

附件：先进飞行器动力及飞行器控制实验平台技术参数及评分

1、本项目技术（服务）及商务需求：

飞行器操控实训平台

一、实验功能

- 1, 飞行器结构认知实验
- 2, 飞行器拆解与安装实验
- 3, 飞行器操控实验，包括室内飞行、室外飞行、定点起降
- 4, 飞行器设计实验，在给定模块的基础上实现无人机的设计、安装、调试与试飞
- 5, 飞行器航电系统认知实验，包括数据传输系统、GPS 定位系统
- 6, ADS-B 数据处理与分析试验
- ▲7, 飞行器控制算法开发试验

二、技术参数

设备主要配置：旋翼无人机、固定翼无人机、维修操作台、飞行遥控设备，机载 ADS-B 设备

（一）旋翼无人机：8 台

- 1、带螺旋桨保护罩；轴距 450mm-550mm；飞行时间 $\geq 20\text{min}$ ；
- 2、支持 SD 飞行数据记录；带通信及控制模块；传输距离 $\geq 1\text{km}$ ；
- 3、具有自动起降，航线规划等功能；
- ▲4、飞控开源，支持二次开发，支持基于 matlab 模型设计飞控开发；
- ▲5、支持 matlab 控制二次开发；支持 ROS 控制二次开发；

（二）固定翼无人机：3 架

- 1、翼展 $>1\text{m}$ ；
- 2、支持六通道遥控；带通信及控制模块；传输距离 $\geq 1\text{km}$ ；
- 3、具有自动起降，航线规划等功能；
- ▲4、飞控开源，支持二次开发，支持基于 matlab 模型设计飞控开发；
- ▲5、支持 matlab 控制二次开发；支持 ROS 控制二次开发；

（三）飞行遥控设备：10 台

- 1、十通道控制器；
- 2、具有抗干扰能力；遥控距离不小于 1km；多重报警功能；中文显示功能；
- 3、支持地面站仿真接入。

（四）无人机备件库：10 套

- 1、包含常用的旋翼机和固定翼机的常规配件；
- 2、螺旋桨；
- 3、起落架；

（五）无人机专用工具包：10 套

- 1、包含无人机拆解与安装的常规工具，能够包含拆装、维修无人机所用到的工具。

（六）Pixhawk 飞控板：10 个

- 1、内置罗盘、气压计、加速度计；
- 2、包含数传电台；包含 GPS；包含电流计；
- 3、支持二次开发；支持 microUSB 接口及扩展；支持冗余设计；
- 4、支持地面站调试。

（七）操控台：4 张

- 1、尺寸不小于 2m*4m*0.75m；
- 2、带防静电桌布。

2.2 UWB 室内定位系统

一、实验功能

1. 飞行器定点起飞、定点悬停、定点降落实验
2. 飞行器轨迹跟踪实验

3. 飞行器协同控制实验
4. UWB 三维信息处理实验
5. 协同避撞飞行实验

二、技术参数

- 1、设备配置 UWB 定位基站、机载 UWB 标签、地面系统控制站；
- 2、覆盖面积 ≥ 100 平米，定位误差 $\leq \pm 10\text{cm}$ ；
- 3、三维位置信息获取能力；
- 4、位置解算时间 $\leq 10\text{ms}$ ；
- 5、地面控制站基于 win7/win10 系统开发，具备位置信息实时显示能力；
- ▲6、同时定位无人机数量 ≥ 10 ；
- ▲7、具备位置数据接口，支持二次开发。
- ▲8、地面控制站要求：具有一站多机显示控制功能；具有自动起降，航线规划等功能；
- 9、地面控制站平台要求：CPU: intel i5 或以上；内存： $\geq 8\text{Gb}$ ；显示器： ≥ 14 英寸分辨率 1920 $\times$ 1080；硬盘： $\geq 128\text{G}$ 固态硬盘；操作系统：Windows 7/64 以上系统。

2.3 飞行器仿真实验平台

一，实验功能

- 1、固定翼与四旋翼无人机飞控开发系统教学实验；
- 2、固定翼与四旋翼无人机仿真系统教学实验
- 3、能够基于 matlab simulink 开展飞控系统原理教学和算法设计开发实践实验；
- 4、具备 ROS 环境下无人机飞行控制硬件在环仿真实验；
- 5、具备 ROS 环境下无人机动力学仿真实验；
- 6、具备 ROS 环境固定翼、四旋翼无人机开发仿真模型；
- 7、具备 ROS 环境固定翼、四旋翼无人机飞控开发功能；
- 8、具备 ROS 环境固定翼、四旋翼无人机飞控代码编译功能；
- 9、支持姿态飞行、外部控制模式、全自动三维航线飞行模式；
- 10、支持航线、定高、定点、悬停、返航等飞行模式；
- 11、无人机飞行控制学模型控制参数可在线调整；
- 12、具备基于 matlab simulink 的相关教学资源；
- ▲13、源代码开放，具备完善的二次开发功能；
- ▲14、能够超强兼容性，实现理论与实践即时互动测试；
- ▲15、能够一键精准仿真测试，降低试飞出错率；
- ▲16、能够精确调整参数，可以直观判断算法优劣；

二，技术参数

设备主要配置：四旋翼飞行仿真软件（ROS、MATLAB）、固定翼飞行仿真软件（ROS）、地面站系统、飞行器一体化仿真平台一套（含四旋翼无人机 3 架、仿真计算机 1 台、调试架）

（一）、四旋翼飞行仿真软件一套

- 1、四旋翼无人机飞控开发系统教学实验；
- 2、四旋翼无人机仿真系统教学实验
- 3、具备 ROS 环境下四旋翼无人机飞行控制硬件在环仿真实验；具备 ROS 环境下四旋翼无人机动力学仿真实验；具备 ROS 环境四旋翼无人机开发仿真模型；具备 ROS 环境四旋翼无人机飞控开发功能；
- ▲4，具备 ROS 环境四旋翼无人机飞控代码编译功能；
- 5、支持姿态飞行、外部控制模式、全自动三维航线飞行模式；支持航线、定高、定点、悬停、返航等飞行模式；
- ▲6、四旋翼无人机飞行控制学模型控制参数可在线调整；
- 7、四旋翼无人机飞行仿真计算平台：CUP: i7-9700 八核；硬盘：2TB 机械硬盘+256GB SSD；显卡：独立 2GB；内存：16GB DDR4；显示器：23.6 英寸 1920 $\times$ 1080；配件：鼠标、键盘、VGA 显示器线、电源线；系统：Linux Ubuntu 18.04

（二）、固定翼飞行仿真软件（ROS）一套

- 1、固定翼无人机飞控开发系统教学实验；

2、固定翼无人机仿真系统教学实验

3、具备 ROS 环境下固定翼无人机飞行控制硬件在环仿真实验；具备 ROS 环境下固定翼无人机电动力学仿真实验；具备 ROS 环境固定翼无人机开发仿真模型；具备 ROS 环境固定翼无人机飞控开发功能；

▲4、具备 ROS 环境固定翼无人机飞控代码编译功能；

5、支持姿态飞行、外部控制模式、全自动三维航线飞行模式；支持航线、定高、悬停、返航等飞行模式；

▲6、固定翼无人机飞行控制学模型控制参数可在线调整；

7、固定翼无人机飞行仿真计算平台：CUP: i7-9700 八核；硬盘：2TB 机械硬盘+256GB SSD；显卡：独立 2GB；内存：16GB DDR4；显示器：23.6 英寸 1920×1080；配件：鼠标、键盘、VGA 显示器线、电源线；系统：Linux Ubuntu 18.04

（三）、地面站系统 一套

▲1、具有一站多机显示控制功能；

▲2、具有自动起降，航线规划等功能；

3、地面站计算平台：CPU: intel i5 或以上；内存：≥8Gb；显示器：≥14 英寸分辨率 1920×1080；硬盘：≥128G 固态硬盘；操作系统：Windows 7/64 以上系统。

（四）、飞行器一体化仿真平台一套

1、无人机飞控开发系统教学实验；

2、无人机仿真系统教学实验

▲3、能够基于 matlab simulink 开展飞控系统原理教学和算法设计实践实验；能够基于 matlab simulink 进行主流的飞行控制算法 PID 控制开发实践；能够基于 matlab simulink 对固定翼无人机飞行控制算法原理进行实践实验；能够基于 matlab simulink 对固定翼无人机飞行控制计算机的组成和接口培训；能够基于 matlab simulink 对飞行控制开发板的基本开发方法、开发工具和开发过程进行实践实验；

▲4、可以基于 matlab simulink 开展无人机飞行原理教学和模型设计实践实验；能够基于 matlab simulink 快速进行无人机电动力学模型的设计与验证；能够基于 matlab simulink 快速进行无人机控制器的设计与验证；能够基于 matlab simulink 开展无人机控制模型设计实验；

▲5、具备完善的二次开发功能；

▲6、具备基于 matlab simulink 飞控算法设计、编译、调试能力；具有基于 matlab simulink 开展无人机控制软件在环仿真与硬件在环仿真能力；具备基于 matlab simulink 飞行实验测试与验证能力；具备基于 matlab simulink 自动代码生成与自动下载功能；

7、支持姿态飞行、外部控制模式、全自动三维航线飞行模式；支持航线、定高、定点、悬停、返航等飞行模式；

▲8、无人机飞行控制学模型控制参数可在线调整

▲9、具备基于 matlab simulink 的相关教学资源；源代码开放,支持二次开发，能够支持多旋翼与固定翼两种机型；

▲10、能够超强兼容性，实现理论与实践即时互动测试；能够一键精准仿真测试，降低试飞出错率；能够精确调整参数，可以直观判断算法优劣；

11、飞行器一体化仿真计算平台：CUP: i7-9700 八核；硬盘：2TB 机械硬盘+256GB SSD；显卡：独立 2GB, NVIDIA 并行计算显卡；内存：16GB DDR4；显示器：23.6 英寸 1920×1080；配件：鼠标、键盘、VGA 显示器线、电源线；系统：win10

12、半实物仿真飞控开发板：处理器 32-bit ARM Cortex M4, 180MHz；传感器 三轴加速度计、三轴陀螺仪、三轴磁传感器、气压计；GPS uBlox M8N；串口 5 个；CAN 1 个；I2C 1 个；PWM 输出 8 路；遥控器输入 S.Bus PPM；电压输入 3S-12S；工作环境温度 -10° C 至 40° C；手动飞行、自动增稳飞行、全自动程控三维航线飞行；航线、定高、定点、悬停、返航等飞行模式；全自动起飞/降落；可在飞行中实时修改航点设置，目标航点可飞行中实时修改；

▲13、半实物仿真飞控开发板具备多个可调的 PID 控制通道，分别是滚转角速度通道、俯仰角速度通道、方向角速度通道、滚转角通道、俯仰角通道、方向角通道、水平速度通道、垂直速度通道、水平位置通道、垂直位置通道等；

▲14、半实物仿真飞控开发板具备 PID 控制器参数可在线调整；飞控开源，支持二次开发；

支持基于 matlab 模型设计飞控开发；支持 matlab 控制二次开发；支持 ROS 控制二次开发；

15, 旋翼无人机: 3 架

16, 旋翼无人机带螺旋桨保护罩；动力系统: 无刷电机、电调、螺旋桨、动力电池*1 套；遥控设备: 7 通道支持 sbus、ppm；飞控: stm32f7 主控芯片, 集成三轴陀螺仪、三轴加速度计、三轴磁罗盘, 支持 SD 卡飞行记录, 开放源代码支持二次开发；飞行性能: 起飞重量不小于 1.6kg, 最大载重 0.4kg, 最大飞行速度 10m/s, 续航时间 $\geq 10\text{min}$ ；支持 SD 飞行数据记录；带通信及控制模块；传输距离 $\geq 1\text{km}$ ；

▲17、旋翼无人机具有自动起降, 航线规划等功能；飞控开源, 支持二次开发, 支持基于 matlab 模型设计飞控开发；机体: 四旋翼, 碳纤维材质, 轴距 350mm-450mm, 带螺旋桨保护罩, 含激光定高传感器、光流图像传感器、高精度 GPS 模块；支持 matlab 控制二次开发；支持 ROS 控制二次开发；

2.4 自动控制原理实验平台

一, 实验功能

1. 系统建模和稳定性分析
2. 根轨迹校正、PID 校正、频域法校正
3. 根轨迹复合法校正、PID 复合法校正、频域复合法校正
4. 状态反馈控制
5. 不同状态下状态反馈控制效果比较
6. 倒立摆自动起摆控制

二, 技术参数

▲1, 提供实验对象的模型, 提供 Matlab\VC\Python 三个不同版本的控制软件且开放源码；提供控制视频或者图片证明；

▲2, 提供经典控制、现代控制及智能控制多种控制算法, 提供模糊控制算法、滑模控制算法、自抗扰控制实物控制视频或者图片证明；

▲3, 控制软件采用网口通讯, 支持 Window XP\7\10 系统, 32 位和 64 位系统均适应, 提供控制视频证明；

4, 新型直线摆参数: 有效行程: 300mm；最大速度: 3 m/s；控制模式: 速度控制；控制电机类型: 直流伺服电机, 带 1000 线光电编码器；反馈方式: 1000 线光电编码器；传动方式: 皮带传动；铝合金箱体, 表面拉丝处理；外形尺寸: 不大于 L575*W350*H115 mm。

5, 多摆杆设计, 摆杆数量: (直径 12mm, 长度 150mm) *1, (直径 10mm, 长度 200mm) *1, (直径 10mm, 长度 250mm) *1, (直径 8mm, 长度 75mm) *1；电源: 24V/3A；

6, 智能控制器要求: 控制轴: 2 轴；控制模式: 总线、位置及速度控制模式；同个控制箱可支持控制直线摆、环形摆及板球系统等多种不同复杂实验对象；编码器支持: 4 路正交编码器, 最高 2M bps；控制电机类型: 24V 直流伺服电机, 最大功率 200W；总线通讯支持: CAN2.0；通讯接口: 网口；IO: 8 路输入, 8 路输出；模拟量输入 2 路, 精度 12bit, -10~10V；电源: ~220V/2A；材质: 铝合金壳, 表面拉丝；外形尺寸: 不大于 L310*W105*H220 mm；

2.5 转子动平衡教学实验台

一、实验功能:

1. 动平衡测试(三点试重法进行单面转子动平衡)；
2. 转子过临界转速时, 机壳振动与轴的振幅及相位的变化测试；
3. 转子结构形式对临界转速的影响测试；
4. 转子的临界转速测量；
5. 柔性转子的振型；
6. 滑动轴承油膜涡动和油膜震荡；
7. 非接触测量轴的径向振动和轴向位移 (李莎育图)；
8. 伯德图显示；
9. 转子三维瀑布图分析；

10. 转子三维色阶图分析。

二、技术参数：

1. 设备主要配置：主要包括多功能转子实验台、转子台教学采集仪、涡流传感器适配器、转速控制仪、电涡流位移传感器、ICP 加速度传感器、振动速度传感器、光敏测速传感器、转子教学软件和计算机。
2. 多功能转子实验台：配置（1）直流电机 0 至 10000 转/分；（2）底座；（3）2 个含油轴承支座；（4）转动轴共有两节组成，中间由橡皮轴套连接；（5）带有滑动轴承的支座 1 个；（6）安装位移传感器的支座 2 个；（7）安装加速度和速度传感器的强力磁座 2 个；（8）配重圆盘(配重孔 24 等分,角度 15 度)2 个；（9）接油盒 1 个（使用 32 号机油）；（10）螺钉若干、油壶 1 个、反光纸；（11）外型尺寸：L900~1000×W150~250×H200~300（mm）
3. 转子台教学采集仪：配置 3 路涡流位移传感器信号采集、1 路速度传感器信号采集、1 路加速度传感器放大器和采集、1 路光敏测速传感器采集；采样频率 200kS/s；输入量程 10V；采集分辨率 16 位；USB 接口；供电 220V/50Hz；外型尺寸：L350~400×W250~300×H150~200mm。
4. 涡流传感器适配器，配置 3 路涡流位移传感器信号输入；3 路电压信号输出；3 路高通电压信号输出；3 路涡流传感器间隙电压显示（3 位半数字表）；供电 220V/50Hz；外型尺寸：L350~400×W250~300×H150~200mm。
5. 转速控制仪：配置转速显示（5 位数字表）；“暂停/运行”按钮；调速旋钮（0-12000rpm，10 圈）；供电 220V/50Hz；外型尺寸：L350~400×W250~300×H150~200mm。
6. 电涡流位移传感器：Φ5 探头前置器；测量范围 1.5mm；供电-24 伏。
7. ICP 加速度传感器：灵敏度：100mV/g；频响 0.5Hz 10KHz；质量不大于 25g。
- ▲8. 振动速度传感器：自然频率 10Hz；开路电阻 1.5K；阻尼 0.4；失真度<0.6%；垂直和水平测量，重量~170g，尺寸Φ33×60mm。
9. 光敏测速传感器：测量距离 10~30mm；测量转速 15000 转/分；供电 DC5V~15V；
- ▲10. 转子教学软件：包含李莎育图、伯德图、频谱图、转子三维瀑布图分析、转子三维色阶图分析。
11. 计算机（不低于）：21.5 英寸液晶显示屏，i5-9400 处理器，8G 内存，1T 硬盘，集显。

2.6 叶轮机械可拆装实验台

一、实验功能

1. 可开展真实叶轮机械的拆装实验，增强学生对压气机内部结构以及工作原理的理解和认知；
2. 可开展压气机压升-流量、效率-流量以及转速-推力特性的可视化实时测量；
3. 可开展压气机内部压力场的动态测试演示实验，学生通过处理实验数据增进对叶轮机内部流动的认识；
4. 可开展压气机近失速实验，增进学生对于叶轮机械不稳定流动（失速和喘振）的认知；
5. 验证叶轮机械轮缘功公式。

二、技术参数

1. 设备主要配置：入口流量管、总压梳、压力和温度传感器、数据采集系统、实时测试监控系统、实验软件；
2. 测控电气箱：7 路温度信号采集、16 路电压/电流信号采集、4 路脉冲信号采集、5VDC/80W 输出、12VDC/240W 输出、24VDC/240W 输出、2 路 PWM 控制信号输出；
3. 输入电源：三相 AC380V±10% 50Hz,功率 15kW；
4. 压力传感器：压力范围（-100kPa~100MPa）、工作温度范围（-30~80℃）、流体温度范围（-

30~120℃)、综合精度 (0.10%FS);

5. 温度传感器: 量程-50~200 °C、精度 A 级;

6. K 型热电偶传感器: 量程 0~1000 °C、精度±2.5 °C;

7. 温湿度传感器: 温度量程-40~100 °C、温度精度±0.5 °C、湿度量程 0~100%RH、湿度精度±3%RH;

▲8. 大气压力传感器: 量程 0~110kPa、精度±0.25%FS;

▲9. 扭矩传感器: 量程 0~100NM、精度±0.25%FS;

10. 直流电源: 输出电压 0~60VDC、输出电流 0-60A、纹波系数<0.3%、负载效应<0.2%;

▲11. 转速传感器: 响应时间 200 μs、测量频率 5kHz、转速: 0~10000RPM;

▲12. 实验台测控软件: 数据显示、数据保存、数据报警、数据分析;

13. 计算机显示器 (不低于): 规格: 23.8 寸、分辨率 1920*1080、宽高比 16:9、对比度 1000:1。

2.7 发动机测控系统

一、实验功能

1. 发动机传感器参数的动态采集、存储与显示操作;
2. 发动机操作试验, 包括启停、加减速;
3. 发动机振动试验, 分析发动机工作状态与振动状态的关联性;
4. 信号处理试验, 在采集数据的基础上进行二次开发和分析;
5. 实验环境远程监视与安全监控。

二、技术参数

1. 设备主要配置: 工控计算机及显示器、信号采集器、信号分析模块、通信控制卡、发动机测控软件、监控摄像头和录像头、操作台及机柜;
2. 测量参数: 转速 2 路、温度 8 路、压力 8 路、流量 2 路、振动 8 路;
- ▲3. 支持二次开发, 具备数据开放接口;
- ▲4. 测控软件: 基于 win7/win10 等操作系统的试验控制分析软件, 具备启停、加减速控制功能;
- ▲5. 具备基本的数据显示界面, 对转速、温度、压力等参数进行实时显示;
- ▲6. 具备实时控制功能, 并且控制参数能够进行可视化调整;
- ▲7. 4 路摄像机, 4 路录像机, 像素不低于 800 万, 支持网络接入, 带宽不低于 40Mbps, 分辨率 4K。

2.8 小型涡喷发动机可拆装实验台

一、实验功能

1. 可开展涡喷发动机的整机部件拆装实验, 增进学生对于涡喷发动机内部结构的了解;
2. 可实现真实压气机、燃烧室、涡轮以及喷管的实物展示, 增强学生对涡喷发动机工作原理的理解和认知;
3. 可开展涡喷发动机点火、运行、停车等过程演示实验;
4. 可开展涡喷发动机不同转速条件下的工作特性可视化实时测量;
5. 验证涡喷发动机热力循环工作原理。

二、技术参数

1. 设备主要配置: 流量传感器、压力和温度传感器、数据采集系统、实时测试监控系统、实验软件;
- ▲2. 空气流量不大于 2kg/s, 最大推力 100kgf;

3. 测控电气箱：7 路温度信号采集、16 路电压/电流信号采集、4 路脉冲信号采集、5VDC/80W 输出、12VDC/240W 输出、24VDC/240W 输出、2 路 PWM 控制信号输出；
- ▲4. 流量传感器：量程 0~120L/h、精度 0.5%；
5. 低压压力传感器：量程 0~200kPa、精度 0.1%FS；高压压力传感器： 量程 0~10bar、精度 0.1%FS；
6. WZP-100 温度传感器：量程-50~200 ℃、A 级；
7. K 型热电偶传感器：量程 0~1000 ℃、精度±2.5 ℃；
- ▲8. 推拉力传感器：量程 0~100kgf、精度±0.02%FS；
- ▲9. 实验台测控软件：数据显示、数据保存、数据报警、数据分析；
- ▲10. 转速传感器：响应时间 200μs、测量频率 5kHz、转速量程：0~20000RPM；
11. 监控操作台：双联监控操作台、规格：L×W×H = 100~150cm×50~80cm×100~120cm、台面宽度 35cm；
12. 计算机显示器(不低于)：规格：23.8 寸、分辨率 1920×1080、宽高比 16:9、对比度 1000:1。

评分标准：

序号	评分因素及权重	分 值	评分标准	说 明
一	报价 40%	100 分	以本次有效的最低投标报价为基准价，投标报价得分=(基准价 / 投标报价)*100 分	详见投标人须知表第 9 条
二	技术配置 40%	100 分	1、根据投标人的投标文件完全符合招标文件技术参数要求没有负偏离的得 100 分； 2、技术参数要求中非▲号项共计 118 项，每有一项不满足扣 0.25 分，共计 29.5 分； 3、技术参数要求中带▲项共计 47 项，每有一项不满足扣 1.5 分，共计 70.5 分。	
三	信誉 5%	100 分	投标人或投标产品，产品质量、企业管理和技术能力的有效证明文件（国家行业管理机构的有效证书或文件，需提供复印件）为准，每有一个证书得 20 分（已经作为资格条件的认证不再评分），最多得 100 分。（注：以上均需提供证书复印件并加盖投标人公章，证书必须在有效期内，不提供不得分）。	
1	节能、环保产品	50 分	投标产品认定为节能产品的得 20 分；认定为环保产品的得 20 分；同时认定既是环保又是节能产品的得 10 分。（强制节能产品除外）	详见投标人须知表第 11 条

2	获得荣誉	50 分	提供相关证明材料，一项 10 分，最多 50 分	以国家行业管理机构有效证书或文件为准（提供复印件）
四	售后服务方案 7%	100 分	根据招标文件的要求细化量化	
五	履约能力 5%	100 分	注：1、履约能力是指能够按照政府采购合同约定履约的能力，主要包括生产能力、交货能力、服务能力等。具体评分标准由招标采购单位根据采购项目具体情况确定和细化，但不得以供应商规模条件对中小企业供应商实行差别待遇和歧视待遇。 2、纳入本招标文件第四章、第五章规定的事项，不得作为履约能力评分事项。 3、投标人履约能力的认定应当根据投标人自己提供的真实、客观的证明材料作为依据进行评判，不能仅凭投标人的主观陈述评判。	
六	业绩 1%	100 分	不得设置金额、特定行政区域、特定行业、相关规模等限制。	

七	其他商务 1%	100 分	根据招标文件的要求细化量化。	
八	投标文件 规范性、 完整性 1%	100 分	投标文件制作规范，没有细微偏差情形的得满分，有一项细微偏差扣 10 分，直到该项分值扣完为止。	