型，设备需要以 3D 的形式建模，可以多角度展示外观和接口。支持 IaaS、PaaS、SaaS 不同公有云服务类型选择；

(6) 项目部署实施中应支持根据不同的规划设计选择硬件设备部署、虚拟服务部署及云平台资源搭建功能，其中包含边缘计算部署、公有云部署和私有云部署，私有云部署包含计算虚拟化、存储虚拟化等云计算过程；

(7) 验收测试需要开机测试、公有云测试和业务测试，其中开机测试支持边缘计算和私有云设备的开机测试，公有云测试为云计算服务能正常提供，业务测试支持数据上云功能。

7. 低空物联网数据分析微实验满足低空飞行转运场景数据分析技术的学习要求：

(1) 支持实验条件设置功能，实验条件分为基础、中级和高级三个等级，不同级别数据量不同；

(2) 包含需求分析、解决方案设计、项目部署实施、验收测试等部分，解决方案设计中应包含技术认知、技术选型和容量规划；

(3) 解决方案技术选型根据无人机及物流配送场景数据源特性，包括无人机传感数据、姿态数据、飞控数据、轨迹数据、订单数据、货物状态数据以及合规数据等数据源，构建选择合适大数据平台部署组件，可根据业务数据选择 hadoop、HDFS 分布式文件系统、MapReduce、YARN、Hbase、Hive、Spark、可视化工具等；

(4) 解决方案设计容量规划需要规划处理技术选型中数据所需的 Hadoop 集群所需要的资源计算；

(5) 项目部署实施应包含大数据平台部署和大数据业务分析两个模块；

(6) 大数据平台部署应按照部署流程设计，包含搭建资源准备、安装分布式框架、配置数据存储、配置分析工具、部署可视化工具等过程，完成低空转运大数据分析平台搭建；

(7) 大数据业务分析模块支持从场景中采集无人机、货仓、枢纽点等数据，支持根据数据特性选择合适的数据库完成数据存储；

(8) 大数据业务分析模块支持对提取的数据进行清洗；

(9) 支持对清洗的数据进行分析并能通过可视化工具的选择实现大数据可视化的功能。

(10) 验收测试能实现大数据平台测试及大数据可视化展示功能，平台测试至少包含 HDFS 测试、MapReduce 测试、Spark 测试等，大数据可视化应包含无人机数据、物流数据的可视化展示。

8. 低空物联网智能决策微实验满足低空飞行转运场景智能决策系统的学习要求，内容上需要涵盖人工智能的基本概念、关键技术、机器学习、深

度学习等：

(1)支持实验条件设置功能，实验条件分为基础、中级和高级三个等级，不同级别数据源和数据量不同；

(2)包含需求分析、解决方案设计、项目部署实施、验收测试等部分，解决方案设计中应包含技术认知、技术选型和容量规划，解决方案设计应包含技术认知、技术选型和容量规划功能；

(3)解决方案技术选型应为低空物流转运智能决策系统所需的包含但不限于动态路径规划、异常决策处理以及导航网的构建选择合适的数据集、核心技术、学习方法以及算力资源；

(4)容量规划应支持不限于动态路径规划、异常决策处理以及导航网的构建所需的算法，根据数据量情况对所需算力进行估算，根据技术选型课完成算力资源选择；

(5)项目实施至少包含低空物流转运智能决策系统平台部署和模型训练等功能模块；

(6)平台部署应包含环境准备、算法框架安装以及关联边缘推理功能，算法框架支持根据动态路径规划、异常决策处理和导航网构建的不同需求选择合适算法和工具包；

▲(7)模型训练应包含低空物流转运智能决策系统数据获取、数据预处理、模型选型、模型训练四个过程；

(8)数据获取过程应包含数据导入及数据标注功能；

(9)数据预处理应包含预处理功能选择，数据集划分功能；

	<p>(10)模型训练支持训练参数设置并支持训练结果查看；</p> <p>(11)验收测试至少包含模型评估和部署验证模块，模型评估需要支持过拟合和欠拟合的解决方案，部署验证需要对低空物流转运智能决策系统所需的动态路径规划、异常决策处理以及导航网的构建智能决策进行验证。</p> <p>9.低空物联网可信存证满足低空物流转运场景数据可信存证技术的学习要求：</p> <p>(1)支持实验条件设置功能，实验条件分为基础、中级和高级三个等级；</p> <p>(2)包含需求分析、解决方案设计、项目部署实施、验收测试等部分，解决方案设计中应包含技术认知、技术选型；</p> <p>(3)解决方案设计技术选型应根据实验条件约束选择合适的链式结构和区块结构，支持不同条件选择使用的共识机制 PoW、PoS、PBFT 选型等，技术选型结果与项目实施关联；</p> <p>(4)项目部署实施包含区块链平台部署和信息上链模块；</p> <p>(5)区块链部署应包含区块链部署的整体流程，包括但不限于环境准备、节点搭建、网络搭建、共识/加密配置、平台校验；</p> <p>(6)环境准备应包含私有链、Hyperledger Fabric 联盟链、以太坊等选择；</p> <p>(7)节点搭建需要支持节点归属配置和节点权限选择；</p> <p>(8)信息上链模块应至少包含生产数据捕获打包、数字签名及加密，网络传输及节点验证，共识机</p>	
--	---	--

	<p>制及上链，智能合约触发与执行等过程；</p> <p>(9) 验收测试要具备飞行及维修数据不可篡改测试。</p> <p>10. 低空物联网大模型认知微实验需要满足低空物流转运场景大模型基础认知的学习要求：</p> <p>(1) 支持实验条件设置功能，实验条件分为基础、中级和高级三个等级；</p> <p>(2) 包含需求分析、解决方案设计、项目部署实施、验收测试等部分，解决方案设计中应包含技术认知、技术选型、规划设计；</p> <p>(3) 解决方案设计技术选型需要支持根据任务目标选择合适的基础设施、模型、核心技术及算法以及核心能力；</p> <p>(4) 规划设计要能支持按任务选择模型以及计算所需算力及存储需求；</p> <p>(5) 项目部署实施包含大模型平台部署、商用大模型的使用以及大模型训练三部分；</p> <p>(6) 大模型平台部署包含准备基础设施和模型框架部署，其中模型框架部署至少包含安装操作系统、驱动及依赖库、安装数据库以及模型部署等流程；</p> <p>(7) 商用大模型的使用模块应至少包含背景、指令和目标的组合选择；</p> <p>(8) 大模型训练流程包含模型选型、数据准备及预处理、预训练、微调模型以及评估与优化等流程。</p> <p>(9) 验收测试包含低空应急配送测试，检测异常天气下大模型决策下的自主应急处理；大模型故障测试支持模型降级测试。</p> <p>四、无人机协同战术训练系统（5套）</p>	
--	---	--

	<p>1. 虚拟仿真飞行平台</p> <p>(1) 无人机飞行信息显示</p> <p>显示无人机实时飞行速度、高度、垂直速度、水平速度、当前飞行模式、图传信号、遥控器信号、遥控器电量、视角等；</p> <p>(2) 避障提示：支持无人机避障提示，显示无人机障碍方向、距离等信息。</p> <p>(3) 无人机飞行辅助线：支持无辅助线、九宫格辅助线、九宫格+对角线辅助线 3 种辅助线切换显示。</p> <p>(4) 输入连接：支持 VR 眼镜连接（部分功能）、键盘输入、遥控器输入、支持遥控器热插拔。</p> <p>(5) 飞行模式：GPS 飞行模式和姿态增稳模式。</p> <p>(7) 视角：跟随模式、图传视角、飞手视角。</p> <p>(8) 手型设置：支持多模式操控。</p> <p>(9) 机型支持：支持多系列无人机进行虚拟飞行。</p> <p>(10) 天气影响设置</p> <p>支持风向、风速等级、光照设置（含随机），还原真实无人机抗风等级，仿真不同风力等级对不同型号无人机的影响；支持雨、雪、雾、尘天气设置；雨：设置大雨、小雨天气；雪：设置大雪、小雪天气；雾：设置大雾、轻雾天气；尘：设置厚尘、轻尘天气；</p> <p>(11) 适配遥控器</p> <p>支持遥控器屏幕实时显示模拟系统图传画面。</p> <p>2. 基础飞行</p> <p>(1) 基础训练</p> <p>1) 支持无人机全通道悬停训练、航线飞行训练、CAAC 含 3 个等级的训练以及考核；训练中，支持飞行航线小地图显示、无人机飞行轨迹显示/隐</p>	
--	--	--

	<p>藏、飞行航迹清除、训练人员及时间记录；全通道悬停训练包含无人机对头、对尾、机头向左、机头向右飞行训练；全通道悬停训练支持全通道、仅油门、仅副翼、仅偏航、仅俯仰、油门与副翼、偏航与俯仰等通道选择；</p> <p>2) 专项训练满足四边航线、圆周航线、水平八字等不少于 3 种航线飞行训练；</p> <p>(2) 拓展训练</p> <p>支持难易等级不同的 3 类无人机资质拓展训练，帮助用户进行无人机技能拓展；模拟 40m 超远距离异形训练场地，支持航道显示，且支持 FPV 视角，固定视角，跟随视角切换，精准判定飞行点位；支持 40m 航线直线飞行，强化无人机飞行至定点悬停的技能；支持垂直三角飞行训练，强化垂直立体空间飞行技能，在垂直面呈三角飞行；支持圆周飞行训练，训练无人机俯仰和偏航通道配合技巧，实现圆周飞行；支持紧急降落训练，训练紧急情况的无人机操控技巧，在场地指定位置快速降落无人机；支持姿态起降训练，训练姿态模式下对无人机的飞行技巧，包含起飞，飞行，降落；支持侧向飞行训练，训练无人机特定角度侧向前后飞行技巧，掌握横滚和俯仰的通道配合技巧；训练中，支持飞行航线小地图显示、无人机飞行轨迹显示/隐藏、飞行航迹清除、训练时间记录；训练完毕后，支持训练过程速度，水平垂直误差记录以及训练时长记录至成绩结页面。</p> <p>(3) 场景自定义</p> <p>1) 支持无人机场景飞行、航测飞行；支持魔方龙门、环形龙门、刀旗、隧道门、隧道网、圆锥桶、</p>	
--	--	--

	<p>停机坪、树木、灌木丛等飞行道具选择；</p> <p>2) 支持四边航线、圆周航线、水平八字航线等不少于 3 种飞行航线；</p> <p>3) 自定义场景建模支持：提供强大的自定义场景建模能力，支持使用第三方软件生成精确的三维模型数据轻松且快速的导入查看，满足各种复杂的项目需求；兼容包括 FBX 和 OBJ 等其他主流标准格式，保证了模型数据的广泛适用性和无缝集成。</p> <p>(4) 无人机装调</p> <p>支持多系列无人机的组装与拆解；支持无人机电池、桨叶、机臂、脚架、云台等典型无人机部件的组装与拆解。</p> <p>(5) 1+X 无人机操作应用（初级）</p> <p>支持矩形航线飞行；支持前后平移拍摄、左右平移拍摄、垂直升降拍摄、斜线升降拍摄等不少于 4 种典型数据信息采集模式训练。</p> <p>3. 自由飞行</p> <p>(1) 飞行场景：支持森林、海滨、街道、山地、废墟、商场等不少于 6 种自由飞行场景切换。</p> <p>4. 竞技模式</p> <p>(1) 竞速飞行；隧道穿越；收集泡泡</p> <p>5. 电力巡检</p> <p>(1) 常见电压等级线路及典型铁塔模块巡检</p> <p>支持输电线路 220kV 干字耐张塔、220kV 酒杯直线塔、500kV 双回耐张塔、500kV 双回直线塔，500kV 拉 V 直线塔等典型塔型巡检仿真培训；支持训练模式、考核模式；训练模式支持步骤列表显示、无人机炸机复位提示、训练任务结算；考核模式</p>	
--	---	--

支持训练任务结算。支持拍照成像距离、焦距、角度检测，计算拍摄照片质量是否合格；内置动态缺陷库，可灵活设置常见缺陷类型，支持杆塔异物、鸟巢、杆塔锈蚀、相序牌倾斜、相序牌脱落、悬挂漂浮物、绝缘子严重污秽、绝缘子自爆或缺失、防震锤跑位、防震锤脱落、防震锤变形、均压环倾斜脱落等不少于 12 种输电线路典型缺陷设置。

### (2) 常见配网线路及典型杆塔模块巡检

支持 10kV 耐张塔、10kV 双杆台变、10kV T 接线路直线杆、10kV 终端杆、10kV 直线杆等典型杆塔巡检仿真培训；支持典型 10kV 配网线路巡检仿真培训；10kV 配网支持直线塔、耐张塔、台区等不少于 5 种杆塔类型；支持导线，绝缘子，耐张线夹，横担，拉线、变压器、柱上开关、跌落式熔断器等不少于 8 种金具设备细节展示；支持训练模式、考核模式；训练模式支持步骤列表显示、无人机炸机复位提示、训练任务结算；考核模式支持训练任务结算。支持拍照成像距离、焦距、角度检测，计算拍摄照片质量是否合格；内置动态缺陷库，可灵活设置常见缺陷类型，支持杆塔鸟巢、杆塔爬藤、安全距离不足、销钉脱落、螺帽脱落、绝缘子污秽、绝缘子损伤、绑扎线松脱等不少于 8 种配网线路典型可见光缺陷设置。

### (3) 输配电线路设备认知模块

1) 支持配电线路瓷绝缘子、横担、抱箍、杆号牌、楔形线夹、瓷柱绝缘子、复合绝缘子、直角挂板、互感器、刀闸、并沟线夹、接地挂环、楔形耐张线夹、接地扁钢、开关、拉线棒、拉线绝缘子、

	<p>熔断器、避雷器、拉线、横担撑脚、电杆等多种设备认知及缺陷呈现；</p> <p>2) 支持双回路耐张塔、干字耐张塔、酒杯直线塔、拉 V 直线塔 4 种塔型的设备认知，包含输电线路塔头、塔身、塔基、地线横担、跳线横担、导线横担等不少于 6 种设备认知及缺陷呈现。</p> <p>6. 地理测绘</p> <p>(1) 场景与天气设定</p> <p>本模块全面覆盖了测绘作业的全流程，涵盖场地勘测，像控点布设与测量和航向规划流程。</p> <p>1) 支持校园、城镇、灾区、山地等不少于 4 种场景训练；</p> <p>2) 支持区域天气设置，包含风向（东风、西风、南风、北风、东南风、东北风、西南风、西北风），风速（1-9 级），气象（雨、雪、雾、尘），光照等天气条件设置</p> <p>(2) 场地勘测</p> <p>1) 支持测区规划设置，测区规划可选择测区、清除测区；</p> <p>2) 支持测区高程查看，高程查看基于二维地图，查看测区海拔最低高度、海拔最高高度；实时查看地图区域海拔高度。</p> <p>(3) 像控点布设与测量</p> <p>1) 支持二维地图预先设置像控点、删除像控点。</p> <p>2) 支持架设/回收移动站、移动站开机/关机、RTK 手簿操作等功能；利用二维地图像控点位置实时传送至三维实景像控点点位。</p> <p>3) 1:1 还原典型 RTK 手簿操作界面，深刻还原 RTK 手簿操作流程；</p>	
--	--	--

	<p>4) 模拟点管理、导出像控点、点测量、像控点测量、点校正、连接、移动站设置等 7 个 RTK 手簿使用功能;</p> <p>5) 点管理: 支持系统给定地图坐标点导入, 展示点名称、坐标及高程信息;</p> <p>6) 导出像控点: 支持像控点数据导出, 编辑导出文件名称, 选择导出文件类型格式, 文件格式不少于 .dat、.dos、.txt、.text 等多种格式类型;</p> <p>7) 点测量: 支持点名及杆高输入, 获取移动站坐标、高程、差分延迟、PDOP、基站距离等信息;</p> <p>8) 像控点测量: 支持像控标靶点位信息获取, 反馈测回数及测点数;</p> <p>9) 点校正: 支持测量点、已知点数据信息获取, 模拟点校正并应用, 可更新已知点数据信息;</p> <p>10) 连接: 支持 RTK 手簿连接方式选择, 列表形式模拟展示目标设备与天线参数连接配对, 核对配对结果;</p> <p>11) 移动站设置: 支持移动站数据链设置, 设置类型包含不使用、接收机移动网络、手机网络、接收机 WIFI 网络等; 模拟展示网络协议、服务器地址、端口、源列表、用户名、密码等数据链参数, 支持服务器地址、端口、密码等参数修改, 核对配置结果。</p> <p>12) 支持像控标靶位置设置、拾取、回收, 像控点标靶命名。</p> <p>13) 支持使用相机记录当前像控标靶近景、远景图像信息。</p> <p>(4) 航向规划</p> <p>1) 还原无人机遥控器操作界面, 支持建图航拍、</p>	
--	--	--

	<p>倾斜摄影 2 种航线规划方式选择，展示历史航线规划信息数据。</p> <p>2) 支持测区航线自动生成、清除所有航点、删除航点、保存航线任务、执行航线、航线参数设置、航线任务信息展示等功能。</p> <p>3) 航线自动生成：支持一键生成默认航线、调节航点位置、增加航点、智能生成飞行航线；</p> <p>4) 清除所有航点：支持所有航点信息一键清除；</p> <p>5) 删除航点：支持航点选择并删除选择航点；</p> <p>6) 保存航线任务：支持航线任务保存；</p> <p>7) 执行航线：支持返航高度调节，实时查看航线进度信息（航线执行进度、预计剩余时间、拍摄数量），图传画面展示及切换，取消航线执行；</p> <p>8) 航线参数设置：支持相机选择、拍照模式选择、飞行高度设置、起飞速度设置、航线速度设置、完成动作设置、旁向重复率、航向重复率、主航线角度、边距等不少于 10 种航线参数设置；</p> <p>9) 航线任务信息展示：主要展示航线长度、航线任务预计时间、航点、照片、测区面积信息。</p> <p>(5) 工具箱：支持像控标靶、移动站、相机、无人机、无人机遥控器等无人机测绘设备定位与回收。</p> <p>(6) 仿真数据导出应用</p> <p>1) 支持测绘后带地理数据 GIS 图片或者其他格式文件的导出，并支持第三方软件建模。</p> <p>2) 导出像控点：支持像控点数据导出，编辑导出文件名称，选择导出文件类型格式，文件格式不少于 .dat、.dos、.txt、.text 等多种格式类型；</p> <p>7. 消防救援</p> <p>(1) 侦察飞行</p>	
--	--	--

1) 遵循《UTC 无人机应急消防技术课程》实操考核流程，还原实操考核场地部署，设计无人机安全起降、视距内飞行、超视距飞行训练流程；支持训练模式、考核模式；训练模式支持步骤列表显示、无人机炸机复位提示、训练任务结算；考核模式支持训练任务结算；支持无人机菱形航线飞行；支持可见光/红外镜头切换，可实时测量红外热源温度；支持无人机镜头变焦拍照，实时校验照片质量；训练模式提供物体高亮、文字提示、方向提示引导训练流程操作，支持无人机坠机复位继续飞行；考核模式参考《UTC 无人机应急消防技术课程》实操考核扣分细则，记录训练步骤名称、训练时间等信息，展示训练人员、训练时间。

## (2) 航拍侦察

1) 遵循相关竞赛技术细则，还原大赛场地部署，设计无人机障碍网、龙门障碍穿越飞行、废墟搜索飞行,实现危险品搜寻、热源定位、无人机全景图采集训练流程；支持训练模式、考核模式；训练模式支持步骤列表显示、无人机炸机复位提示、训练任务结算；考核模式支持训练任务结算；支持实时记录飞行训练时间；支持查看答题卡，根据侦察飞行结果，模拟答题卡答题，答题结果纳入训练/考核成绩；

2) 支持无人机障碍网、龙门障碍穿越飞行；模拟无人机废墟区域搜索飞行，支持无人机可见光/红外镜头切换；可见光搜寻危险化学品，红外搜寻红外热源；废墟区域危险化学品设置数量不得少于 3 处，每次训练随机出现 1 处，危险化学品标识设置种类不得少于 10 种，每次训练随机出现 1

种；废墟区域红外热源设置数量不得少于 4 处，每次训练随机出现 2 处；热源支持展示热源编号信息；支持无人机全景图拍摄，拍摄图片可保存查看；训练模式提供物体高亮、文字提示、方向提示引导训练流程操作；考核模式参考相关竞赛考核计时规则，记录训练时间。

### (3)精准抛投

1) 遵循相关竞赛技术细则，还原大赛场地部署，设计无人机挂载矿泉水瓶、抛投至不同口径铁桶，支持无人机挂载救生圈抛投至模拟人训练流程；支持训练模式、考核模式；训练模式支持步骤列表显示、无人机炸机复位提示、训练任务结算；考核模式支持训练任务结算；支持无人机飞行小地图显示，实时显示无人机飞行位置；实时记录飞行训练时间；支持无人机挂载矿泉水瓶抛投铁桶，无人机挂载救生圈抛投模拟人；训练模式提供文字提示引导训练流程操作；考核模式参考相关竞赛考核计时规则，记录训练时间。

### (4)侦察投送

1) 遵循相关竞赛技术细则，还原大赛场地部署，设计无人机障碍网、迷宫障碍穿越飞行（包含龙门障碍、热源定位、危险品标识搜寻）、无人机抛投物品训练流程；支持训练模式、考核模式；训练模式支持步骤列表显示、无人机炸机复位提示、训练任务结算；考核模式支持训练任务结算；支持无人机飞行小地图显示，实时显示无人机飞行位置；实时记录飞行训练时间；支持查看答题卡，根据侦察飞行结果，模拟答题卡答题，答题结果纳入训练/考核成绩；支持无人机障碍网、迷

宫障碍穿越飞行；模拟无人机迷宫区域穿越搜索飞行，支持无人机可见光/红外镜头切换；可见光搜寻危险化学品标识，红外搜寻红外热源；迷宫区域危险化学品设置数量不得少于 10 处，每次训练随机出现 1 处，危险化学品标识设置种类不得少于 10 种，每次训练随机出现 1 种；迷宫区域红外热源设置数量不得少于 4 处，每次训练随机出现 2 处；热源支持展示编号信息；

2) 支持无人机挂载矿泉水瓶抛投铁桶；

3) 训练模式提供训练提示引导训练流程操作；考核模式参考相关竞赛考核计时规则，记录训练时间。

#### 8. 植保作业

##### (1) 作业准备

1) 支持小麦、玉米、水稻、果树等典型无人机农业植保场景作业；支持训练模式、考核模式；训练模式支持步骤列表显示、无人机炸机复位提示、训练任务结算；考核模式支持训练任务结算；支持作业区域规划，实时计算作业区域面积；支持小麦、玉米、水稻、果树不同农作物病虫害情况选择不同用药方案；根据作业区域面积及农药亩施药量，计算药液剂量；支持作业人员防护装备选择，包含防护服、防护面罩、手套、水靴等不少于 4 种防护装备选择。

##### (2) 手动飞行

1) 支持小麦、玉米、水稻、果树等典型无人机农业植保场景作业；支持训练模式、考核模式；训练模式支持步骤列表显示、无人机炸机复位提示、训练任务结算；考核模式支持训练任务结算；支

	<p>持手动基础作业模式、增强作业模式选择；支持无人机飞行锁定航向、一键掉头等操作训练。</p> <p>(3)AB 点飞行</p> <p>支持小麦、玉米、水稻、果树等典型无人机农业植保场景作业；支持训练模式、考核模式；训练模式支持步骤列表显示、无人机炸机复位提示、训练任务结算；考核模式支持训练任务结算；支持无人机飞行速度、相对作物高度、作业行距等参数设置；支持 A 点、A 点角度、B 点、B 点角度设置，生成 AB 点飞行航线；支持航线航向切换；支持无人机作业前自检，作业完成后展示作业确认书。</p> <p>9. 运载物流</p> <p>(1)UTC 运载应用</p> <p>UTC 无人机运载培训仿真：遵循相关考核要求，实操考核流程，还原实操考核场地部署，设计无人机上货、挂载、卸货训练流程，支持无人机降索、收索功能；支持训练/考核模式；训练模式支持步骤列表显示、无人机炸机复位提示、训练任务结算；考核模式支持训练任务结算；训练模式指引：提供物体高亮、文字提示、方向提示引导训练流程操作，支持无人机坠机复位继续飞行；考核评分：考核模式参考相关考核要求，记录训练步骤名称、训练时间等信息，展示训练人员、训练时间。</p> <p>10. VR 仿真训练</p> <p>(1)VR 模式</p> <p>1) 支持 VR 和 PC 模式无缝切换，无需重启软件。</p> <p>2) 支持 HTC VIVE 的 PCVR 设备，双眼分辨率最高</p>	
--	--	--

	<p>支持 4K，支持手柄控制。</p> <p>(2)VR 基础训练</p> <p>1) VR 飞行训练：满足四边航线、圆周航线、水平八字等不少于 3 种航线；</p> <p>2) VR 基础考核训练：包含起飞、慢速自旋、机头定向水平八字飞行，支持考核成绩结算及考核时长记录；</p> <p>3) VR 视角支持切换：遥控视角，无人机跟随视角。</p> <p>(3)VR 自由飞行</p> <p>1) 支持 VR 模式下，沉浸式自由飞行体验；</p> <p>2) 支持对场景中天气，风向，风速，日照进行调整；</p> <p>3) 支持森林、海滨、街道、山地、废墟、商场等不少于 6 种自由飞行场景切换。</p> <p>(4)VR 电力巡检</p> <p>1) 支持 VR 模式下，常见电压等级线路及典型铁塔模块巡检，支持输电线路 220kV 耐张塔、220kV 直线塔、500kV 耐张塔、500kV 直线塔等典型塔型；且支持巡检的动态缺陷设置，可灵活设置常见缺陷类型；支持 VR 模式下，常见配网线路及典型杆塔模块巡检，支持 10kV 耐张塔、10kV 双杆台变、10kV T 接线路直线杆、10kV 终端杆、10kV 直线杆等典型杆塔巡检仿真培训；支持典型 10kV 配网线路巡检仿真培训；10kV 配网支持直线塔、耐张塔、台区等不少于 5 种杆塔类型；支持导线，绝缘子，耐张线夹，横担，拉线、变压器、柱上开关、跌落式熔断器等不少于 8 种金具设备细节展示；且支持巡检的动态缺陷设置，可灵活设置常见缺陷类型。</p>	
--	--	--

	<p>(5)VR 组装调试</p> <ol style="list-style-type: none"><li>1) 支持 VR 模式下，以第一人称视角，进行典型无人机的组装和拆解；</li><li>2) 支持多种系列无人机的组装与拆解；</li><li>3) 支持无人机电池、桨叶、机臂、脚架、云台等典型无人机部件的组装与拆解。</li></ol> <p>▲11. 提供中华人民共和国国家版权局计算机软件著作权登记证书。</p> <p>五、仿真区域数据展示设备（2套）</p> <ol style="list-style-type: none"><li>1. 整机采用全金属外壳，三拼接平面一体化设计；整体外观尺寸：宽<math>\geq 4200\text{mm}</math>，高<math>\geq 1200\text{mm}</math>，厚<math>\leq 120\text{mm}</math>。</li><li>2. 主屏支持普通粉笔直接书写；整机两侧副屏可支持以下媒介（普通粉笔、液体粉笔、成膜笔）进行板书书写。副屏支持磁吸附功能，可以满足带有磁吸的板擦教具进行吸附在副屏上。</li><li>3. 整机屏幕采用 86 英寸液晶显示器；显示分辨率 3840x2160，可视角度<math>\geq 178^\circ</math></li><li>4. 整机采用<math>\geq 12</math>核国产化嵌入式芯片，CPU<math>\geq 8</math>核，整机嵌入式系统版本<math>\geq \text{Android}12</math>，主频<math>\geq 1.6\text{GHz}</math>，内存<math>\geq 2\text{GB}</math>，DDR 最大速率<math>\geq 2666\text{MT/S}</math>，存储空间<math>\geq 32\text{GB}</math>。</li><li>5. 整机内置 2 声道扬声器，最大功率<math>\geq 60\text{W}</math>。</li><li>6. 内置 OPS 电脑模块配置要求：支持 Intel 12 代酷睿及以上系列 CPU。内存不小于 8G；固态硬盘不小于 256GB。</li></ol> <p>六、AI 辅助工业机器人编程及系统开发</p> <ol style="list-style-type: none"><li>1. 包含语音交互模块、运动控制模块、Agent 任务规划模块以及视觉训练模块；</li></ol>	
--	---	--

	<p>2. 语音交互模块可以以图形化的方式实现人机交互的解决方案，通过灵活的图形化编程，可提供语音唤醒、语音听写、语义分析、语音评测、语音合成、中英文翻译等等 VI 函数和详细程序范例以及语音控制工业机器人运动规划程序。</p> <p>3. Agent 任务规划模块可以实现通过大语言模型实现自然语言理解与自主任务规划，用户只需口述指令，Agent 即可自动拆解任务、调用视觉定位、规划运动轨迹并精准执行。</p> <p>4. 支持生成工业机器人控制代码，支持国内外主流大模型接入(阿里云、DeepSeek、百度、豆包、智谱、硅基流动)，在保障数据安全的同时，实现自然语言交互、任务规划、VI 解析与自动执行等能力。</p> <p>5. 可以实现工具调用机制，AI 可直接驱动设备、调用算法、处理数据，构建真正的具身智能系统，零代码低代码快速重构，通过图形化编程大幅降低部署周期。</p> <p>6. 运动控制模块支持工业机器人所有核心控制功能，从基础的上电、使能、急停保护，到手动微调、直线运动、圆弧运动，再到工具坐标系/用户坐标系灵活切换，无需额外编写复杂程序，调试过程可视化，采用模块化 VI 设计，支持二次开发与功能扩展。</p> <p>7. 视觉训练模块包含标注和训练两个部分，支持图像分类、目标检测、语义分割、人脸检测识别、文字检测和识别、图像分割等。</p> <p>8. 提供 10+工业机器人及视觉、语音、agent 实训范例。</p>	
--	--	--

## 七、AI 立式数字人终端

1. 通过集成自动语音识别、自然语言处理、文本到语音转换、语音合成和虚拟数字人技术等多种技术手段,实现了一个高度智能化的虚拟数字人语音对话终端。该终端可以具备理解和回应人类语言的能力,支持通 3D 虚拟数字人交互体验。

2. 显示尺寸 $\geq 1500*800\text{mm}$ ;

3. 支持红外触摸,实现 95-100%真实透光率;

4. 包含定向 4 阵列麦克风及立体环绕音响;

5. 包含数字人软件,支持提供多模态开放式对话数字人,软件支持语音唤醒功能;

6. 可接入豆包 AI、文心一言、讯飞星火、DeepSeek,进行 AI 自由问答(也支持对接第三方 AI 大模型);

7. 接入扣子智能体 API 接口,支持接入特定行业垂直领域知识库,支持甲方自己训练智能体。

8. 提供不少于 100 个形象进行选择。

9. 至少提供数字人管理终端系统一套,用于用户自主修改数字人身份、唤醒词、问答提示词、音色库、PPT 讲解词、支持上传本地 QA 问答库,支持 QA 队列上传、批量 excel 问答表导入。

## 八、实训终端(25 套)

1. CPU:  $\geq 14$  核心,主频 $\geq 2.6\text{GHz}$  ;

2. 内存: 容量 $\geq 16\text{GB}$  DDR5 4800MHz;

3. 硬盘:  $\geq 512\text{GB}$  2280 PCIe NVMe m.2 固态硬盘

4. 显存 $\geq 6\text{G}$ ;

5. 显示器: 尺寸 $\geq 23$  吋;分辨率:  $\geq 1920*1080$ ;

6. 网卡: 有线 $\geq 1$  个千兆以太网口;

7. USB 数量 $\geq 6$  个,1 个串口;

	<p>8. 键盘鼠标：有线键鼠套装；</p> <p>九、实训一体终端（22套）</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 处理器：≥8 核心，主频≥2.0GHz；</li> <li>2. 内存：≥16G DDR4；</li> <li>3. 硬盘：≥512G PCIe M.2 固态硬盘。</li> <li>4. 网卡：集成千兆网卡。</li> <li>5. 集成显卡。</li> <li>6. 键鼠：USB 键盘鼠标。</li> <li>7. 显示器：≥23 吋，分辨率不低于 1920*1080；</li> </ol> <p>十、电装实训台（21套）</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 尺寸不低于 1400mm*600mm*700mm；</li> <li>2. 采用钢木结构设计；</li> <li>3. 桌面厚度不低于 25mm；</li> <li>4. 桌面需采用灰色防静电处理；</li> <li>5. 需配备实训终端主机托盘、可升降屏幕支架、键盘托盘、抽屉、置物板；</li> <li>6. 补全椅子参数。</li> </ol> <p>十一、电装耗材工具柜（5套）</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 钢制，厚度不低于 0.6mm；</li> <li>2. 尺寸不低于 600mm*300mm*1500mm；</li> <li>3. 采用五层结构，透明门。</li> </ol>	
--	--	--

6	军民两用无人机融合场景飞行综合试飞实战保障监控设备	<p>一、军民两用无人机融合场景飞行综合试飞实战保障监控设备 1 套</p> <p>1. 自组网电台：</p> <p>(1)组网频率：802.11AN、5.180GHz~5.825GHz</p> <p>(2)调制方式： SSS/CCK/BPSK/QPSK/OFDMBPSK/QPSK/16-QAM/256-QAM</p> <p>(3)发射功率：≥30dBm</p> <p>(4)接收灵敏度：≤-97dBm</p> <p>(5)射频接口：U.FL*2</p> <p>(6)信道频宽：5M/10M/20M/40MHz（可调）</p> <p>(7)无线速率：≥300Mbps、MIMO 2*2</p> <p>(8)WIFI 热点：5.8GHz</p> <p>(9)有效距离：≥5KM</p> <p>(10)自组网节点数：不小于 50 台</p> <p>(11)配置方式：WEB</p> <p>(12)电台数量：≥3 台</p> <p>2. 图形工作站：</p> <p>(1)CPU：≥4-Core, 2.2 GHz ；</p> <p>(2)内存：≥4GB DDR4 ECC UDIMM；</p> <p>(3)硬盘：硬盘插槽数≥8 个 3.5 英寸；支持硬盘类型 3.5/2.5 英寸 SATA 硬盘，支持热插入；</p> <p>(4)显卡：显存≥2GB；</p> <p>(5)接口：RJ-45 1GbE 网络端口（RJ45）：≥4 个（支持 链路聚合/ 故障移转）；</p> <p>(6)输入设备：有线键鼠套装；</p> <p>(7)网卡：主板集成 1000M 自适应以太网卡，带网络唤醒功能；</p> <p>(8)电源：≥260W 90%高效电源</p>	40
---	---------------------------	---	----

	<p>(9)PCIe 扩展槽: 1x Gen3 x8 slots (x4 link) /USB 3.2 Gen 1 端口*4/eSATA 端口*2</p> <p>3. 无人机地面站系统: 任务规划与自主飞行 实时飞行监控与数据遥测 全面的机载设置与校准 一站多机与跨平台支持</p> <p>二、动捕系统 1 套</p> <p>1. 硬件参数:</p> <p>(1)相机数量: <math>\geq 8</math></p> <p>(2)红外光学追踪, 无电、磁和声音干扰;</p> <p>(3)无线追踪, 无数据线和电源线的牵绊;</p> <p>(4)内置高能近红外 LED 闪光灯, 波长为 850 nm, 强度可供调整;</p> <p>(5)满分辨率最大帧速: <math>\geq 110</math> 帧/秒;</p> <p>(6)分辨率: <math>\geq 1280 \times 1080</math>;</p> <p>(7)视场角: <math>\geq 80^\circ \times 70^\circ</math> ;</p> <p>(8)焦距<math>\leq 1.9</math>mm, 光圈<math>\leq 2.4</math>;</p> <p>(9)镜头前方有数码管指示相机的工作状态及校准进度;</p> <p>(10)相机内置处理器性能需<math>\geq</math>双核 ARM A9, 内存<math>\geq 1</math>GB DDR3 SDRAM, <math>\geq 16</math>MB QSPI, <math>\geq 4</math>GB eMMC;</p> <p>(11)POE 供电;</p> <p>(12)延迟:<math>\leq 10</math> 毫秒;</p> <p>(13)追踪距离: <math>\geq 6</math> 米;</p> <p>2. 数据处理与分析系统 (1 套):</p> <p>(1)当环境中不少于 10 个噪点时, 无需屏蔽环境光, 系统仍然能完成校准;</p> <p>(2)为提升校准效率缩短系统准备时间, 当仅有部</p>	
--	--	--

	<p>分相机的位置发生变化时，无需对所有相机都进行校准，可选择对发生位置变化的相机进行局部校准；</p> <p>(3)系统支持在地面上均匀布置反光点，并以此为依据对地平面进行校准；</p> <p>(4)为保证实验安全，无需暂停，软件支持在实时采集模式下选中多个标志点后可一键生成由选中的多个标志点（构成的刚体；</p> <p>(5)无需框选任何标志点，系统可根据同一个刚体标志点之间的位置关系不变的原则自动创建新的刚体；</p> <p>(6)当不少于 3 个刚体混叠在一起时系统仍能稳定识别并追踪，刚体不出现跳变情况；</p> <p>(7)软件支持直接连接视频摄像机，实时显示当前场地中的场景，并且具有视频影像叠加功能；</p> <p>(8)为简化操作复杂性，提高使用效率，无须手动指认散点与骨骼间的对应关系，系统可以一键从散点自动生成人体骨骼；</p> <p>(9)支持主动标志点追踪，可同时识别多个同样点位布局的主动标志点刚体目标；支持追踪质量显示，直观提示追踪质量好坏；</p> <p>(10)系统需支持能够导入使用者自己的 FBX 模型，进行自动/手动骨骼重定向，可调整骨骼关节的旋转和位置的 IK/FK 值；</p> <p>(11)为方便使用，系统需支持能够导入使用者自己的 FBX 模型，进行自动/手动骨骼重定向，可调整骨骼关节的旋转和位置的 IK/FK 值；</p> <p>(12)支持实时和离线数据烘焙到模型上并可导出 fbx；</p>	
--	--	--

	<p>(13)支持人物和刚体角色的 Xmap/Bmap 的导出/删除/添加等功能，快速启用已有的重定向数据；</p> <p>(14)可对柔性物体进行追踪；</p> <p>(15)系统服务器端与客户端可分开部署，客户端可安装在任意终端上，并且客户端不开启时定位系统也可正常工作；</p> <p>(16) 输出数据格式包括.C3D, .fbx, .trb, .anb, .ANC 等；</p> <p>(17)提供实时 SDK，可通过 SDK 将标志点，骨骼等数据广播发送出去，供第三方使用；</p> <p>(18)提供 SDK 应支持包括 Windows、Mac、Linux、安卓等操作系统；</p> <p>(19)提供 SDK 应支持包括 VRPN 数据传输、FreeD、Dtrack、TrackD 等协议；</p> <p>(20)提供 SDK 应支持包括 ROS、ROS2、Matlab、Simulink、Labview、等软件平台；</p> <p>(21)供货时须提供上述实时 SDK 数据端口，并提供接口函数及应用文档，包含实时 SDK 实例并提供实例源代码；</p> <p>3. 辅材：</p> <p>(1)校准工具一套：</p> <p>1) I 型校准杆简单轻便，仅需两个反光点即可完成校准。</p> <p>2) 坐标系校准板为柔性标定板，可反复折叠不影响使用。</p> <p>(2)交换机一套：</p> <p>1) <math>\geq 16</math> 个 10/100/1000Base-T RJ45 端口（支持标准 PoE+供电）、<math>\geq 2</math> 个 1000Mbps SFP 端口。</p> <p>2) 整机大 PoE 供电功率为<math>\geq 375W</math>，单端口大 PoE</p>	
--	--	--

	<p>供电功率为<math>\geq 30W</math>。</p> <p>3) 支持 802.1Q VLANPort VLANQoS 带宽控制风暴抑制。</p> <p>4) 支持端口汇聚端口镜像端口监控线缆检测环回保护。</p> <p>5) 支持 Web 管理 VLAN 隔离标准交换三种工作模式。</p> <p>(3)反光标记点:</p> <p>1) 数量: <math>\geq 40</math> 个</p> <p>2) 直径: <math>\geq 14mm</math></p> <p>(4)安装套件: 8 套</p> <p>(5)专用数据线: 9 根</p> <p>三、民用试飞场景搭建 1 套</p> <p>1. 尺寸: 约 5m*5m*3m (具体根据现场环境定制);</p> <p>2. 骨架: 铝合金型材;</p> <p>3. 周边四面+顶面: 尼龙网围挡。</p> <p>4. 民用场景内含飞行训练道具: 4 个 70cm 环、2 个 60cm 环、刀旗 2 面、杠子 4 根、支架 15 个、停机坪 1 个</p> <p>四、军用试飞场景搭建 1 套</p> <p>1. 尺寸: 约 5m*5m*3m (具体根据现场环境定制);</p> <p>2. 骨架: 铝合金型材;</p> <p>3. 周边四面+顶面: 尼龙网围挡。</p> <p>4. 军用场景包含:</p> <p>障碍物 1: 隔板是长 3.15m, 宽度 5cm, 高度 2.5m;</p> <p>障碍物 2: 隔板长 0.5m, 宽度 5cm, 高度 2.5m;</p> <p>障碍物 3: 长 0.5m, 宽 5cm, 高度 2.5m;</p> <p>障碍物 4: 长 0.35m, 宽 5cm, 高 2.5m;</p> <p>障碍物 5: 圆柱直径 20cm, 高 2m;</p>	
--	---	--

	<p>激光靶三个：</p> <p>(1) 激光笔与激光靶适配，激光笔可完成激光靶击发；</p> <p>(2) 感应区域面积：<math>\geq 490*490\text{mm}</math>（长*宽）；感应波长：<math>700\sim 760\text{nm}</math>；感应载波：<math>38\sim 200\text{kHz}</math>；</p> <p>(3) 供电接口：XT60，输入电压：<math>12\sim 25.2\text{V}</math>；</p> <p>(4) 击发时具有声光报警功能；</p> <p>五、激光打靶场景演示无人机 2 套</p> <p>1. 整机要求</p> <p>(1) 要求可用于开展围绕无人机融合定位、目标识别等自主化、智能化方向无人机人工智能技术场景开发及应用需求，具有 1 项以上成熟场景开发案例。</p> <p>(2) 轴距：<math>\leq 460\text{mm}</math>；</p> <p>(3) 整机重量：<math>\leq 2100\text{g}</math>（不含电池）；</p> <p>(4) 最大飞行高度：<math>\geq 200\text{m}</math>；</p> <p>(5) 要求传感器连接处、任务载荷连接处具备快拆结构。</p> <p>2. 动力系统</p> <p>(1) 电子调速器</p> <p>1) 持续电流：<math>\geq 20\text{A}</math>，瞬时电流：<math>\geq 30\text{A}</math>（10 秒）；</p> <p>2) 输入：支持 3~4S 锂聚合物电池；</p> <p>3) 连接方式：与无刷电机采用插拔式连接。</p> <p>(2) 无刷电机</p> <p>1) 定子外径：<math>\leq 25\text{mm}</math>，定子厚度：<math>\leq 15\text{mm}</math>；</p> <p>2) 转子直径：<math>\leq 30\text{mm}</math>；</p> <p>3) 空载电流：<math>\leq 1\text{A}</math>；</p> <p>4) 桨叶规格：1045 自锁桨叶。</p> <p>(3) 动力电池</p>	
--	---	--

	<p>1) 锂聚合物电池;</p> <p>2) 容量<math>\geq 5300\text{mAh}</math>;</p> <p>3) 电芯: 4S1P。</p> <p>(4) 电源管理: 电池状态实施监控, 可回传显示电压、工作电流及剩余电量;</p> <p>(5) 输出电源: 除正常无人机供电外, 另有稳压后 6V 供电电路一路。</p> <p>3. 飞控系统</p> <p>(1) 自动驾驶仪</p> <p>1) 采用开源架构, 具备航线规划、一键返航、一键降落、定点定高、自动巡航飞行能力, 支持传感器拓展;</p> <p>2) FMU 处理器: <math>\geq 2\text{MB ROM}</math>, <math>\geq 1\text{MB RAM}</math>, 频率<math>\geq 480\text{MHz}</math>;</p> <p>3) IMU: 陀螺仪噪音<math>\leq 3\text{mdps}/\sqrt{\text{Hz}}</math>, 加速度计噪音<math>\leq 70\ \mu\text{g}/\sqrt{\text{Hz}}</math>, 具备气压计;</p> <p>4) USB 电源输入: 覆盖 4.75~5.25V, 飞控传感器及外设最大输出电流限制器: <math>\leq 1.5\text{A}</math>;</p> <p>(2) 卫星定位模块</p> <p>1) 集成工业级指南针、气压计、飞行控制器状态灯、蜂鸣器、安全开关于一体;</p> <p>2) 卫星定位模块支持格洛纳斯、全球卫星定位系统、北斗、伽利略等卫星系统。</p> <p>4. 数据链系统</p> <p>(1) 数据链路: 内置数传链路, 实现无人机与地面数据互通;</p> <p>(2) 遥控链路</p> <p>1) 传输频率: 2.4GHz ISM 波段;</p> <p>2) 信道带宽: <math>\geq 5.0\text{MHz}\&amp;250\text{Kbps}</math>, 临道抑制比:</p>	
--	--	--

	<p>≥35dbm, 发射功率: ≤100mW (20dbm), 通道数量: ≥9。</p> <p>5. 任务载荷及传感器</p> <p>(1) 配置伴随计算机、激光雷达、单目相机、激光发射器, 所有传感器需已完成连接、调试;</p> <p>(2) 激光雷达</p> <p>1) 激光波长: 905nm。</p> <p>2) 人眼安全级别: Class1。</p> <p>3) 量程: 在 100klx 光照下, 10% 反射率时为 40 米, 80% 反射率时为 70 米。</p> <p>4) 近处盲区: 0.1 米。</p> <p>5) 视场角: 水平 360°, 垂直 59°。</p> <p>6) 测距随机误差: 10 米处 ≤2 厘米, 0.2 米处 ≤3 厘米。</p> <p>(3) 激光发射器</p> <p>1) 激光发射功率: ≤200mW;</p> <p>2) 触发信号: IO 高电平触发。</p> <p>(4) 单目相机:</p> <p>1) 接口: USB2.0;</p> <p>2) 有效像素: ≥1280*720;</p> <p>3) 输出图像格式: MPEG/YUV2;</p> <p>4) 带有前视与下视转换的机械结构。</p> <p>(5) 伴随板卡:</p> <p>1) GPU: 基于 Ampere 架构, 配备 1024 个核心+32 个 Tensor 核心;</p> <p>2) CPU: 6 核 Cortex-A78AE@1.7GHz;</p> <p>3) 内存: 不低于 8GB LPDDR5;</p> <p>4) AI 算力: 不低于 67 INT8 TOPS。</p> <p>6. 其它要求</p>	
--	--	--

		<p>(1) 要求配置带电气连接的载荷快拆接口使用柔性电路板与飞控、系统计算机及其他机载模块进行连接，多功能 IO 口 <math>\geq 10</math> 个，最大功率 <math>\geq 40W</math>；兼容 UART、I2C、CAN、PPM、SBUS、USB 等通讯链路，可用于控制包括但不限于投掷机构、笼式机构、机械臂、声光报警模块、激光打靶模块等载荷；</p> <p>(2) 内置电平转换及静电防护器件；</p> <p>(3) 提供稳定的机械连接，可进行免工具快速拆装，带有锁止机构，正常飞行过程中不得松动。</p>	
--	--	---	--