

无人机应用技术实践教学中心

采购需求

备注：最终以发布的采购文件为准。

第一章 供应商须知前附表

序号	条款名称	内容
1	采购人信息	名称：贵州装备制造职业学院 地址：贵阳市清镇市职教城东区将军石路 1 号 项目联系人：陆老师 联系方式：13984415546
2	代理机构信息	代理机构全称：贵州中泰项目管理有限公司 地址：贵阳市观山湖区金融城 ONE 座（11 栋）23 层 联系人：关卫华、王琴、刘思阳、莫旺 联系方式：0851-86745100
3	项目名称	无人机应用技术实践教学中心
4	采购方式	竞争性磋商
5	采购内容	无人机应用技术实践教学中心。（采购内容及要求，详见采购文件）
6	交货期	30 天内完成供货，并经验收合格交付采购人。
7	交货地点	贵州装备制造职业学院内（具体按采购人指定地点）
8	资金来源	财政资金，已落实
9	采购预算及最高限价	（1）采购预算：1100000.00 元 （2）最高限价：1075691.00 元 备注：供应商的报价不得高于采购文件规定的最高限价，否则作无效标处理。
10	资格条件	1. 一般资格要求 ①具有独立承担民事责任的能力：提供有效的多证合一的营业执照或自然人的身份证明（复印件加盖公章）。 ②具有良好的商业信誉和健全的财务会计制度：提供 2023 年或 2024 年经第三方审计后出具的财务审计报告；或 2025 年 1 月至今任意时间基本开户（基本存款账户）银行出具的资信证明（需

		附基本户开户证明)。(提供复印件加盖公章)。 ③具有履行合同所必需的设备和专业技术能力：提供具备履行合同所必需的设备和专业技术能力的书面承诺函（承诺函格式自拟）。 ④具有依法缴纳税收和社会保障资金的良好记录：提供 2025 年 1 月至今任意三个月依法缴纳税收（非纳税组织或纳税零申报的提供相关佐证证明材料）的证明材料和提供 2025 年 1 月至今任意三个月依法缴纳社会保障资金的证明材料；新成立不足一个月的提供依法缴纳税收和社会保障金的书面承诺（承诺函格式自拟），如不需缴纳的，需出具有效的证明材料（复印件加盖公章）。 ⑤参加本次政府采购活动前三年内，在经营活动中没有重大违法违规记录：提供参加政府采购活动前 3 年内在经营活动中没有重大违法违规记录的书面声明（格式文件详见投标文件范本）； ⑥法律、行政法规规定的其他条件： A：供应商需承诺：本项目开标前在“信用中国”网站（www.creditchina.gov.cn）查询未被列入失信被执行人名单、重大税收违法案件当事人名单、政府采购严重违法失信行为记录名单；在中国政府采购网（www.ccgp.gov.cn）查询未被列入政府采购严重违法失信行为记录名单；否则自愿取消本次投标资格，并承担由此造成的一切法律责任及后果；（格式文件详见投标文件范本） B：根据《省发展改革委省法院省公共资源交易中心关于推进全省公共资源交易领域对法院失信被执行人实施信用联合惩戒的通知》黔发改财金【2020】421 号文件要求，交易系统会自行对失信供应商实施信用联合惩戒。 2. 特殊资格要求：无
11	评标办法	本项目采用综合评分法

第二章 评标办法及评分标准

第一节 评标办法

本项目采用综合评分法进行评审。

综合评分法，是指投标文件满足采购文件全部实质性要求，且按照评审因素的量化指标评审得分最高的投标人为排名第一的中标候选人。采用综合评分法的，评标结果按评审后得分由高到低顺序排列（推荐3名中标候选人）。评审得分一致的，按以下情况顺序排列：

（1）得分相同的，按投标报价由低到高顺序排列；

（2）得分且投标报价相同的，根据投标人提供的投标产品属于《财政部 发展改革委 生态环境部 市场监管总局关于调整优化节能产品 环境标志产品政府采购执行机制的通知》（财库〔2019〕9号）和《财政部发展改革委 生态环境部 市场监管总局关于调整优化节能产品 环境标志产品政府采购执行机制的通知》（财库〔2019〕9号）规定，投标人提供的投标产品（非单一采购项目中的核心产品）属于《节能产品政府采购品目清单》和《环境标志产品政府采购品目清单》中非强制采购产品的（投标人必须提供国家确定的认证机构出具的、处于有效期之内的节能产品、环境标志产品认证证书（认证产品型号与投标产品型须一致）复印件和政府采购品目清单对应页并加盖供应商公章，否则视为不符合本项规定），优先获得中标候选人推荐资格。

（3）根据《中华人民共和国政府采购法》、《中华人民共和国政府采购法实施条例》相关规定对不发达地区和少数民族地区投标产品（非单一采购项目中的核心产品）实施优先采购（投标人须提供不发达地区证明材料或制造商注册地为少数民族地区的证明材料），即在满足前两款规定的前提下，不发达地区和少数民族地区投标产品（非单一采购项目中的核心产品）优先获得中标候选人推荐资格。

第二节 评分标准

评分表

评分项及评分标准			
评分项名称	评分点名称	评审标准	得分
报价 (30 分)	投标 报价	价格分采用低价优先法计算，即满足采购文件要求的前提下，最低有效投标报价作为评标基准价，其价格分为满分。其余供应商价格分统一按照下列公式计算： 投标报价得分 = (评标基准价 / 有效投标报价) × 价格分值 × 100 备注： 1. 供应商的报价不得高于采购文件规定的最高限价，否则作无效投标处理。 2. 经评审为无效投标的报价，不进入价格分进行计算。	0-30 分
主观分 (10 分)	供货及 验收方案	一、供货及验收方案：（满分 5 分） 供应商针对本项目提供供货及验收方案（方案包括但不限于：货源保障、供货计划、运输方案、质量保障、安装方案、验收方案等），由评标委员会对方案内容进行综合评分： 1. 方案切实可行，内容完整全面，计划具体合理，得 5 分； 2. 方案可行性、内容完整性、计划合理性一般，得 2 分； 3. 方案可行性、内容较完整、计划合理性欠缺，得 1 分； 4. 未提供或存在严重缺陷的，得 0 分	0-5 分
	培训与 售后方案	二、培训与售后方案：（满分 5 分） 供应商针对本项目提供培训与售后方案（方案包括但不限于：培训计划、培训内容、培训标准、售后服务计划、售后服务保障与承诺、售后服务团队、售后服务方式、问题产品处理措施、应急事故处理措施等），由评标委员会对方案内容进行综合评分： 1. 方案切实可行，内容完整全面，计划具体合理，服务承	0-5 分

		诺完善，得 5 分； 2. 方案可行性、内容完整性、计划合理性一般，服务承诺较完善得 2 分； 3. 方案可行性、内容完整性、计划合理性、服务承诺内容欠缺，得 1 分； 4. 未提供或存在严重缺陷的，得 0 分。	
客 观 分 (60 分)	产品技术指标响应	一、产品技术指标响应：（满分 45 分） 根据供应商对采购文件“采购清单、技术要求”中技术要求的响应情况进行评审，满分 45 分： 1. 标注“▲”项的技术参数要求，每有一项指标不满足扣 1 分； 3. 未标注“▲”项的技术参数要求，每有一项指标不满足扣 0.12 分；扣完为止。 备注： （1）技术偏离表须依据采购文件技术指标逐条响应，否则视为未实质性响应采购文件，其投标予以拒绝； （2）技术指标正偏离不加分，扣完本项最高分为止。 （3）对标“▲”项的技术参数要求，必须在响应文件中提供证明材料，证明材料以制造商出具的详细图文说明文件（图片以实拍照片或真实软件截图为准，说明文件需加盖制造商和投标人公章）或国家认可的第三方检测机构出具的检测报告（需报告原件的扫描件加盖投标人公章）为准，凡不提供证明材料的，视为不满足该技术要求。	0-45 分
	技术团队	二、技术团队：（满分 10 分） 1. 投标人具备无人机专业建设经验，作为主要成员参与过 2 所（含）以上职业院校无人机相关专业合作、规划与建设工作，提供相应的佐证材料，得 4 分。 2. 团队人员：投标人具有 2 名（含）以上无人机相关专业（包括航测或遥感或机械或电子或通信类专业）初级（含）以上职称的技术人员，提供相应的职称等佐证材料，得 3	0-10 分

		分。 3. 投标人作为技术支持单位，承担过省级二类赛（含）以上的无人机相关职业技能大赛赛项技术支持和保障工作，提供相应的佐证材料，得 3 分。 备注：上述要求需按要求提供人员相关证书和 2025 年 1 月至今任意三个月的社保缴纳证明（复印件加盖公章）以及相应的佐证材料（加盖公章），未按要求提供的不得分。	
	综合实力	三、综合实力：（满分 5 分） 1. 2021 年至今，投标人至少完成过 1 个与无人机实践教学中心建设类似项目（包括但不限于提供无人机实训设备或搭建实训体系或开展相关培训等内容）。投标时需提供项目合同关键页（包含项目内容、项目金额、签订时间等）、项目验收报告复印件，得 3 分，未提供不得分。 2. 近五年内，投标人与至少一家大型无人机相关领域类企业建立战略合作伙伴关系，且合作内容涉及技术培训、研发项目或人才培养等与本项目相关领域。投标时需提供合作协议关键页（包含合作方信息、合作内容、合作期限等）复印件，得 2 分，未提供不得分。 备注：须提供有效的证明并加盖供应商公章，否则不得分。	0-5 分

4. 价格分的计算

价格分采用低价优先法计算，即满足采购文件要求的前提下，最低有效投标报价作为评标基准价，其价格分为满分。其余投标人价格分统一按照下列公式计算：

投标报价得分 = （评标基准价 / 有效投标报价）× 价格分值

（1）价格扣除政策（若本项目/品目专门面向中小微企业采购，则本项目/品目不再享受价格扣除政策）

根据《政府采购促进中小企业发展管理办法》（财库【2020】46 号）、关于政府采购支持监狱企业发展有关问题的通知（财库〔2014〕68 号）、关于促进残疾人就业政府采购政策的通知（财库〔2017〕141 号）及相关规定，在技术、商务等均满足采购需求的前提下，本项目对享受价格扣除政策企业的产品给予（10%）的价格扣除，用扣除后的价格参与评审（说明：监狱企业视同小型、微型企业，享受预留份额、评审中价格扣除等政府采购促进中小企

业发展的政府采购政策，残疾人福利性单位属于小型、微型企业的，不重复享受政策）。《残疾人福利性单位声明函》和中小企业须提供《中小企业声明函》且声明函所载内容必需真实，如提供声明函内容不实的，属于提供虚假材料谋取中标、成交，将依法承担相应责任，包括取消中标资格等。中小企业划分标准依照工业和信息化部、国家统计局、国家发展和改革委员会、财政部联合下发的《关于印发中小企业划型标准规定的通知》（工信部联企业〔2011〕300号）执行。价格扣除只针对投标报价未超过财政控制值的供应商有效。

（2）货物项目的价格分值占总分值的比重为 30%至 60%，服务项目的价格分值占总分值的比重为 10%至 30%执行统一价格标准的服务项目，其价格不列为评分因素。

第三节 废标条款

出现下列情形之一的，本项目作废标处理，项目（品目）评审终止：

1. 符合专业条件的或对采购文件作实质响应的有效投标人不足三家的；
2. 出现影响采购公正的违法、违规行为的；
3. 投标人报价均超过了最高限价，采购人不能支付的；
4. 因重大变故，采购任务取消的；
5. 法律法规规定的其他情形。

第四节 无效标条款

出现下列情形之一的，投标人递交的投标文件作无效标处理，该供应商的投标文件不参与评审，且不计入有效投标人家数：

（一）递交的投标文件未在规定时间内解密成功、或未按采购文件要求签署、盖章的；

注：但不得因签章地方的当前页面签章位置偏移，作无效标依据。

（二）投标人不符合采购文件规定的资格要求的；

（三）项目接受联合体投标时，投标联合体未提交联合投标协议的；

（四）经评标委员会认定为异常低价的；

（五）投标文件对采购文件的实质性要求明细表未作出响应的；

（六）投标文件中含义不明确、同类问题表述不一致或者有明显文件和计算错误的内容，经评标委员会认定影响投标文件响应的；

（七）投标报价超过采购文件规定的最高限价的；

（八）投标文件含有采购人不能接受的附加条件的

（九）投标人有串通投标、弄虚作假、行贿等违法行为的；

（十）有下列情形之一的，视为投标人串通投标，其投标无效：

1. 不同投标人的投标文件由同一单位或者个人编制；
2. 不同投标人委托同一单位或者个人办理投标事宜；
3. 不同投标人的投标文件载明的项目管理成员或者联系人员为同一人；
4. 不同投标人的投标文件异常一致或者投标报价呈规律性差异；
5. 不同投标人的投标文件相互混装；

6. 不同投标人的投标保证金从同一单位或者个人的账户转出。

（十一）开标过程中，若投标人递交的电子投标文件被系统检测出硬盘序列号相同，从而涉嫌围标、串标，其投标无效；

（十二）未交纳投标保证金的（使用远投网开系统解密投标文件成功的，视为投标保证金已交纳）；

（十三）投标有效期不满足采购文件要求的；

（十四）单位负责人为同一人或者存在直接控股、管理关系的不同投标人，不得参加同一合同项下的政府采购活动。

（十五）除单一来源采购项目外，为采购项目提供整体设计、规范编制或者项目管理、监理、检测等服务的投标人，不得再参加该采购项目的其他采购活动。

（十六）违反政府采购法律法规，足以导致投标文件无效的情形。

注：不得因文件排序等非实质性的格式、形式问题限制和影响投标人投标（响应）。

第三章 采购清单、技术要求及商务要求

第一节 采购清单、技术要求

一、无人机（小型）飞行训练基地主要技术参数要求

1	项目名称	无人机（小型）飞行训练基地			
2	项目简介	本中心是为 50 名学生提供无人机试飞训练的专用场地，试飞占地面积设计为 55 平方米，配备先进的无人机设备和安全防护设施，可满足多旋翼无人机的基础飞行训练需求。其中，试飞场实际使用面积设计为 5*5=25 平方米+外围水平垂直延伸 1 米，四个面合计 20 平方米+预留 10 平米放置备用电池充电柜、展示柜及储物柜等飞行准备基础设施。			
一、设备清单及技术参数要求					
序号	设备名称	主要技术参数要求	数量	单位	备注
1	高强度防护网	1、抗冲击强度： 能承受训练用多旋翼无人机的最大撞击力，不低于 50J 冲击能量。采用高强度聚乙烯或尼龙材料，编织工艺紧密，网线直径不低于 2mm，确保在无人机撞击时有效吸收冲击力，防止无人机飞出训练区域。 2、耐磨性： 耐受长时间风吹日晒和无人机摩擦，使用寿命不低于 5 年。采用抗紫外线、耐老化材料，表面经过特殊处理，提高耐磨性和抗撕裂性能。 3、透光率和通风性： 透光率不低于 70%，确保训练视线清晰；通风性良好，避免训练区域空气流通不畅。采用特殊编织工艺，在保证强度的前提下，提高网孔透光率和通风性。	100	平方米	防止无人机飞出

		4、安装便捷性和可维护性： 安装简便，可快速拆卸和维护，方便后期更换和维修。采用模块化设计，连接件牢固可靠，方便安装和拆卸；提供详细的安装和维护手册。 5、材质：高强度聚乙烯或尼龙，重量轻，耐腐蚀，抗老化。 6、网孔尺寸：$\leq 5\text{cm} \times 5\text{cm}$，防止无人机飞出。 7、网体尺寸：覆盖整个训练区域，包括 25 平方米试飞区和 5 平方米外围延伸区，高度不低于 4 米。			
2	钢结构框架	1、采用 Q355B 或更高强度的低合金高强度结构钢。 2、钢材符合 GB/T 1591 等相关国家标准，确保材质的稳定性和质量可靠性。 3、屈服强度不低于 355MPa，保证钢结构框架在承受防护网拉力以及可能的无人机撞击等外力时，不会轻易发生变形或屈服，确保结构的安全性和稳定性。 4、抗拉强度应达到 470MPa-630MPa，使钢结构框架能够承受较大的拉力，防止在使用过程中出现断裂等安全事故。 5、在常温下（20℃），冲击吸收功不低于 34J，在低温环境下（-20℃），冲击吸收功应不低于 27J。 6、主框架钢管的截面尺寸采用不小于 80mm×80mm×4mm 的方管或直径不小于 89mm×4mm 的圆管，次框架可采用不小于 50mm×50mm×3mm 的方管或直径不小于 60mm×3mm 的圆管，以保证框架的强度和稳定性。	1	套	支撑防护网，需进行配套的专业安装

		7、钢结构框架高度不低于 4m。 8、主框架的间距为 3m-5m，次框架间距为 1.5m-2.5m。 9、钢结构框架安装的垂直度偏差不超过 H/1000 且不大于 10mm（H 为框架高度），水平度偏差不超过 L/1000 且不大于 5mm（L 为框架跨度）。			
3	LED 照明设备	1、发光强度：单颗 LED 灯珠的发光强度应不低于 100lm/W。 2、色温选择 5000K-6500K 的色温。 3、显色指数（CRI）不低于 90。 4、光束角：选择 60° -120° 的光束角，光线能够均匀地覆盖训练场地，避免出现照明死角。 5、支持 AC220V±10% 的输入电压范围，适应国内常见的供电电压波动，确保照明设备能稳定工作。 6、单盏 LED 灯的功率在 30W -60W 之间。 7、功率因数不低于 0.95。 8、频闪深度应低于 5%，无明显频闪。 9、灯具长度在 300mm -600mm 之间，宽度在 100mm -200mm 之间。	4	套	保证室内光线充足

4	通风设备	1、整体通风量：根据训练中心面积（试飞区 25 平方米 + 外延 20 平方米共 45 平方米）以及空间高度 4 米，按照每小时换气 6-10 次计算，通风设备的总通风量应在 810 -1350 立方米 / 小时之间，以保证室内空气能够及时更新，为学生和设备提供良好的空气环境。 2、局部通风量：对于可能产生热量或废气的设备集中区域，如无人机充电区等，局部通风量应能达到 300- 500 立方米 / 小时，确保这些区域的空气能够得到有效置换，防止热量和有害气体积聚。 3、系统风压：通风系统风压不低于 500Pa，以确保通风设备能够将空气有效地输送到训练中心的各个角落，保证通风效果的均匀性。 4、余压：通风设备应具备不低于 100Pa 的余压。 5、运行噪音：通风设备在正常运行时，噪音应不超过 45 分贝，在距离设备 1 米处测量，尽量减少对训练的干扰。 6、配备高效空气过滤器，至少达到 F7 级过滤效率。 7、具备活性炭等吸附材料，可对空气中的有害气体如甲醛、苯等进行吸附净化。 8、通风设备达到一级能效标准，能效比不低于 3.5。	1	套	保持空气流通
5	监控摄像头	1、分辨率：不低于 4K（3840×2160），能够清晰捕捉无人机飞行的细节以及学生的操作动作，便于后续查看训练情况和分析问题。 2、帧率：达到 30fps 及以上，视频画面流畅，能准确记录无人机快速飞行时的状态，避免出现	2	个	实时监控飞行训练情况

	卡顿和拖影现象。 3、传感器类型：采用 CMOS 传感器，具有高感光度、低噪点的特点，能够在不同光线条件下获取高质量的图像。 4、图像传感器尺寸：不小于 1/2.8 英寸。 5、宽动态范围：具备 120dB 及以上的宽动态范围，能在强光和弱光同时存在的环境下，使亮部不过曝、暗部有细节。 6、选择 4mm-12mm 的可调节焦距镜头，能够灵活调整监控范围，实现对整个训练场地及重点区域的清晰监控。 7、光圈值在 F1.2- F2.0 之间。 8、水平视场角不小于 90°，可覆盖较大的监控范围，减少监控盲区，确保训练中心的各个角落都能被有效监控。 9、智能分析功能：支持行为分析，如入侵检测、越界检测等，可对无人机异常飞行或人员违规进入特定区域等行为进行实时预警；同时具备目标跟踪功能，能够自动跟踪飞行中的无人机，确保无人机始终在监控画面中心。 10、夜视功能：采用红外补光技术，红外照射距离不小于 30 米，保证在夜间或低光照环境下也能清晰地监控训练场地，满足不同时间段的训练监控需求。 11、支持双向音频，既可以通过摄像头采集训练中心的声音，也可以实现远程语音对讲，方便管理人员与现场学生进行沟通和指导。 12、存储功能：支持本地存储，配置不小于 256GB 的存储卡，同时支持网络存储，方便进行视频数			
--	--	--	--	--

		据的备份和管理。			
6	无人机充电柜	1、单口充电功率一般在 50W-100W 之间，能够快速为多旋翼无人机电池充电，缩短充电等待时间。 2、配备多种类型的充电接口，适配所购买的无人机电池。 3、具备智能充电管理功能，可实现恒流充电、恒压充电等不同充电阶段的自动切换，有效保护电池，延长电池使用寿命，同时确保充电过程的安全和稳定。 4、当输入电压超过安全阈值时，充电柜能自动切断电源，防止过压对无人机电池造成损坏，过压保护点设置在额定输入电压的 110%-120% 之间。 5、具备过流保护功能，当充电电流超过电池或充电线路的承受能力时，迅速切断充电电路，避免过流引发安全事故，过流保护值可根据电池规格在 5A-15A 之间灵活设置。一旦检测到充电线路发生短路，能在极短时间内（如几毫秒）切断电源，防止短路造成设备损坏或火灾等危险。 6、内置温度传感器，当充电柜内部温度超过设定的安全温度（60℃-70℃）时，自动停止充电并启动散热风扇或采取其他降温措施，待温度恢复正常后再恢复充电。 7、充电柜外壳及内部结构采用阻燃材料制成，有效降低火灾风险，保障训练中心的安全。 8、具有不低于 30 个充电位，确保同时满足多名学生的无人机充电需求。 9、充电柜的高度在 1.8 米-2.0 米之间，宽度	2	个	安全充电，支持多电池同时充电

		在 1.2 米- 1.5 米之间，深度在 0.5 米 -0.6 米之间。			
7	工具包及配件	1、工具种类 (1) 螺丝刀：配备#0、#1、#2 尺寸的十字螺丝刀 3 把，宽度为 2mm、3mm、4mm 一字螺丝刀 3 把，用于拆卸和安装无人机的螺丝。 (2) 扳手：配备 1.5mm、2mm、2.5mm、3mm、4mm、5mm 尺寸的内六角扳手 6 把，活动扳手 1 把，可满足调整无人机电机、桨叶等部件时的紧固需求。 (3) 钳子：尖嘴钳、斜口钳各 1 把，尖嘴钳用于夹持小零件、弯曲金属丝等，斜口钳用于剪断电线、扎带等。 (4) 镊子：防静电镊子 1 把，头部尖锐，用于拾取微小零件、调整电子元件位置等。 (5) 其他工具：小型锤子、锉刀、剪刀、剥线钳各 1 把，以满足多种维修和组装需求。 2、工具包 1 个，采用耐磨、防水的尼龙材质，内部有多个分隔和固定带，可将工具整齐收纳。	5	套	
8	无人机（小型）飞行训练基地文化建设	1、特种图片要求： 1) 图片应与无人机知识、飞行原理、操作技巧、安全注意事项等紧密相关。 2) 采用高清写真材质，分辨率不低于 300dpi，确保图片细节清晰可辨，色彩还原度高，图片表面应具有防水、耐磨涂层。 2、地板采购与安装要求： 1) 无人机相关设备如飞行模拟器、控制台等的安装要符合设备厂商的标准规范，确保稳固、水平，误差不超过 $\pm 1\text{mm}$，保证设备运行稳定。	1	套	

	2) 地板采用软包有弹性材料。 3、线缆选择与布线要求： 1) 电线、网线等布线要横平竖直，整齐美观，固定间距均匀，误差不超过 $\pm 5\text{cm}$。强弱电线路要分开铺设，间距不小于 30cm，避免信号干扰。 2) 根据设备总功率计算，选用符合国家标准铜芯线缆，线径不小于 2.5mm^2，确保能够承载设备运行所需电流，电压降不超过 5%。 3) 采用六类非屏蔽网线，传输频率达 250MHz，传输速率不低于 1Gbps，保证网络稳定、快速，满足无人机数据传输和远程控制需求。 4) 采用金属线槽或 PVC 线槽进行布线，线槽宽度和深度根据线缆数量确定，宽度不小于 50mm，深度不小于 30mm，线槽连接处应平滑，无毛刺，防止划伤线缆。 5) 在需要穿墙或地面的位置，使用镀锌钢管或 PVC 线管，线管内径不小于 20mm，弯曲半径不小于线管外径的 6 倍，便于线缆穿入和更换。 4、标识牌要求： 1) 包含禁止靠近、小心碰撞、注意用电安全等安全警示标识，图案和文字清晰明确，符合国家标准 GB 2894《安全标志及其使用导则》的要求。 2) 无人机停放区、充电区、维修区、飞行操控区等功能区域标识牌，能够准确引导学生和工作人员，提高训练中心的管理效率。 5、基础设计 (1) 场地布局： 飞行训练区 (25 m^2)：采用防滑耐磨地胶或环氧地坪，地面标注飞行范围线、安全起降区			
--	--	--	--	--

		及训练标识，确保学生规范操作。 外围延伸区（20 m²）：设置 1 米宽缓冲带，墙面安装防撞软包，顶部加装防护网（高度≥3 米），防止无人机失控碰撞。 设备准备区（10 m²）：配备防火防爆电池充电柜、工具展示柜、储物柜及应急物资存放点，确保安全与便捷性。 （2）环境装饰： 主题墙面：喷涂无人机飞行原理、安全规范、行业应用等图文，营造专业学习氛围。 6、文化氛围建设 （1）安全文化： 墙面悬挂《无人机飞行安全守则》《应急处置流程》等标牌，强化学生安全意识。 设置“安全飞行标兵”展示栏，定期表彰规范操作学员。 （2）行业文化： 展示无人机发展历程、典型应用案例（如航拍、植保、救援等），激发学习兴趣。 设立“创新角”，陈列学生设计的无人机作品或竞赛成果。 7、整体要求： 无人机模拟飞行实训基地文化建设要求与整个实训室的功能相适配，完成设备的安装与布线，保证设备能够正常运行，能够满足正常的使用要求。			
二、无人机采购清单及预算					
1. 消费类无人机（适合初学者）					
序	型号	主要技术参数要求	数	单位	备注

号			量		
1	适合初学者飞行训练的消费类无人机型号 1 初级版	1、悬停精度：垂直方向在视觉定位正常工作时为 ± 0.1 米，水平方向在视觉定位正常工作时为 ± 0.3 米，能让初学者在练习悬停等基础操作时更准确地控制无人机位置。 2、升降速度：最大上升速度不低于 5 米 / 秒，最大下降速度不低于 3.5 米 / 秒。 3、飞行速度：最大水平飞行速度（海平面附近无风）不低于 15 米/秒，满足基本的飞行训练需求，如直线飞行、转弯等练习。 4、至少可抗 10.7 米/秒（5 级风），在一般的户外环境中，能保持较好的稳定性。 5、影像系统： 1) 拍摄能力：支持 4K HDR 视频录制，可记录 3840×2160 分辨率、24/25/30fps 帧率的视频，以及拍摄 1200 万像素的照片，能满足初学者对于拍摄高质量影像的学习需求。 2) 镜头参数：视角 $80 \pm 5^\circ$，等效焦距 $20 \pm 5\text{mm}$，适合拍摄广阔的场景，在小型训练场地中能较好地展示训练环境和无人机飞行姿态，适合初学者在户外进行风景等主题的拍摄练习。 6、续航能力：飞行电池续航时间不低于 35 分钟，长续航飞行电池续航时间不低于 50 分钟。 7、图传系统：采用实时图传系统，工作频段为 2.400GHz 至 2.4835GHz 以及 5.725GHz 至 5.850GHz，在一般的训练环境中能保证稳定的图传信号，在遥控器上能清晰地看到 720p/30fps 的实时图传画面，及时了解无人机的飞行状态和拍摄内容。	10	台	轻便易操作，适合初学者

		8、低于 249g 的机身重量，符合全球多数国家对小型无人机的监管标准，无需注册便可飞行。			
2	适合初学者飞行训练的消费类无人机型号 2 进阶版	1、飞行速度：运动档不低于 19m/s，普通档不低于 12m/s，三脚架模式不低于 5m/s，速度可根据训练需求灵活调整。 2、飞行时间：最大飞行时间不低于 30 分钟。 3、旋转角速度：250° ±10° /s，旋转速度适中，便于初学者控制无人机的转向。 4、像素：不低于 4800 万像素，可拍摄高分辨率的照片和视频，无论是用于记录飞行过程还是进行简单的视频创作，都能满足初学者对于拍摄高质量影像的学习需求。 5、镜头参数：视角 80° ±5° ，等效焦距 20±5mm，适合拍摄广阔的场景。 6、拍摄能力：支持 4K Ultra HD 视频录制，可记录 3840×2160 分辨率、24/25/30/48/50/60fps 帧率的视频，支持单张拍摄、多张连拍、自动包围曝光（AEB）、定时拍、智能拍照、HDR 全景、180° 全景、球形全景多种拍摄模式。 7、图传系统：工作频段为 2.4GHz/5.8GHz，可自动切换，最大传输距离可达 10 公里，在一般的训练环境中能保证稳定的图传信号。 8、配备高级辅助飞行系统，具有 360° 避障功能。 9、具备延时摄影、全景拍摄等多种智能拍摄模式，支持智能返航功能，当信号丢失或电量不足时能自动返航。	5	台	性能均衡，适合进阶训练

3	适合初学者飞行训练的消费类无人机型号 3 高阶版	1、飞行速度：最大水平飞行速度 20 ± 1 米/秒，最大上升速度 8 ± 1 米/秒，最大下沉速度 5 ± 1 米/秒，速度适中。 2、飞行高度：最大飞行海拔高度不低于 6000 米，能满足一定高度的飞行训练需求。 3、飞行时间：最大飞行时间不低于 40 分钟。 4、悬停精度：垂直方向在视觉定位正常工作时为 ± 0.1 米、GNSS 正常工作时为 ± 0.5 米，水平方向在视觉定位正常工作时为 ± 0.3 米、高精度定位系统正常工作时为 ± 0.5 米，有助于初学者进行精准悬停训练。 5、抗风能力：最大抗风速度不低于 12 米 / 秒，在一定风力条件下能保持稳定飞行。 6、像素：不低于 2000 万像素，可拍摄高分辨率照片和视频，满足初学者记录飞行过程和进行简单影像创作的需求。 7、拍摄能力：支持 5.1K/50fps、4K/60fps（超采样）、4K/120fps 慢动作录制格式，以及多种色彩模式和拍摄模式，如普通、HLG、D Log 色彩模式，单张拍摄、多张连拍、自动包围曝光、定时拍摄等。 8、采用图传系统，最远可满足 15 公里内的 1080p/60fps 画面传输，在训练场地及周边一定范围内能保证稳定清晰的图传信号。 9、搭载全向双目视觉系统，辅以机身底部红外传感器，能精确探测各个方向上的障碍物，实现全向感知。 10、支持多种接口类型，包括 USB C、Lightning 和 Micro USB，方便连接不同设备。具备定速巡	5	台	高性能，适合高级训练和航拍
---	---------------------------------	---	---	---	----------------------

		航等功能。			
2. 行业类无人机（适合专业培训）					
序号	型号	主要技术参数要求	数量	单位	备注
1	行业类无人机型号 1 初阶版	1、高精度定位：集成全新 RTK 模块，提供实时厘米级定位数据。定位精度水平为 1cm+1ppm（RMS），垂直为 1.5cm+1ppm（RMS），其中 1ppm 指飞行器每移动 1km 误差增加 1mm。 2、双备份 GNSS：RTK 模块下备有高灵敏度 GNSS 系统，保障在弱信号环境仍能稳定飞行。支持连接 DRTK 2 高精度 GNSS 移动站，可通过 4G 无线网卡或 WiFi 热点与 NTRIP 连接。 3、通过将飞控、相机与 RTK 的时钟系统实现微秒级同步，相机成像时刻达到毫秒级误差，并对相机镜头中心点位置和天线中心点位置进行补偿，减少位置信息与相机的时间误差，使影像获得更精确位置信息，满足高精度航测需求。 4、飞行速度：最大上升速度不低于 6m/s（自动飞行），5m/s（手动操控）；最大下降速度不低于 3m/s；最大水平飞行速度不低于 50km/h（定位模式），58km/h（姿态模式）。 5、飞行高度：最大起飞海拔高度不低于 6000m。 6、飞行时间：不低于 30 分钟。 7、悬停精度：启用 RTK 且 RTK 正常工作时，垂直 $\pm 0.1\text{m}$，水平 $\pm 0.1\text{m}$；未启用 RTK 时，垂直 $\pm 0.1\text{m}$（视觉定位正常工作时）、$\pm 0.5\text{m}$（GNSS 定位正常工作时），水平 $\pm 0.3\text{m}$（视觉定位工作时）、$\pm 1.5\text{m}$（GNSS 定位正常工作时）。	2	台	高精度定位，适合专业培训

		8、传感器：搭载 1 英寸 2000 万像素 CMOS 传感器，可捕捉高清影像。 9、快门：机械快门支持高速飞行拍摄，消除果冻效应，有效避免建图精度降低。 10、图传系统：图传系统稳定可靠，提供远达 7 公里的高清图传。 11、智能控制：配备与无人机适配的智能控制软件，提供航点飞行、航带飞行、摄影测量 2D/3D 等多种航线规划模式，支持 KML/KMZ 文件导入。支持 Mobile SDK，用户可使用移动设备对飞行器功能进行自动化及定制化开发。 12、障碍物感知：视觉系统可感知 0.7-30m 范围的障碍物，前 / 后视角水平 60°、垂直 ± 27°，下视视角前后 70°、左右 50°，能在一定程度上保障飞行安全。			
2	行业类无人机型号 2 进阶版	1、采用智能飞行电池，在标准环境下，续航时间不低于 55 分钟。 2、最大水平飞行速度可达 $25 \pm 2\text{m/s}$（海平面附近，无风），在姿态模式下可达到 $30 \pm 3\text{m/s}$，能够快速到达指定位置，完成各种任务动作。 3、最大起飞海拔高度不低于 6000 米，可适应不同海拔地区的训练需求。 4、能抗 5 级风，最大可抗 7 级风，在较为复杂的气象条件下仍能保持稳定飞行，保障训练的安全性和稳定性。 5、配备专业的 RTK 模块，定位精度可达厘米级，水平精度 $\pm 0.1\text{m}$，垂直精度 $\pm 0.15\text{m}$，能够为无人机的精准飞行和任务执行提供有力支持。 6、支持 GPS、GLONASS、Galileo 和北斗四种卫	2	台	行业旗舰机型，支持多种负载，适合高级行业应用训练

		星定位系统，在不同环境下都能快速、准确地获取定位信息。 7、最远传输距离不低于 15 公里，并且能够实现 1080p/60fps 的高清图传。 8、具备 5.1K/50fps 视频拍摄和 2000 万像素照片拍摄。 9、热成像相机分辨率不低于 640×512，测温精度 $\pm 2^{\circ}\text{C}$ 或 $\pm 2\%$，能够在夜间或恶劣环境下进行目标探测和识别。 10、支持多种智能飞行功能，如航点飞行、轨迹复演、3D 轨道模式等，可进行航线规划和任务设置，方便教师根据教学需求设计各种复杂的训练任务。 11、配备全向视觉感知系统，拥有前后左右上下六个方向的视觉传感器，能够实时感知周围环境，实现全向主动避障。 12、具备强大的智能跟踪功能，能够自动识别并跟踪目标，支持多种跟踪模式，如平行跟踪、锁定跟踪等。 13、配备降落伞系统，在紧急情况下能够自动或手动启动降落伞，降低无人机坠落的风险，保护地面人员和设备的安全。			
3. 配件及备用设备					
序号	设备名称	主要技术参数要求	数量	单位	备注

1	备用电池	1、标配：消费类无人机型号 1 初阶版、消费类无人机型号 2 进阶版、消费类无人机型号 3 高阶版、行业类无人机型号 1 初阶版、行业类无人机型号 2 进阶版共计五个型号的无人机按照厂家的出厂规范，每一台出厂标配不低于 1 块电池； 2、备用电池：消费类无人机型号 1 初阶版备用 8 块、消费类无人机型号 2 进阶版备用 5 块、消费类无人机型号 3 高阶版备用 4 块、行业类无人机型号 1 初阶版备用 1 块、行业类无人机型号 2 进阶版备用 1 块，共计 19 块； 3、备用电池具有成熟的电池技术，配合先进的电池管理系统，具备过充、过放、短路等多重保护功能。 4、备用电池工作环境温度为 20℃至 50℃，适应多种不同的环境温度。 5、备用电池充电性能：使用 220V 电源，完全充满两块智能飞行电池需 60±5 分钟，从 20% 充到 90% 需 30±5 分钟，充电效率较高，可快速满足再次飞行训练的需求。 6、备用电池为锂聚合物电池。 7、备用电池适用环境温度：适用环境温度为 5℃至 40℃，在较为常规的环境温度下能稳定工作。	19	块	
2	螺旋桨套装	1、标配：消费类无人机型号 1 初阶版、消费类无人机型号 2 进阶版、消费类无人机型号 3 高阶版、行业类无人机型号 1 初阶版、行业类无人机型号 2 进阶版共计五个型号的无人机按照厂家的出厂规范，每一台出厂标配不低于 1 套螺旋桨；	19	套	

		2、备用：消费类无人机型号 1 初阶版备用 8 套螺旋桨、消费类无人机型号 2 进阶版备用 5 套螺旋桨、消费类无人机型号 3 高阶版备用 4 套螺旋桨、行业类无人机型号 1 初阶版备用 1 套螺旋桨、行业类无人机型号 2 进阶版备用 1 套螺旋桨，共计 19 套螺旋桨；能分别适配采购的不同大小和型号的多旋翼无人机。 3、备用螺旋桨桨叶采用碳纤维、尼龙玻纤等材质。 4、备用螺旋桨保护罩采用高强度塑料或碳纤维材质。			
3	遥控器	1、标配：消费类无人机型号 1 初阶版、消费类无人机型号 2 进阶版、消费类无人机型号 3 高阶版、行业类无人机型号 1 初阶版、行业类无人机型号 2 进阶版共计五个型号的无人机按照厂家的出厂规范，每一台出厂标配 1 台遥控器； 2、备用：消费类无人机型号 1 初阶版备用 4 台遥控器、消费类无人机型号 2 进阶版备用 2 台遥控器、消费类无人机型号 3 高阶版备用 2 台遥控器、行业类无人机型号 1 初阶版备用 1 台遥控器、行业类无人机型号 2 进阶版备用 1 台遥控器，共计 10 台遥控器；能分别适配采购的无人机。 3、具备油门、副翼、升降、方向四个基本通道，可分别控制无人机的上升下降、左右横滚、前后俯仰和偏航转向。 4、具备拍照、录像切换键，方便在飞行训练中进行影像记录；设置自定义按键，可根据训练需求设定打开或关闭补光灯、云台回中等功能；配备云台俯仰轮，能调整云台俯仰角度，控制相机	10	台	

		拍摄视角。 5、至少具备普通飞行模式、姿态稳定模式 2 种以上模式，满足不同训练阶段和操作水平的需求。 6、显示屏可实时显示电池电量、飞行高度、速度、信号强度等无人机的状态信息，可随时了解无人机飞行状况。 7、规格型号选择 6 通道或以上的遥控器，4 个基本通道用于飞行控制，如起落架、灯光等，为后续训练升级和拓展功能预留空间。 8、采用双操纵杆设计，操纵杆的行程和灵敏度可调节，适应不同的操作习惯和训练需求。 9、尺寸长 20-30 厘米、宽 10-15 厘米、厚 5-8 厘米左右，重量在 300-500 克之间，便于手持操作。			
4	存储卡	1、选择 U3、Class10 等级以上，写入速度在 60MB/s 以上的存储卡，以确保视频录制的流畅性，避免出现卡顿、丢帧等问题。。 2、能快速存储和读取大量数据，适合 4K 视频录制和高像素照片拍摄。 3、具备耐冷、耐热、防水、抗冲击、防震、防跌落、防静电、防 X 射线等多重防护能力，以适应不同的温度、湿度、震动等条件，保障数据的安全。 4、确保所选存储卡与本项目采购的专业训练行业类无人机和初学者飞行训练的消费类无人机兼容。 5、选择具有 UHS-I U3、V30、A2 速度等级标识的存储卡。能够满足无人机高清视频录制和连拍	12	张	用于存储飞行数据（每两台配备一张）

		等功能的需求，确保数据的稳定读写。 6、存储卡的容量不低于 128GB。			
5	无人机保险	1、为项目采购的所有无人机购买为期一年的机 无人机保险。无人机保险时间从开机注册成功起 生效。 2、无人机保险对因意外事故（如碰撞、坠落、 进水等）导致的无人机机身及机载设备的损坏或 丢失进行赔偿。 3、无人机保险承担被保险人在使用无人机过程 中，因意外事故造成第三者的人身伤亡或财产损 失的赔偿责任。 4. 提供一年内可置换两次的服务。	24	台	
6	Android 手机	1、搭载高通骁龙 8 Gen 系列或联发科天玑 9000 系列等高端处理器的手机。 2、具备高分辨率、高刷新率的 AMOLED 屏幕。 3、选择至少 12GB 运行内存和 256GB 机身存储 的手机，以满足多任务处理和大量数据存储的需 求。 4、具有较高的开放性和可定制性，用户可以根据 自己的需求安装无人机飞行辅助软件、数据分 析软件等各种第三方应用程序。 5、手机为国产品牌。	8	台	
7	平板电脑	1、屏幕尺寸在 8 英寸至 12.9 英寸之间。屏幕 具备高分辨率、高亮度和高对比度，在户外环境 下能够清晰显示图像，并且具有良好的色彩还原 度。 2、搭载性能不低于高通骁龙 8cx Gen 系列的高 性能处理器。同时，配备 8GB 以上运行内存和 256GB 以上存储容量，以满足多任务处理和数据	4	台	

		存储的需求。 3、平板电脑电池续航时间不低于 8 小时。 4、平板电脑重量在 300 克至 500 克之间，便于手持和携带。 5、平板电脑为国产品牌。			
8	电池防爆箱	1、采用高强度的冷轧钢板，经烤漆处理，具有良好的抗冲击性和耐腐蚀性，能承受一定的外力撞击和恶劣环境条件。内箱采用 SUS#201 不锈钢等材质，具有优异的耐热性能、低温强度及机械特性，能在较宽的温度范围内保持稳定性能，且易于清理，可有效防止电池泄漏等物质对箱体的腐蚀。 2、箱体表面喷涂高分子防护材料，具有防弹防爆、抗冲击、阻燃、耐腐蚀、耐磨等性能。 3、存放小型消费类无人机电池，单个电池防爆箱内箱尺寸为 400mm×400mm×400mm，共计 2 个；存放较大的专业训练行业类无人机电池尺寸为 600mm×600mm×600mm 的防爆箱 2 个。 4、达到相关的防爆标准，如 Ex d IIB T4 Gb 等，确保在电池发生意外短路、过充等情况时，能有效防止爆炸和火灾的蔓延，保障人员和设备的安全。 5、外壳防护等级达到 IP65 及以上，能有效防止灰尘、水分等进入箱体内部，避免因外界因素影响电池性能或引发安全事故。 6、箱体应设有通风口或通风管道，可在箱体上开进出气孔，直接与通风管道相连，使箱体内外空气流通，通过空气对流将电池充放电过程中产生的热量带出，防止箱体内温度过高。	4	台	

		7、设置泄压口，当箱体内压力过高时，可自动释放压力，防止箱体因内部压力过大而破裂。 8、配备温度传感器和监控系统，实时监测箱体温度，当温度超过设定的安全阈值时，能及时发出警报并采取相应的措施，如切断电源或加强通风散热等。 9、具备漏电保护功能，能实时监测电流，一旦发现漏电情况，立即切断电源，防止漏电事故的发生，保障人员安全。 10、内部使用防火材料，如在腔体内加贴铁氟龙胶布或放置电木板等，有效绝缘并阻燃，防止电池起火时火势蔓延。			
9	遥控器箱	1、采用高强度工程塑料或铝合金材质。 2、内部可设计多个隔层和固定槽，能同时容纳至少 8 个不同类型的遥控器，确保每个遥控器都有独立的存放位置，避免相互碰撞。 3、内部配备优质的抗震缓冲材料，如海绵、泡沫等，将遥控器紧密包裹，在遇到震动、碰撞时能有效吸收冲击力，保护遥控器的精密部件不受损坏。 4、达到 IP54 或更高的防护等级，具备良好的防水、防尘性能。箱体采用密封设计，配有橡胶密封圈或密封胶条，防止灰尘、水分进入箱内，影响遥控器的性能和寿命。 5、配备坚固舒适的把手，方便携带。 6、底部安装静音脚轮，方便在训练中心内移动。脚轮应具有良好的转向灵活性和制动性能，可 360 度旋转，便于操作，同时在需要固定时能可靠制动。	4	台	

		7、箱体外部和内部的隔层、固定槽等位置有清晰的标识，注明不同类型遥控器的存放位置，方便快速找到所需遥控器，提高使用效率。 8、设计带有记录功能的标签或电子标签系统，用于记录遥控器的出入库时间、使用人员等信息，方便对遥控器进行管理和维护。 9、箱体设有通风口，确保空气流通，防止箱内温度过高，影响遥控器的性能和寿命。通风口可设计在箱体的侧面或顶部，同时要防止灰尘进入。 10、能够兼容多种品牌和型号的无人机遥控器，无论是专业训练行业类无人机常用的高端遥控器，还是适合初学者的消费类无人机遥控器，都能在箱内找到合适的存放位置，具有广泛的适用性。			
10	无人机 (小型) 飞行训练 基地配套 课程资源	至少提供但不限于以下实训用课程资源： 1. 消费级无人机起飞与降落训练。内容至少包含：重点讲解消费级无人机起飞与降落的基本操作流程，包括预飞检查、起飞准备、平稳起飞、悬停调整、安全降落等步骤。通过实际操作，学生可以掌握在不同环境下安全起降的技巧，并熟悉无人机的基本操作界面和功能。 2. 消费级无人机悬停训练。内容至少包含：专注于消费级无人机悬停操作的训练，涵盖悬停的基本原理、姿态控制、高度保持、抗风能力等内容。通过反复练习，学生可以在不同风速和环境下掌握悬停技巧，提升飞行稳定性和操控精度。 3. 消费级无人机直线航线飞行训练。内容至少包含：指导学生进行消费级无人机直线航线飞行的	7	本	

	训练,包括航线规划、飞行高度控制、速度调整、方向保持等内容。通过实际操作,学生可以在复杂环境中练习直线飞行,提升航线执行的精准度和飞行效率。 4. 消费级无人机转弯航线飞行训练。内容至少包含:重点训练消费级无人机转弯操作的技巧,涵盖转弯半径控制、速度调整、姿态平衡、航线衔接等内容。通过实际操作,学生可以在不同转弯角度和环境下练习,提升复杂航线飞行的能力和操控灵活性。 5. 消费级无人机环形航线飞行训练。内容至少包含:针对消费级无人机环形航线飞行进行训练,包括环形航线的规划、飞行高度控制、速度调整、姿态平衡等内容。通过实际操作,学生可以在不同半径和环境下练习环形飞行,提升复杂任务执行能力和飞行控制水平。 6. 温湿度变化环境飞行训练。内容至少包含:专注于无人机在不同温湿度环境下的飞行训练,包括高温、低温、高湿度、低湿度等极端环境下的飞行技巧和注意事项。通过模拟训练,学生可以熟悉温湿度变化对无人机性能的影响,并掌握相应的应对策略。 7. 电磁干扰环境飞行训练。内容至少包含:针对无人机在电磁干扰环境下的飞行训练,包括电磁干扰的来源、对无人机信号的影响、飞行稳定性控制等内容。通过模拟训练,学生可以掌握在电磁干扰环境下的飞行技巧,提升飞行安全性和抗干扰能力。 8. 课程资源要求涵盖消费级无人机飞行训练的			
--	---	--	--	--

		核心技能和典型应用场景，通过理论讲解和实际操作相结合的方式，学生可以逐步掌握无人机飞行的各项技能，为实际飞行任务打下坚实基础。每本手册均包含详细的操作步骤、注意事项和考核标准，确保训练的科学性和有效性。同时，训练中心配备先进的无人机设备和安全防护设施，为学生提供安全、高效的飞行训练环境。 9. 需设计并提供七套实验实训项目对应的培训教材，教材要求与无人机（小型）飞行训练基地的无人机设备相匹配，设备可根据培训教材内容直接开展训练，教材包括纸质档和电子档，电子版教材提供永久使用授权。 ▲10. 需提供以上材料相关的研发原创证明、电子版，能够进行培训指导。			
--	--	---	--	--	--

二、无人机模拟飞行实训基地相关技术参数要求

1	项目名称	无人机模拟飞行实训基地			
2	项目简介	无人机模拟飞行实训基地是利用虚拟现实（VR）、增强现实（AR）和计算机技术构建的沉浸式无人机操作训练平台，占地面积 70 平米。该中心旨在为学生提供安全、高效、低成本的无人机飞行训练环境，弥补传统实训的不足。其中，每六个学生为一组分 8 个组，按照六边形布局设计（桌面宽度 60cm+凳子延深 60cm），占地面积+走廊安全公摊 2 平米，合计约为 6 平米；讲台及大屏幕占地 1.5*8=12 平米+预留 10 平米放置展示柜及储物柜等基础设施。			
一、 场地及基础设施					
序号	设备名称	主要技术参数要求	数量	单位	备注
1	照明设备	1、平均照度应达到 500lx 及以上，能够满足学生清晰观察设备屏幕、操作无人机模型以及进行各类实训操作的需求，确保学生在明亮的环境中学习和训练。 2、光照均匀度需大于 0.7，避免出现明显的明暗区域，保证整个 63 平米的场地内光线分布均匀，减少因光线不均匀导致的视觉疲劳和操作失误。 3、显色指数（Ra）不低于 85，最好能达到 90 以上，可真实还原物体的颜色，让学生在观察无人机部件、实训材料等时，看到的颜色与实际颜色偏差极小，有助于准确识别和判断。 4、色温选择在 5000K -6000K 之间。 5、照明设备的能效达到 1 级。 6、具备良好的防眩光设计，眩光值（UGR）小于 19，有效减少光线反射和折射对人眼造成的不适。	10	套	LED 灯
2	网络设备	1、路由器 无线速率：支持 Wi-Fi 6 或更高标准，双频并发无线速率至少达到 AX3000Mbps（2.4GHz 频段 + 5GHz 频	1	套	

		段），保障大量设备同时连接时的网络速度，满足 VR 设备、计算机等对网络带宽的高需求。 带机量：最大带机量不少于 100 台。 2、交换机 端口规格：至少配备 24 个千兆电口，满足计算机、服务器、VR 设备等有线连接需求，部分端口可支持 PoE + 供电，方便为无线接入点（AP）等设备供电，简化布线。 背板带宽：背板带宽不低于 96Gbps，较高的背板带宽可保证数据在端口之间快速转发，实现无阻塞交换，提升网络整体性能。 3、无线接入点（AP） 无线覆盖：单个 AP 的有效覆盖半径在 10- 15 米，信号强度不低于 70dBm。 速率与频段：支持双频段工作，5GHz 频段用于高速数据传输，满足 VR 设备对低延迟、高带宽的要求； 2. 4GHz 频段用于一般设备连接，保障设备连接的稳定性，无线速率不低于 AX1800Mbps。 用户容量：每个 AP 支持的最大用户数量不少于 30 个，保证在学生集中使用设备时，每个学生都能获得良好的网络体验。 智能管理：支持集中管理，可通过 AC（无线控制器）对多个 AP 进行统一配置、监控和管理，方便网络管理员进行日常维护和故障排查。			
3	通风设备	1、整体通风量：根据训练中心面积（试飞区 25 平方米 + 外延 20 平方米共 45 平方米）以及空间高度 4 米，按照每小时换气 6-10 次计算，通风设备的总通风量应在 810-1350 立方米 / 小时之间，以保证室内空气能够及时更新，为学生和设备提供良好的空气环	1	套	保持空气流通

		境。 2、局部通风量：局部通风量应能达到 300 -500 立方米 / 小时，确保这些区域的空气能够得到有效置换，防止热量和有害气体积聚。 3、系统风压：通风系统系统风压应不低于 500Pa，以确保通风设备能够将空气有效地输送到训练中心的各个角落，保证通风效果的均匀性。 4、余压：通风设备应具备不低于 100Pa 的余压，以便在系统阻力发生变化时，仍能保证足够的通风量。 5、运行噪音：通风设备在正常运行时，噪音应不超过 45 分贝，在距离设备 1 米处测量，尽量减少对训练的干扰。 6、配备高效空气过滤器，至少达到 F7 级过滤效率，能够有效过滤空气中的灰尘、花粉等颗粒物。 7、具备活性炭等吸附材料，可对空气中的有害气体如甲醛、苯等进行吸附净化，净化效率应达到 60% 以上，为学生提供健康的训练环境。 8、通风设备达到一级能效标准，能效比不低于 3.5。			
4	无人机模拟飞行实训基地文化建设	1、装修设计与施工方案以“经济实惠、功能完善、科技感强”为核心，打造一个安全、高效、低成本的沉浸式无人机操作训练平台。 2、中心占地面积 70 平米以上,提供工位不低于 50 个。采用创新的六边形布局设计，每 6 名学生为一组，共 8 组，每组占地面积约 6 平米（含 60cm 桌面、60cm 凳子延深及 2 平米走廊安全公摊），既节省空间又便于学生互动协作，剩余的 2 个工位单独进行设置。讲台及大屏幕区域占地 12 平米，预留 10 平米用于展示柜、储物柜等基础设施，满足教学与设备存储需求。 3、设备安装方面，每组操作台配备先进的 VR/AR 设备，	1	批	

	采用隐蔽式线槽布线，确保整洁美观且安全可靠。大屏幕安装在讲台正前方，支持高清显示，下方设置设备柜，方便集中管理教学设备。电源与网络布线经过科学规划，每个操作台配备充足插座和网络接口，满足多设备同时运行需求。 4、安全与环保方面，通道宽度不小于 1 米，符合消防规范，并设置醒目的安全标识。选用环保材料，确保室内空气质量，施工过程中注重通风，减少有害气体残留。方案注重科技感的营造，根据使用场景自动调节亮度，提升用户体验。为学生提供一个安全、沉浸式且极具未来感的无人机模拟飞行训练环境，满足现代化教学需求，助力培养高素质无人机操作人才。 5、基础装修设计 （1）场地布局： 模拟飞行区（48 m²）：采用六边形布局，每组 6 名学生配备高性能 VR/AR 模拟设备（含头显、遥控器、触觉反馈装置），桌面宽度 60cm，凳子延展 60cm，确保操作空间舒适。 中央讲台与教学区（12 m²）：地面铺设防静电地板吸音材料以减少噪音干扰。 设备存储区（10 m²）：设置展示柜（陈列无人机模型、技术手册）、储物柜（存放模拟设备配件），并配备防火设施。 6、文化氛围建设 1）科技感主题： 墙面设计动态 LED 灯带，模拟无人机飞行轨迹，搭配“未来航空”“虚拟翱翔”等科技主题标语。 悬挂无人机发展史时间轴、主流飞控系统原理图，增强专业认知。			
--	--	--	--	--

		2) 实训规范文化: 设置《模拟飞行操作规范》《VR 设备使用指南》等可视化流程牌, 强化标准化操作意识。 设立“飞行数据排行榜”, 实时展示学员训练成绩(如悬停稳定性、航线精度), 激发竞争意识。 3) 行业应用展示: 通过 AR 互动屏展示无人机在测绘、救援、物流等领域的应用场景, 帮助学生理解技术价值。 预留“创新提案墙”, 供学生粘贴模拟飞行优化建议或创意设计。 7、整体要求: 无人机模拟飞行实训基地文化建设要求与整个实训室的功能相适配, 完成设备的安装与布线, 保证设备能够正常运行, 能够满足正常的使用要求。			
二、 教学设备					
序号	设备名称	主要技术参数要求	数量	单位	备注
1	教师讲台	1、讲台主体采用高强度环保型三聚氰胺板, 厚度不低于 25mm, 具有耐磨、耐刮、防火、防潮的特性。 2、框架结构: 内部框架使用优质冷轧钢, 管壁厚度 1.5-2mm, 表面经过防锈处理。 3、讲台长度 1500- 2000mm, 宽度 700- 900mm, 高度 800- 900mm, 符合人体工程学, 方便教师操作和站立授课。 4、配备 HDMI、USB 3.0、VGA 等多媒体接口, 方便教师连接电脑、投影仪、VR 设备等, 实现多种教学资源的展示和交互。 5、内置智能电源管理系统, 具有过载保护、漏电保护功能, 可同时为多台设备安全供电, 保障教学设备的	1	套	

		稳定运行。 6、设计合理的线缆管理通道，避免线缆外露造成安全隐患，同时保持讲台整洁有序。 7、造型设计简洁大方，符合现代审美，提升讲台的整体质感。			
2	学生桌椅	桌椅用于不少于 50 个学生上课使用，具体要求如下： 1、桌子 （1）材质：桌面选用环保型三聚氰胺板，厚度不低于 25mm，具有耐磨、耐刮、防火、防潮等特性。桌架采用优质冷轧钢，管壁厚度 1.5-2mm，表面经过防锈处理，确保坚固耐用。 （2）尺寸：满足学生放置 VR 设备、电脑以及操作手册等物品的需求。桌子高度为 750mm，符合人体工程学标准，方便学生就坐使用，避免长时间使用导致的身体疲劳。 （3）收纳功能：桌子设计抽屉或收纳空间，抽屉容量不小于 30L，方便学生存放个人物品和小型实训工具，保持桌面整洁，提高实训中心的空间利用率。 2、椅子 （1）材质：椅面和椅背采用透气网布材质，保证长时间就坐的透气性，减少闷热感。椅架采用高强度工程塑料或铝合金，可承受 100kg 人体重量且不易损坏。椅脚采用优质尼龙材质，具有耐磨、静音的特点。 （2）人体工学设计：椅背符合人体脊柱曲线，高度可调节范围在 10-15cm，能够有效支撑学生的背部，减轻腰部压力。座面高度可调节范围在 40-50cm，满足不同身高学生的需求。椅子具备 360 度旋转功能，方便学生在实训过程中灵活转身操作设备。 （3）每张桌子的尺寸为边长不低于 600mm 的正六边	50	张	

		形，高度 750mm。每张桌子配备一个容量 $\geq 30\text{L}$ 的抽屉。每张桌子配备一把可调节高度的椅子，椅子与桌子的距离为 300mm。六张桌子围绕中心点均匀分布，形成一个六边形实习桌。			
3	大屏幕显示器	1、大屏幕尺寸不低于 120 英寸，确保在 80 平米的空间内，不同位置的学生都能清晰观看内容。 2、达到 4K（3840×2160）以上分辨率。 3、支持 HDR（高动态范围成像）技术，提升画面对比度，亮部更亮、暗部更暗，保留更多细节，让虚拟场景光影效果更真实。 4、显示器具备 120Hz 及以上刷新率。 5、采用电容触控技术，通过感应人体静电识别触摸动作。支持多点触控，能够实现滑动、缩放、旋转等复杂手势操作。 6、具备高精度手写识别能力，能准确识别书写轨迹和笔画，响应速度快，书写流畅，无明显延迟或卡顿，满足教师在屏幕上进行标注、讲解等教学需求。 7、透光率$\geq 85\%$，保证屏幕显示的清晰度和亮度不受触摸层影响。 8、优先选择 IPS 面板，具有广视角、色彩还原准确等优点，可确保从不同角度观看屏幕时，都能获得清晰、一致的图像效果，适合多人同时观看。 9、屏幕亮度在 400 尼特及以上，确保在光线较亮的实训环境中屏幕内容清晰可见；静态对比度至少为 1000:1，使图像层次感更丰富，增强视觉效果。 10、接口包含 HDMI、DisplayPort、USB 等，方便连接电脑、VR 设备、视频播放设备等多种教学资源，满足不同教学需求。 11、支持智能投屏功能，可实现手机、平板等设备与	1	台	高清

		大屏幕的快速连接和投屏，便于教师分享教学资料或学生展示操作成果。具备智能语音控制功能更佳，可通过语音指令快速调整屏幕参数、切换输入源等，提高教学便捷性。			
4	音响设备	1、主音箱功率在 100- 150W，能够提供足够的音量覆盖整个实训中心；环绕音箱功率可在 50- 80W，辅助营造立体音效，满足 VR、AR 沉浸式教学的声音需求。 2、支持壁挂式、吊顶式等多种安装方式，方便根据实训中心的装修布局进行灵活安装。壁挂式音箱安装高度在 2- 2.5 米，可根据墙面结构进行固定； 3、100W 的音箱，功放的功率为 120 -150W。 4、选择 5.1 声道或 7.1 声道的功放，能够实现环绕立体声效果，为 VR、AR 教学提供沉浸式的音频体验。 5、具备音量调节、音调调节、声道平衡调节等多种调节功能，方便教师根据教学内容和场地声学环境进行个性化调整，优化声音效果。 6、麦克风灵敏度在 38dB -42dB 之间，能够准确捕捉教师的声音，即使在距离麦克风一定距离或声音较小的情况下，也能清晰地将声音信号传输到音响系统中。 7、麦克风为无线麦克风，方便教师在实训中心自由走动进行教学，不受线缆束缚。无线连接稳定，传输距离不低于 30 米，信号强度稳定，不会出现中断或信号丢失的情况。	1	套	
5	无人机模拟器软件（企业版）	1、涵盖至少 10 种市场主流的消费级和专业级无人机机型，满足不同教学需求，让学生熟悉各类无人机的操作特点。 2、具备多样化的飞行环境模拟，如城市、乡村、山区、水域等至少 5 种不同场景，每种场景包含晴天、阴天、雨天、雾天等不同的天气条件，模拟真实飞行环境对	26	节点	26 个节点，2 个学生共用 1 节点，1 个教师

	无人机性能的影响，提升学生应对复杂环境的能力。 3、提供丰富的飞行任务模拟，包括航线规划、目标跟踪、数据采集、应急处理等至少 8 种任务类型，模拟真实的无人机作业场景，培养学生的实际操作能力和任务执行能力。 3、采用高精度的物理引擎，能够准确模拟升力、重力、阻力、惯性等无人机的飞行力学特性，同时能准确模拟电机、螺旋桨等部件的工作原理，使模拟飞行更加真实，误差控制在 5% 以内。 4、支持遥控器模拟、键盘鼠标操控、手柄操控等多种操控方式，并且能精准模拟不同操控方式下的手感和反馈，让学生在虚拟环境中获得与真实操作相似的体验。 5、支持至少 26 人同时在线协作或竞赛，方便开展小组教学和技能竞赛，提升学生的团队合作能力和竞争意识。具备实时语音通讯和聊天功能，方便学生之间进行交流和协作。 6、能够详细记录学生的飞行轨迹、姿态变化、操作指令等飞行操作数据，并提供数据分析功能，生成可视化的报告，帮助教师评估学生的学习效果，发现学生的操作问题和不足之处，以便进行针对性的指导。 7、兼容主流的操作系统，同时支持多种硬件设备，如常见的无人机遥控器、游戏手柄、高性能显卡等，确保在不同的硬件环境下都能稳定运行。 ▲8、提供专业的技术支持团队，3 年 7×24 小时响应，及时解决软件使用过程中出现的问题。定期进行软件更新，添加新的功能和内容，保持软件的先进性和适用性，更新周期不超过 3 个月。投标人提供技术支持承诺函。			节点
--	---	--	--	----

6	无人机模拟器操作手柄	1、至少配备 26 个可编程按键，涵盖常见的油门、方向、俯仰、横滚控制按键，以及功能切换、拍照、录像等特殊功能按键，满足无人机飞行操作和任务执行的多样化需求。 2、按键布局符合人体工程学原理，方便学生操作，长时间使用不易疲劳。常用按键分布在手指自然放置的位置，操作时无需大幅度移动手指。 3、支持按键自定义功能，学生和教师可根据个人操作习惯和教学需求，自由设置按键对应的功能，提高操作效率和舒适度。 4、采用霍尔效应摇杆或高精度电位器摇杆，精度达到 0.1%，能够精确感知摇杆的细微动作，实现对无人机飞行姿态的精准控制，在飞行模拟中可精确调整无人机的飞行角度和速度。 5、支持 2.4G 无线连接或蓝牙 5.0 连接，连接稳定，传输距离不低于 10 米，在实训中心的范围内可自由操作，避免线缆束缚，同时具备低功耗特性，延长电池续航时间。 6、兼容常见的操作系统，如 Windows、Mac OS、Linux 等，确保能与无人机模拟器软件（企业版）以及实训中心的电脑设备无缝对接，无需复杂的驱动安装和设置。 7、内置大容量锂电池，续航时间不低于 8 小时，满足一次完整的实训课程需求，减少充电次数，提高使用便利性。 8、支持 USB-C 接口充电，可使用常见的充电器或电脑 USB 接口进行充电，充电速度快，方便在实训间隙快速补充电量。	26	套	26 套设备，2 个学生共用 1 套，1 套教师使用
---	------------	---	----	---	----------------------------

7	无人机模拟飞行实训基地配套课程资源	至少提供但不限于以下实训用课程资源： 1. 模拟起飞与降落训练实验实习手册，内容至少包含：重点讲解无人机起飞与降落的基本操作流程，包括预飞检查、起飞准备、平稳起飞、悬停调整、安全降落等步骤。通过虚拟仿真环境，学生可以反复练习，掌握在不同地形和环境下安全起降的技巧。 2. 模拟悬停训练实验实习手册，内容至少包含：专注于无人机悬停操作的训练，涵盖悬停的基本原理、姿态控制、高度保持、抗风能力等内容。通过虚拟仿真，学生可以在不同风速和环境下练习悬停，提升飞行稳定性。 3. 模拟直线航线飞行训练实验实习手册，内容至少包含：指导学生进行直线航线飞行的训练，包括航线规划、飞行高度控制、速度调整、方向保持等内容。通过虚拟仿真，学生可以在复杂环境中练习直线飞行，提升航线执行的精准度。 4. 模拟转弯航线飞行训练实验实习手册，内容至少包含：重点训练无人机转弯操作的技巧，涵盖转弯半径控制、速度调整、姿态平衡、航线衔接等内容。通过虚拟仿真，学生可以在不同转弯角度和环境下练习，提升复杂航线飞行的能力。 5. 模拟环形航线飞行训练实验实习手册，内容至少包含：针对环形航线飞行进行训练，包括环形航线的规划、飞行高度控制、速度调整、姿态平衡等内容。通过虚拟仿真，学生可以在不同半径和环境下练习环形飞行，提升复杂任务执行能力。 6. 地形地貌适应训练实验实习手册，内容至少包含：专注于无人机在不同地形地貌环境下的飞行训练，包括山地、丘陵、平原、水域等场景的飞行技巧。通过	10	本	
---	-------------------	---	----	---	--

	虚拟仿真，学生可以熟悉各种地形的特点，提升复杂环境下的飞行适应能力。 7. 气象条件适应训练实验实习手册，内容至少包含：针对无人机在不同气象条件下的飞行训练，包括大风、降雨、雾霾、低温等极端天气的应对策略。通过虚拟仿真，学生可以练习在复杂气象条件下的飞行操作，提升飞行安全性。 8. 航拍模拟训练实验实习手册，内容至少包含：重点训练无人机航拍技能，包括航拍设备的使用、拍摄角度选择、航线规划、画面稳定性控制等内容。通过虚拟仿真，学生可以练习在不同场景下的航拍技巧，提升航拍任务执行能力。 9. 巡检模拟训练实验实习手册，内容至少包含：针对无人机巡检任务进行训练，包括巡检路线规划、设备检查、故障识别、数据采集等内容。通过虚拟仿真，学生可以练习在电力、管道、建筑等场景下的巡检操作，提升任务执行效率。 10. 测绘模拟训练实验实习手册，内容至少包含：专注于无人机测绘任务的训练，包括测绘设备的使用、航线规划、数据采集、图像处理等内容。通过虚拟仿真，学生可以练习在地形测绘、建筑测绘等场景下的操作，提升测绘任务执行能力。 11. 10 本实习手册涵盖无人机操作的核心技能和典型应用场景，通过虚拟仿真技术，学生可以在安全、高效、低成本的环境中进行反复练习，逐步掌握无人机飞行的各项技能，为实际飞行任务打下坚实基础。每本手册均包含详细的操作步骤、注意事项和考核标准，确保训练的科学性和有效性。 12. 需设计并提供 10 套实验实训项目对应的培训教			
--	---	--	--	--

		材，教材要求与无人机模拟飞行实训基地的实训设备相匹配，设备可根据培训教材内容直接开展训练，教材包括纸质档和电子档，电子版教材提供永久使用授权。 ▲13. 需提供以上材料相关的研发原创证明、电子版，能够进行培训指导。			
三、 计算机设备					
序号	设备名称	主要技术参数要求	数量	单位	备注
1	服务器	1、配备至少 2 颗英特尔至强可扩展处理器，每颗处理器核心数不低于 16 核，主频在 2.6GHz 及以上，睿频可达 3.6GHz。 2、内存配置为 128GB 及以上 DDR4 ECC 内存，具备自动纠错功能，可防止内存错误导致的系统崩溃，确保数据处理的准确性和服务器运行的稳定性。 3、采用企业级固态硬盘（SSD），总容量不低于 2TB，读写速度分别达到 3500MB/s 和 3000MB/s 以上，实现快速的数据存储和读取，减少数据加载时间。同时，支持 RAID 5 或 RAID 6 阵列，保障数据冗余和安全性。 4、集成 2 个 10GbE 以太网口，支持网络聚合技术，提供高达 20Gbps 的网络带宽，满足大量数据的高速传输需求，确保学生在使用模拟器软件时网络延迟低、数据传输稳定。 5、具备冗余电源、热插拔硬盘和风扇等组件，支持热插拔的组件在出现故障时可直接更换，无需停机，保障服务器持续运行。服务器预留足够的扩展槽位，方便未来根据学生数量增加或软件功能升级，灵活扩展硬件资源。	1	套	

2	终端及 电脑	1、搭载英特尔酷睿 i7 或 AMD 锐龙 7 系列及以上处理器,如英特尔酷睿 i7-13700K,拥有 16 核心 24 线程,主频 3.4GHz,睿频可达 5.4GHz,具备强大的单核和多核性能,能流畅运行无人机模拟器软件以及其他教学辅助软件。 2、配备 NVIDIA GeForce RTX 3060 及以上型号独立显卡,拥有 12GB 及以上显存,具备实时光线追踪和 AI 加速技术,能够高质量渲染 VR/AR 场景,为学生提供逼真的沉浸式模拟飞行体验。 3、安装 16GB 及以上 DDR4 高频内存,频率不低于 3200MHz,双通道设计可提升内存读写速度,确保多任务处理和软件运行的流畅性。 4、采用 512GB 及以上的 NVMe SSD 作为系统盘,顺序读取速度达到 3000MB/s 以上,顺序写入速度达到 2000MB/s 以上,实现快速的系统启动和软件加载。同时,可配备 1TB 及以上的机械硬盘作为数据存储盘,用于存储学生的训练数据和作业。 5、配备 24 英寸及以上的 IPS 面板显示器,分辨率达到 1920×1080 及以上,刷新率为 144Hz 及以上,提供清晰、流畅的视觉体验,减少画面延迟和残影,方便学生操作和观察模拟飞行画面。	26	套	
---	-----------	--	----	---	--

3	AR/VR 终端设备	1、AR 眼镜参数：适合需要实时叠加无人机飞行数据、环境信息的场景，如无人机监控、巡检、测绘等。分辨率不低于 1920×1080，刷新率不低于 90Hz，减少眩晕感，视场角（FOV）不低于 40°，提供更广阔的视野；采用性能不低于高通骁龙 XR2 的高性能处理器，支持实时图像处理和低延迟数据传输；内置 IMU（惯性测量单元），用于姿态跟踪；摄像头支持环境感知和 SLAM（同步定位与地图构建）；设备支持 Wi-Fi 6、支持蓝牙 5.0，支持与无人机的实时数据传输如 HDMI 或 USB-C。 2、VR 眼镜参数：VR 眼镜适合需要沉浸式飞行训练、模拟飞行的场景，如无人机飞行训练、虚拟仿真教学等。单眼分辨率不低于 2160×2160，刷新率不低于 90Hz，减少眩晕感，视场角（FOV）不低于 100°，提供沉浸式体验；采用性能不低于高通骁龙 XR2 的高性能处理器，支持实时图像渲染和低延迟数据传输；内置 IMU（惯性测量单元），用于头部追踪；设备支持 6DoF（六自由度）定位、支持 Wi-Fi、支持蓝牙 5.0、支持但不限于 HDMI 或 USB-C 接口形式的与无人机的实时数据传输；设备续航时间不低于 2 小时。	3	套	
4	键盘鼠标	1、键盘参数如下： 1）单个按键寿命达到 5000 万次以上，具备良好的耐用性，能够承受频繁的按键操作，减少因按键损坏而需要更换键盘的频率，降低使用成本。 2）支持全键无冲或至少 6 键无冲技术，在同时按下多个按键时，能够准确识别每个按键的操作，不会出现按键冲突导致指令无法执行的情况，确保在复杂的飞行操作中，每个指令都能被准确传达。 3）配备多媒体快捷键，可一键实现音量调节、播放 /	26	套	

	暂停、静音等功能，方便学生在操作模拟器过程中快速调整音频设置，无需中断操作去寻找系统音量调节按钮。 4) 支持有线 USB 连接和蓝牙无线连接两种方式。 2、鼠标参数如下： 1) 采用高精度光学传感器或激光传感器，DPI（每英寸点数）可调节范围在 800 -16000 之间，满足不同学生的操作习惯和不同场景下的精度需求。在进行精细的航线规划和飞行操作时，可将 DPI 调低以获得更精准的控制；在快速移动视角时，可将 DPI 调高以提高操作效率。 2) 至少配备 6 个可编程按键，除了常见的左右键、滚轮键外，还应有额外的侧键和功能键，学生可根据自己的操作习惯将这些按键设置为常用的飞行操作指令，如起飞、降落、切换视角等，提高操作效率。			
--	---	--	--	--

三、无人机维修实训基地主要技术参数要求

1	项目名称	无人机维修实训基地			
2	项目简介	无人机维修实训基地又称“生产性实训中心”，是集教学、实训、生产于一体的综合性实训平台，建筑面积 120 平米。旨在培养高素质无人机维修技术人才。中心配备先进的维修设备和检测仪器，可模拟真实维修场景，并承接企业无人机维修业务，实现“教学做”一体化。其中，建设两个维修线，每一条维修线含 8 个工作岗位，每个工作岗位设置 2 名工作人员，占地面积 3 平米，合计 48 平米。线边仓占地面积 2 米*0.6=1.2 平米*6 个合计 7.2 平米+预留 10 平米放置展示柜及工具材料备件更衣区储物柜等基础设施。安全通道 1.2 米*8 米*2=19.2 平米。			
无人机维修实训基地设备清单					
一、 场地及基础设施					
序号	设备名称	主要技术参数要求	数量	单位	备注
1	照明设备	1. 设备用于提供充足、均匀的照明，满足维修工作需求。 2. 设备照度不低于 500 lux，显色指数（CRI）不低于 80，确保颜色真实还原。色温选择 4000K-5000K 的中性白光，提供舒适的视觉环境，防护等级不低于 IP65，防尘防水，适应维修环境。 3. 灯具采用高强度、耐腐蚀材料、光源采用高品质 LED，寿命长，光效高。 4. 规格型号为 LED 工矿灯或 LED 面板灯。	15	套	
2	网络设备	1、路由器参数如下： 1) 支持 Wi-Fi 6 或更高标准，双频并发无线速率至少达到 AX3000Mbps（2.4GHz 频段 + 5GHz 频段），保障大量设备同时连接时的网络速度，满足 VR 设备、计算机等对网络带宽	1	套	

		的高需求。 2) 最大带机量不少于 100 台。 2、交换机参数如下： 1) 至少配备 24 个千兆电口，满足计算机、服务器、VR 设备等有线连接需求，部分端口可支持 PoE+ 供电，方便为无线接入点（AP）等设备供电，简化布线。 2) 背板带宽不低于 96Gbps，较高的背板带宽可保证数据在端口之间快速转发，实现无阻塞交换，提升网络整体性能。 3、无线接入点（AP）参数如下： 1) 单个 AP 的有效覆盖半径在 10- 15 米，根据 80 平米的场地面积和布局，合理部署 AP 数量，确保整个实训中心无网络死角，信号强度不低于 70dBm。 2) 支持双频段工作，5GHz 频段用于高速数据传输，满足 VR 设备对低延迟、高带宽的要求；2.4GHz 频段用于一般设备连接，保障设备连接的稳定性，无线速率不低于 AX1800Mbps。 3) 每个 AP 支持的最大用户数量不少于 30 个，保证在学生集中使用设备时，每个学生都能获得良好的网络体验。 智能管理：支持集中管理，可通过 AC（无线控制器）对多个 AP 进行统一配置、监控和管理，方便网络管理员进行日常维护和故障排查。			
--	--	--	--	--	--

3	通风设备	1、整体通风量：根据训练中心面积(试飞区 25 平方米 + 外延 20 平方米共 45 平方米) 以及空间高度 4 米，按照每小时换气 6-10 次计算，通风设备的总通风量应在 810 -1350 立方米 / 小时之间，以保证室内空气能够及时更新，为学生和设备提供良好的空气环境。 2、局部通风量：局部通风量应能达到 300-500 立方米/小时，确保这些区域的空气能够得到有效置换，防止热量和有害气体积聚。 3、系统风压：通风系统风压应不低于 500Pa，以确保通风设备能够将空气有效地输送到训练中心的各个角落，保证通风效果的均匀性。 4、余压：通风设备应具备不低于 100Pa 的余压，以便在系统阻力发生变化时，仍能保证足够的通风量。 5、运行噪音：通风设备在正常运行时，噪音应不超过 45 分贝，在距离设备 1 米处测量，尽量减少对训练的干扰。 6、配备高效空气过滤器，至少达到 F7 级过滤效率，能够有效过滤空气中的灰尘、花粉等颗粒物，保证进入训练中心的空气清洁，避免灰尘等杂质影响无人机的性能和使用寿命。 7、具备活性炭等吸附材料，可对空气中的有害气体如甲醛、苯等进行吸附净化，净化效率应达到 60% 以上。 8、通风设备应达到一级能效标准，能效比不低于 3.5。	1	套	保持空气流通
4	无人机维修实训基地文	1、装修设计施工方以“经济实用、功能全面、产学研结合”为核心，打造一个集教学、实训、	1	批	

	化建设	生产于一体的综合性平台。中心建筑面积 120 平方米，旨在培养高素质无人机维修技术人才，同时承接企业维修业务，实现“教学做”一体化。方案注重成本控制与功能优化，兼顾教学需求与生产实际，具有较强的竞争力。 2、空间布局与功能分区为中心规划两条维修线，每条维修线设 8 个工作岗位，每个岗位容纳 2 名员工，共计 32 个工位。每个工位占地面积约 2.5 平方米，配备独立工作台、工具架及设备接口，确保操作空间充足。维修线之间预留 2 米宽通道，符合安全规范并便于设备搬运。 2、中心设置 3 个功能区，分别是检测区、仓储区、接待区。检测区集中放置精密检测仪器，如无人机故障诊断仪、平衡测试仪等，占地约 10 平方米。仓储区用于存放维修配件、工具及耗材，采用模块化货架设计，占地约 10 平方米。接待区设置简易前台和客户休息区，便于承接企业维修业务，占地约 5 平方米。 3、基础装修设计 （1）功能分区布局： 1）维修作业区（48 m²）： 设置两条标准化维修流水线，每条线配备 8 个工位（每个工位 3 m²），配置防静电工作台、多功能维修支架、专用工具架及 LED 无影灯，确保维修操作精准高效。 地面采用防油污、防静电环氧地坪，划分黄色安全标线，标注工具取用区、废件回收区等功能标识。			
--	-----	--	--	--	--

		2) 线边仓 (7.2 m²) : 设计 6 个模块化仓储柜 (每个 1.2 m²) , 分类存放常用配件、耗材、工具, 采用透明柜门+标签管理系统, 提升取用效率。 3) 安全通道 (19.2 m²) : 主通道宽度 1.2 米, 地面喷涂绿色荧光导向条, 墙面张贴紧急疏散图和消防设备指示标识, 符合安全生产规范。 (2) 辅助区 (10 m²) : 设置工具展示柜 (陈列典型故障部件)、备件更衣区 (含个人防护装备储物柜)、电子教学屏 (循环播放维修案例) 。 2) 环境设计: 工业风装修: 采用灰白色调墙面, 搭配橙色/蓝色功能分区标识, 突出科技感与专业性。 安全防护: 配备防静电接地装置、烟雾报警器、急救箱及 AED 设备, 墙面悬挂《维修安全操作规程》警示牌。 4、文化氛围建设 (1) 企业化场景营造: 模拟真实维修车间环境, 工位悬挂“6S 管理标准”(整理、整顿、清扫、清洁、素养、安全), 培养学生职业习惯。 设置“维修工单看板”, 动态展示待修无人机型号、故障类型、进度安排, 增强任务代入感。 (2) 技术知识可视化: 墙面设计“无人机核心系统解剖图”, 展示飞控、动力、图传等模块的维修要点;			
--	--	--	--	--	--

		设立“典型故障案例墙”，通过图文+实物展示常见故障现象与解决方案。 (3) 成果与荣誉展示： 开辟“技能之星”专栏，公示学员维修考核成绩及企业认证证书； 设置“创新维修方案征集箱”，鼓励学生提出技术改进建议。 5、生产性实训特色 真实业务对接：工位接入企业维修订单系统，学员在教师指导下完成实际维修任务，体验全流程服务（检测-诊断-维修-质检）。 6、整体要求： 无人机维修实训基地文化建设要求与整个实训室的功能相适配，完成设备的安装与布线，保证设备能够正常运行，能够满足正常的使用要求。			
--	--	--	--	--	--

二、维修工作平台与货架

序号	设备名称	主要技术参数要求	数量	单位	备注
1	防静电维修工作平台	1、台面采用优质防静电三聚氰胺板，表面电阻值稳定在 $10^6 - 10^9 \Omega$ 之间，能有效释放静电，防止静电积累对无人机电子元件造成损坏。 2、台面厚度不低于 25mm，确保具备足够的强度和承载能力，可承受至少 150kg 的重量，在放置各类维修设备和工具时，台面不会发生变形，保障维修工作的稳定性。 3、工作台配备完善的接地系统，包括防静电接地线和接地夹。接地线采用截面积不小于	16	套	

	6mm² 的铜质导线，电阻小于 0.1 Ω，确保静电能够快速、可靠地导入大地。接地夹具有良好的导电性和夹持力，能牢固地连接工作台与接地端，保证接地的有效性。 4、静电消散时间小于 0.1 秒，当静电产生时，能够迅速将其消散，避免静电对无人机零部件产生影响，保障维修工作的安全性。 5、工作台尺寸为不低于 1500mm * 750mm，大小适中，既能满足多人同时进行维修操作的空间需求，又能合理利用实训中心的场地空间。台面边缘采用圆润设计，避免操作人员碰撞受伤。 6、工作台下方设有多个抽屉和柜子，抽屉采用三节静音滑轨，承重能力不低于 20kg，方便存放各类小型维修工具和零部件。柜子内部空间合理分隔，可用于存放较大的维修设备和耗材，提高空间利用率。 7、工作台框架采用优质冷轧钢板制作，厚度不小于 1.5mm，经过焊接、打磨、喷漆等多道工艺处理，结构稳固，具有较强的抗变形能力和耐腐蚀性能，可适应复杂的工作环境，确保长期稳定使用。			
--	---	--	--	--

2	玻璃储存展示柜	1、柜体采用 5mm 厚的优质钢化玻璃，其强度是普通玻璃的 3-5 倍，能有效防止意外碰撞导致玻璃破碎，确保展示柜的耐用性和安全性。即使受到一定程度的外力冲击，钢化玻璃破碎后也会形成钝角小颗粒，不易对人员造成伤害。 2、透光率达到 91% 以上，相比普通玻璃，能更真实地展示柜内物品，如无人机零部件、维修工具、成品无人机等，减少光线折射和色彩偏差，让展示效果更加清晰、美观。 3、内部设有 4-5 层可调节搁板，满足不同尺寸物品的展示需求。搁板采用钢化玻璃材质，厚度为 8mm，承重能力不低于 20kg。搁板的高度可通过卡槽进行自由调节，调节间距为 50mm，方便根据实际展示物品的大小进行灵活调整。 4、整体尺寸长度不低于 2300mm、宽度不低于 600mm、高度不低于 2000mm，拥有充足的内部空间，可分类存放大量的无人机相关物品。同时，柜体内部可设置一些小型的收纳盒或挂钩，方便存放小型零部件和工具，提高空间利用率。 5、柜门采用优质的橡胶密封条，与柜体紧密贴合，形成良好的密封效果，有效防止灰尘、湿气等进入柜内，保护展示物品不受污染和损坏。柜门采用平开式或推拉式设计，平开式柜门开合角度大，方便取放物品；推拉式柜门节省空间，适合空间有限的实训中心。 6、配备高效节能的 LED 灯带，安装在柜体顶	6	套	
---	---------	---	---	---	--

		部和搁板底部，提供均匀、柔和的光线，突出展示物品的特点和细节。LED 灯带的亮度可调节，满足不同展示场景的需求，且具有长寿命、低能耗的优点，降低使用成本。 7、柜体背部采用可更换的背景板设计，背景板材质选用亚克力板或金属板，颜色和图案可根据实训中心的风格和展示需求进行设计，如印上学校的标志、无人机相关的图案等，增强展示效果和视觉吸引力。			
3	保密安全柜	1、选用厚度不低于 1.5mm 的优质冷轧钢板制作柜体，整体强度高，能有效抵御外力撞击和撬砸。经过多道工艺处理，表面光滑平整，且具有良好的防锈、耐腐蚀性能，可适应实训中心复杂的环境，确保长期使用。 2、柜体内部填充防火隔热材料，如岩棉，厚度不小于 50mm，具备良好的防火性能，能在至少 1 小时内阻止火势蔓延，保护柜内物品安全。 3、配备电子密码锁，密码位数不少于 8 位，支持多种密码设置方式，如数字密码、指纹识别、刷卡等，可根据实际需求灵活组合使用，提高安全性。密码锁具有防窥视功能，输入密码时可进行乱码干扰，防止密码被窃取。 4、配备应急机械钥匙，在电子密码锁出现故障或没电时，可通过机械钥匙打开柜门，确保紧急情况下能正常取放物品。机械钥匙采用高安全性的锁芯，难以被复制。 5、具备异常报警功能，当有人试图暴力开启柜门或密码连续输入错误达到一定次数（如 5	1	套	

		次)时,安全柜自动发出高分贝警报声(不低于 80 分贝),同时可向预设的手机或管理系统发送报警信息,及时通知相关人员。 6、设置 24 个独立的柜门,每个柜门内部空间合理规划,可根据物品大小进行灵活调整。例如,部分区域可设置活动隔板,方便存放不同规格的无人机维修资料、重要零部件、检测报告等物品。 7、整体尺寸根据实训中心空间合理设计,高度在 1800 -2000mm 之间,宽度在 1200-1500mm 之间,深度在 500- 600mm 之间,既能满足存储需求,又不会占用过多空间。 8、柜体设有合理的通风孔,采用隐藏式设计,既保证空气流通,防止物品受潮发霉,又不影响柜体的安全性和美观性。通风孔配备防虫网,防止昆虫进入柜内。 9、安全柜具有防磁功能,对于需要存放磁性介质(如硬盘、磁带等)的安全柜,具备良好的防磁性能,可有效屏蔽外界磁场干扰,保护磁性介质中的数据安全。			
4	工作椅	1、工作椅具备可调节功能,适应不同身高和工作需求的维修人员。 2、座椅采用柔软、透气的材质,如高密度海绵和网布,提供良好的支撑和透气性。 3、座椅高度可在 400-500mm 范围内调节,椅背角度可在 90° -120° 之间调节,座深可在 400-450mm 之间调节。 4、椅子在最大调节范围内保持稳定,不会发生倾倒或晃动。	50	套	

		5、椅面选用优质网布或皮革材质，柔软舒适，透气性好，易清洁。 6、椅架采用金属材质，如铝合金或钢管，表面经过电镀或喷涂处理，具有良好的耐磨性和耐腐蚀性。 7、椅脚采用五星脚设计，材质为尼龙或铝合金，配备静音万向轮，方便移动，且对地面无损伤。 8、工作椅子的尺寸为整体高度 800-1000mm 之间，座面宽度为 450-500mm，座面深度为 400-450mm。			
5	工具车及零件收纳盒	1、工具车的参数如下： 1) 工具车用于维修人员在实训中心内移动工具和小型设备，提高工作效率。 2) 工具车承重不低于 150kg，具备灵活的转向和制动功能。 3) 车架采用不锈钢材质，台面为防静电胶板，车轮为高强度橡胶轮。 4) 规格型号为：长度不低于 1200mm，宽度不低于 600mm，高度不低于 900mm，4 层结构，每层高度可调节。 5) 工具车的数量不少于 4 个。 2、零件收纳盒参数如下： 1) 零件收纳盒用于分类存放小型零件和工具，便于管理和查找。 2) 零件收纳盒具有良好的密封性和耐腐蚀性，可堆叠存放，节省空间。 3) 零件收纳盒采用防静电塑料材质。 零件收纳盒数量总数量不少于 21 个。	1	批	

		5) 提供至少 3 种规格型号的收纳盒, 标准元件收纳盒 (3 种专业规格)。 A 小型分类盒 (精密件专用) 规格: 200mm(L) × 150mm(W) × 50mm(H); 分格设计: 24 格 (20mm × 20mm/格); 容量: 可存放贴片电阻/电容等小型元件 ≥ 800 个。 B 中型工具箱 (常用件收纳) 规格: 300mm(L) × 200mm(W) × 80mm(H); 分格设计: 8 大格+16 小格 (可调隔板); 容量: 存放 M1.6-M3 螺丝套装+配套工具。 C 大型模块盒 (新增规格) 规格: 400mm(L) × 250mm(W) × 120mm(H); 分格设计: 4 个独立仓位 (带盖防尘); 容量: 可收纳无人机整机模块 (如电调、飞控等), 每种规格型号的收纳盒数量不少于 7 个。			
三、 定损与维修设备					
序号	设备名称	主要技术参数要求	数量		备注
1	无人机检测仪套装	1、能对无人机的电机、电调、飞控、电池、GPS 模块、传感器等关键硬件部件进行全面检测, 快速准确判断部件是否存在故障、性能是否正常。通过专业的电调检测功能, 可检测电调的输出电压、电流是否稳定, 是否存在短路、断路等问题。 2、检测其飞行姿态稳定性、飞行速度、高度控制精度、续航能力等飞行性能指标。可通过内置的飞行模拟软件, 设置不同的飞行参数, 对无人机在各种工况下的飞行性能进行评估。 3、对无人机的图传链路、控制链路进行检测,	1	套	

	确保数据传输的稳定性和实时性。能够检测信号强度、信号干扰情况，以及数据传输的延迟和丢包率，保障无人机在飞行过程中与地面站的通信畅通。 4、电压检测误差控制在 $\pm 0.05V$ 以内，能够精准测量无人机电池及各硬件部件的供电电压，及时发现电压异常情况，为故障诊断提供准确的数据支持。 5、电流检测误差不超过 $\pm 0.1A$，准确测量无人机各部件的工作电流，帮助判断部件的工作状态是否正常，以及是否存在过载等问题。 6、对于无人机的陀螺仪、加速度计、磁力计等传感器，检测精度达到 $0.1\% FS$（满量程），确保传感器数据的准确性，保证无人机飞行姿态控制的精度。 7、检测仪套装工具整体尺寸小巧，方便携带，单个工具的重量不超过 $1kg$，整套工具总重量控制在 $5kg$ 以内，便于维修人员在不同场地进行现场检测和维修工作。 8、支持市面上常见的各类无人机机型，包括不同品牌、不同尺寸和不同用途的消费级、专业级无人机，满足实训中心多样化的教学和维修需求。 9、与常用的无人机飞行控制软件、地面站软件兼容，可直接读取和分析无人机的飞行数据和日志文件，为故障诊断提供更全面的信息。			
--	---	--	--	--

2	点胶机	1、点胶精度为$\pm 0.01\text{mm}$ $\pm 0.05\text{mm}$,确保精准点胶。 2、点胶速度不低于 100mm/s。 3、点胶机支持但不限于环氧树脂、硅胶、UV胶、热熔胶等多种胶水。 4、点胶机控制系统支持手动、半自动、全自动模式,具备编程功能,可存储多种点胶路径。 5、点胶机可更换喷嘴,适配 0.1mm -1.0mm 的不同点胶需求。 6、支持加热功能,适用于热熔胶等需要加热的胶水。 7、支持点、线、面、圆形、弧形等多种点胶模式。 8、具备自动清洗功能,减少胶水残留。	1	台	
3	万用表	1、除了具备基础的交直流电压、电流、电阻测量功能外,还应能测量电容、电感、二极管、三极管等元件参数,满足无人机电路中各类电子元件的检测需求。可准确测量无人机电池的电压、充放电电流,以及电路板上电阻、电容的数值。 2、电压测量精度达到 $\pm 0.05\%$ RDG (读数) $\pm 0.01\%$ FS (满量程), 电流测量精度为 $\pm 0.1\%$ RDG $\pm 0.05\%$ FS , 电阻测量精度达 $\pm 0.05\%$ RDG $\pm 0.01\%$ FS, 确保测量数据的准确性, 为故障诊断提供可靠依据。 3、配备大屏幕液晶显示屏,显示清晰,具备背光功能,方便在光线较暗的环境下使用。操作界面简洁,按键布局合理,具备自动量程切换功能,减少手动操作的繁琐,提高检测效率。	8	台	

		4、具备过压、过流、过载保护功能，防止在测量过程中因操作不当或被测电路异常而损坏万用表，同时保障维修人员的人身安全。			
4	示波器	1、带宽至少为 100MHz，能够满足无人机电路中常见信号的测量需求，如电机驱动信号、飞控信号等，准确捕捉和分析信号的波形和频率。 2、实时采样率不低于 1GSa/s（每秒采集 10 亿个样本），可精确还原信号细节，确保在测量高频信号时不会出现失真，为分析复杂电路问题提供准确的数据支持。 3、拥有至少 2 个通道，方便同时测量多个信号，对比不同信号之间的关系，例如在检测无人机电调与电机之间的信号传输时，可同时监测电调输出的三相信号。 4、存储深度达到 1Mpts（1 百万个采样点）以上，能够长时间记录信号数据，便于对信号进行长时间的观察和分析，发现间歇性故障和信号异常。 5、具备丰富的触发模式，如边沿触发、脉宽触发、视频触发等，方便在复杂的信号环境中准确捕捉到感兴趣的信号。	2	台	
5	热风枪	1、温度调节范围在 50℃-450℃之间，可满足不同类型电子元件的焊接和拆卸需求，如在拆卸无人机电路板上的贴片元件时，可根据元件的规格和要求精确调整温度。 2、风速可在 5- 25L/min 范围内调节，通过控制风速，可更好地控制热量的分布和传递，避免因风力过大或过小对周围元件造成损坏。	8	台	

		3、温度波动控制在 $\pm 5^{\circ}\text{C}$ 以内，确保在焊接和拆卸过程中温度稳定，提高操作的准确性和可靠性，减少因温度不稳定导致的焊接不良或元件损坏。 4、具备过热保护、过流保护功能，当热风枪温度过高或电流过大时，自动切断电源，防止设备损坏和火灾事故的发生。同时，手柄采用隔热材料，防止操作人员烫伤。			
6	电烙铁	1、功率在 30 -60W 之间，可根据不同的焊接任务选择合适的功率。温度调节范围在 200°C -450°C，能够满足各种焊接材料和元件的焊接需求，确保焊接质量。 2、从室温升至最高温度的时间不超过 30 秒，快速升温可提高工作效率，减少等待时间。 3、温度波动控制在 $\pm 3^{\circ}\text{C}$ 以内，保证焊接过程中温度恒定，避免因温度波动导致焊接质量不稳定。 4、采用优质的合金烙铁头，如含银合金，具有良好的导热性和耐腐蚀性，使用寿命长，能够保证焊接的可靠性和稳定性。 5、具备防静电设计，防止因静电对无人机电路板上的敏感电子元件造成损坏，保障维修工作的安全性。	8	台	

7	螺丝刀套装	1、刀头采用 S2 合金钢材质,硬度达到 HRC58 62, 具有高强度、高韧性和耐磨性, 在拆卸和安装无人机螺丝时, 不易出现滑牙、磨损等情况, 确保工具的使用寿命。刀柄选用优质的 PP+TPR 材质, 防滑、手感舒适, 方便长时间操作。 2、包含 PH000、PH00、PH0、PH1、PH2 四种规格的十字螺丝刀各 1 把, 0.8×25mm、1.2×38mm、2.0×50mm、3.0×75mm 四种规格的一字螺丝刀各 1 把, 满足无人机不同部位螺丝的拆卸和安装需求。 3、刀头带有磁性, 能够吸附螺丝, 方便在狭小空间或复杂结构中操作, 防止螺丝掉落丢失, 提高维修效率。 4、配备定制的收纳盒, 内部有专门的凹槽设计, 每个螺丝刀都有固定的放置位置, 方便整理和携带, 同时也能保护工具不受损坏。	8	套	
8	扳手套装	1、扳手主体采用铬钒合金钢 (Cr V), 经过热处理工艺, 硬度达到 HRC40 45, 具有良好的强度和韧性, 能承受较大的扭矩, 不易变形或折断, 适用于紧固和拆卸无人机上的各类螺母和螺栓。 2、包含常见的 6mm、7mm、8mm、9mm、10mm、11mm、12mm、13mm、14mm、15mm、16mm、17mm、18mm、19mm 公制扳手规格各 1 把, 满足不同来源无人机部件的维修需求。 3、套装中包括开口扳手、梅花扳手、套筒扳手各 1 个。开口扳手操作方便, 可快速调整位置; 梅花扳手能提供更大的扭矩, 且不易损伤	8	套	

		螺母棱角；套筒扳手配合棘轮扳手使用，在狭窄空间内操作更加灵活，提高维修的便捷性。 4、扳手表面经过镀铬处理，具有防锈、耐腐蚀的特性，不仅能延长工具的使用寿命，还能保持扳手外观整洁，易于清洁。			
9	钳子套装	1、钳子采用优质的铬钼合金钢（Cr Mo）制造，硬度达到 HRC48-52，具有良好的耐磨性和抗疲劳性能，能够轻松应对各种复杂的维修任务，如剪切电线、夹持零件等。 2、套装中应包含尖嘴钳、平口钳、斜口钳、剥线钳 4 类型各 1 把。尖嘴钳适合在狭小空间内操作，夹持小型零件和弯曲电线；平口钳用于夹持和固定较大的零件；斜口钳主要用于剪切电线和金属丝；剥线钳可精确剥除电线外皮，不损伤内部导线，满足无人机维修过程中的各种操作需求。 3、钳子的刃口经过特殊处理，锋利耐用，剪切力强。例如，斜口钳的刃口能轻松剪断直径 2mm 以下的铁丝和电线，剥线钳的刃口可根据电线规格准确调整，确保剥线效果良好。 4、手柄采用橡胶材质，表面有防滑纹理，握持舒适，不易滑落，即使在手部出汗或油污的情况下，也能保证操作的稳定性和安全性。	8	套	
10	电子元器件检测仪	1、可检测电阻、电容、电感、二极管、三极管、场效应管等常见电子元器件，覆盖无人机电路板上的大部分基础元件类型，能快速判断元件是否损坏、参数是否正常。 2、支持对多种集成电路进行检测，包括逻辑芯片、运算放大器、单片机等，通过专业的检	2	台	

		测算法和接口，可识别芯片的型号、功能是否正常，以及是否存在内部短路、断路等问题。 3、能够检测无人机常用的各类传感器，如陀螺仪、加速度计、磁力计、气压传感器等，评估传感器的灵敏度、线性度、零点漂移等性能指标，确保传感器在无人机飞行控制中正常工作。 4、电阻测量精度达到 $\pm 0.05\%$ RDG（读数）$\pm 0.01\%$ FS（满量程），电容测量精度为 $\pm 0.1\%$ RDG $\pm 0.05\%$ FS，电感测量精度达 $\pm 0.2\%$ RDG $\pm 0.1\%$ FS，确保对元件参数的测量准确可靠，为故障诊断提供精确的数据支持。 5、对于元件的开路、短路、漏电等故障，判断准确率达到 99% 以上，避免误判，提高维修效率和准确性。 6、具备快速扫描功能，可在短时间内对电路板上的多个元件进行初步检测，快速定位可能存在故障的元件，扫描速度达到每秒 10-20 个元件。 7、对于重点怀疑的元件，进行深度检测时，单个元件的检测时间不超过 10 秒，在保证检测精度的前提下，尽量缩短检测时间。 8、内置大容量存储器，可存储至少 1000 组检测数据，方便维修人员查询历史检测记录，分析元件的故障规律和维修案例。			
11	消费类无人机定损维修技术练习专用耗材包	1、至少包含机臂、机身外壳、起落架等多种常见的无人机结构件各 1 个，材质与实际无人机结构件一致，如实心碳纤维机臂，具备高强度和轻量化特性，能让学生在练习中熟悉真实	8	套	

		结构件的特性和维修方法。起落架选用铝合金材质，模拟实际无人机起落架的强度和韧性。 2、至少涵盖电阻、电容、电感、二极管、三极管、集成电路等各类电子元件，且每种元件具备多种规格。（包含以下 6 大类核心元件，共计超过 200 种规格型号，全面覆盖无人机电路维修需求。）电阻器（56 种规格）；电容器（48 种规格）；电感元件（24 种）；半导体器件（42 种）；集成电路（30 种）；其他元件（晶振：4MHz~32MHz（5 种）、继电器：5V/12V（3 种）、连接器：10 种常见规格）。 3、连接耗材：提供不同规格的螺丝、螺母、螺栓、导线、排线等连接耗材。螺丝采用高强度不锈钢材质，确保在反复拆卸和安装过程中不易滑丝。导线包含不同线径和绝缘材质的产品，如耐高温的硅胶导线，适用于无人机内部复杂的电路连接场景。1）紧固件系统（共 186 种规格）2. 导线系统（共 54 种规格）3. 特种连接件- 快拆插头： XT30/XT60 电源接头各 50 套、 JST 系列（SH1.0/XH2.54 等）共 8 种 200 套；热缩管套装：* $\Phi 1\text{mm}-\Phi 10\text{mm}$（0.5mm 间隔），每规格 5 米；导电胶带：铜箔/铝箔胶带，宽 10mm/20mm 各 10 卷。 5、耗材包的内容与无人机维修实训课程紧密结合，根据课程进度和教学内容，合理配置不同阶段所需的耗材，方便教师教学和学生学习。 6、耗材包中的结构件和电子元件适用于多种			
--	--	---	--	--	--

		常见的无人机机型，如消费级和专业级无人机，让学生在练习中能够接触到不同类型无人机的维修需求，提高学生的维修技能通用性。 7、耗材采用分类包装方式，每个种类的耗材都有独立的包装和标识，方便取用和管理，避免耗材混淆和丢失。			
12	无人机维修定损实训教学平台	1、具备至少 50 种不同类型的模拟故障设置功能，涵盖无人机的动力系统（如电机故障、电调故障）、飞控系统（如传感器故障、飞控芯片故障）、通信系统（如图传故障、遥控器故障）以及结构部件（如机臂断裂、起落架损坏）等，让学生在实训中全面接触各类故障场景，提升故障诊断和维修能力。 2、针对每种模拟故障，提供详细的故障诊断引导流程，包括故障现象分析、检测步骤提示、可能的故障原因及排查方法等，帮助学生逐步掌握科学的故障诊断思维和方法。引导方式可采用图文并茂的电子文档、视频教程或智能交互系统，方便学生随时查阅学习。 3、模拟真实的无人机维修操作环境，学生可在平台上进行零部件的拆卸、更换、安装、调试等操作。操作过程中，平台提供实时的操作反馈和指导，如操作步骤是否正确、工具使用是否得当等，确保学生在正确的操作流程下进行维修实训。 4、配备至少 3 种不同型号的无人机实体模型，包括常见的消费级四旋翼无人机、专业级多旋翼无人机以及固定翼无人机，涵盖不同的结构设计和特点，让学生熟悉各类无人机	1	套	

		的结构和维修要点。无人机模型应具备可拆解性，方便学生进行内部结构的观察和维修练习。 5、集成数据采集与分析系统，可实时采集无人机在模拟飞行和维修过程中的各项数据，如飞行姿态数据、电机转速数据、电路参数数据等。通过对这些数据的分析，帮助学生深入了解无人机的工作原理和故障产生的原因，为故障诊断和维修提供数据支持。			
13	无人机维修实训基地配套课程资源数量	至少提供但不限于以下实训用课程资源： 1. 无人机外观定损训练实验实习手册，至少包含：重点讲解无人机外观损伤的检查与评估方法，包括机身、机翼、螺旋桨等部件的损伤识别、定损标准及修复建议。通过实际操作，学生可以掌握外观定损的基本流程和技巧。 2. 无人机内部结构定损训练实验实习手册，至少包含：专注于无人机内部结构的损伤检查与评估，包括电机、电调、飞控、电池等核心部件的损伤识别、定损标准及修复方案。通过拆解和检查，学生可以掌握内部结构定损的专业技能。 3. 无人机飞行数据分析定损训练实验实习手册，至少包含：指导学生通过飞行数据分析无人机的潜在故障，包括飞行日志的提取、数据分析工具的使用、故障诊断及修复建议。通过实际操作，学生可以掌握飞行数据分析的基本方法 and 应用技巧。 4. 无人机机械部件拆卸与安装训练实验实习手册，至少包含：重点训练无人机机械部件的	9	本	

	拆卸与安装技能，包括电机、螺旋桨、起落架等部件的拆卸步骤、安装方法及注意事项。通过反复练习，学生可以掌握机械部件拆装的标准化流程。 5. 无人机机械部件调试训练实验实习手册，至少包含：专注于无人机机械部件的调试方法，包括电机转速调试、螺旋桨平衡调试、起落架稳定性调试等内容。通过实际操作，学生可以掌握机械部件调试的技巧和标准。 6. 无人机机械部件加工修复训练实验实习手册，至少包含：针对无人机机械部件的加工与修复进行训练，包括 3D 打印、CNC 加工、手工修复等技术。通过实际操作，学生可以掌握机械部件加工修复的基本技能和方法。 7. 无人机电气系统故障诊断训练实验实习手册，至少包含：重点讲解无人机电气系统的故障诊断方法，包括电源系统、飞控系统、通信系统等常见故障的排查与修复。通过实际操作，学生可以掌握电气系统故障诊断的专业技能。 8. 无人机电子元器件焊接与更换训练实验实习手册，至少包含：专注于无人机电子元器件的焊接与更换技能，包括焊接工具的使用、焊接技巧、元器件更换步骤等内容。通过实际操作，学生可以掌握电子元器件焊接与更换的标准化流程。 9. 无人机电气系统升级与调试训练实验实习手册，至少包含：针对无人机电气系统的升级与调试进行训练，包括飞控固件升级、传感器			
--	--	--	--	--

		校准、参数调试等内容。通过实际操作，学生可以掌握电气系统升级与调试的专业技能。 10. 需设计并提供 9 套实验实训项目对应的培训教材，教材要求与无人机维修实训基地的实训设备相匹配，设备可根据培训教材内容直接开展训练，教材包括纸质档和电子档，电子版教材提供永久使用授权。 ▲11. 提供以上材料相关的研发原创证明、电子版，能够进行培训指导。			
--	--	---	--	--	--

第二节 商务要求

一、交货期及交货地点

1. 交货地点：贵州装备制造职业学院内（具体按采购人指定地点）；
2. 交货期：30 天内完成供货，并经验收合格交付采购人。

二、验收标准、规范

1. 货物抵达采购人指定地点后的开箱清点及初步检验，依据成交供应商提供的开箱要求 and 环境要求，按照装箱清单进行。成交供应商应在收到采购人的验货通知后三日内到现场参加开箱清点及初步检验，开箱清点及初步检验时双方均应派员参加，并签署验收证书。
2. 交货时要求随货物提供完整的设备技术文档资料，包括产品合格证、技术说明书、安装手册、运行维护手册、实际应用情况说明以及各种技术图表等技术文档。
3. 货物须是未经使用过的全新产品，并完全符合本采购文件规定的质量、规格和性能要求。
4. 满足国家现行相关规范及标准，符合采购文件及合同要求。
5. 因验收产生的所有费用由中标人自行承担。

三、付款方式

1. 全部货物到货并经采购人完成数量与外观验收，中标人提供货物出厂检测报告、合格证书及初步验收方案，签署《货物到货确认单》后，采购人向中标人支付合同总价的 50% 的货款，中标人先向采购人须提供等额发票。
2. 中标人完成全部设备安装调试、系统联调，采购人对中标人提供的采购设备进行验收测试，中标人需提供必要的人员和技术支持。中标人向采购人移交完整技术资料（含无人机实训平台源代码、维修手册等），同时为采购人技术团队完成不少于 5 个工作日的操作培训及故障处理实训。最终测试验收合格后支付至合同金额的 100%，中标人须先向采购人提供等额发票。

特别约定：如受财政预算经费下达时间影响，采购人支付时间也顺延，并以预算经费下达为准，因此产生的延迟支付不视为采购人违约。

四、质保期

产品基础质保期 3 年，如产品参数中有特殊要求的以产品参数要求为准。按国家规定的标准执行，自项目验收合格交付采购人之日起计算。

注：

1. 投标产品属于国家规定“三包”范围的，其产品质量保证不得低于“三包”规定。
2. 中标人质量保证期承诺优于国家“三包”规定的，按中标人实际承诺执行。

3. 中标人提供产品质量保证期承诺优于项目整体质量保证期的，按中标人实际承诺执行。

4. 投标产品由制造商（指产品生产制造商，或其负责销售、售后服务机构，以下同）负责标准售后服务的，应当在投标文件中予以明确说明。

五、履约保证金

成交供应商需以支票、汇票、本票或者金融机构、担保机构出具的保函等非现金形式向采购人缴纳中标金额的 5%作为履约保证金；待项目验收合格无任何质量问题，成交供应商向采购人提交退款材料，采购人审核合格后报资金管理部门一次性无息全额退还履约保证金。

六、售后服务

1. 成交供应商应提供质保期内全天候响应服务，并提供快速及时的维修服务。必须按照采购合同或技术服务合同的有关约定，提供包括返厂维修（维修期间免费提供同型号、同数量备用产品）和现场服务等内容的维修维护服务和运行技术支持。

2. 在合同货物免费保修期届满后，成交供应商保证继续为采购人提供设备的维修服务，同时保证在合同货物使用期内以不高于本合同货物、相关配件及服务的价格，并且不差于任何第三方的优惠价格，提供备品、备件及维修服务。

七、培训要求

成交供应商需提供相关产品使用培训手册，并按采购人要求组织相关工作人员进行培训。产生的培训费用均由成交供应商自行承担。

八、投标有效期

30（天）日历天（从投标截止之日算起），在此期限内，所有投标文件均保持有效。

九、现场踏勘

本项目采购人不组织踏勘，投标人认为需要现场踏勘的，可自行联系采购人到项目所在地进行踏勘，充分了解情况及任何其他足以影响报价的情况。

十、其他要求

1. 投标人需确保参加本次投标所提供的纳税、社保、产品参数、检测报告（如有）、人员证书（如有）、企业相关资质（资格）证书（如有）等均合法、真实有效；若经采购人抽查、核查或其他单位（个人）举证并经核查确为提供虚假材料的，采购人将如实上报行政监督部门，因此给采购人造成的一切法律责任及经济损失均由投标人自行承担。

2. 投标人所提供产品的运输和包装需符合国家绿色、环保、节能相关要求。

3. 投标人需在投标文件中注明所投产品的品牌（制造商）、型号等相关信息（定制类产品除外）；否则视为不响应采购文件，做无效标处理。

4. 本项目如遇不可抗拒因素或政府政策调整等导致合同终止的，采购人及供应商双方无需承担违约责任。

5. 供应商须在领取《中标/成交通知书》前按采购文件规定一次性足额缴纳招标代理服务费，并按采购人或代理机构要求无偿提供相应份数，且与上传到交易中心系统投标文件一致的纸质投标文件。

6. 未尽事宜，双方合同中约定。