

无人机实时飞行仿真系统硬件指标要求

1、系统组成说明

用于飞行器智能自主飞行研究的仿真系统由 3 个分系统组成，分别是飞行仿真分系统、实时视景分系统、机载硬件与地面站硬件分系统。每个分系统均由硬件和软件构成，其中系统硬件由乙方全部成套提供，软件的驱动部分由乙方提供给甲方，未来甲方在该硬件上进行仿真软件开发以及地面站、飞控软件的二次开发。

(1) 飞行仿真分系统

该分系统包含两台计算机。1 台计算机为飞行仿真核心主机，其上运行 1 套实时飞行仿真环境软件（乙方提供驱动接口，甲方未来开发）。另 1 台为测控接口计算机，其上运行 1 套链路故障模拟软件（乙方提供驱动软件及程序接口）。

(2) 实时视景分系统

该分系统包含 1 台视景渲染主机，机上运行 1 套实时视景渲染软件（乙方仅按照要求提供硬件和一个软件 DEMO，甲方开发软件）。

(3) 机载硬件与地面站硬件分系统

该分系统包含 1 套无人机机载硬件系统以及 1 套无人机地面方舱内部的操纵台。依次分别运行了 1 套飞行控制程序（乙方提供全部底层驱动软件并对甲方开源），1 套地面操作软件（乙方提供全部底层驱动软件、地面站软件，两个软件均需要对甲方开源，软件采用 C#编写）。

2、功能需求

该系统应可用于具有多升力面与操纵面复合类飞行器的实时飞行仿真。

(1) 飞行仿真分系统

本分系统能够与实时视景分系统、机载硬件与地面站硬件分系统等设备交联，完成半物理实时仿真。乙方需提供该分系统与机载飞控计算机的交联工作，相关软件和源代码均需提供给甲方。

(2) 实时视景分系统

- i. 乙方提供给甲方一个 $3\text{km} \times 3\text{km}$ 的沙盘 DEMO，并对此 DEMO 开源。该 DEMO 要求见性能需求部分。
- ii. 本分系统后续的软件由甲方开发。

(3) 机载硬件与地面站硬件分系统

- i. 机载飞行控制程序能实现直升机、固定翼、复合翼等构型飞行器的飞行控制。
- ii. 自主飞行实时航迹规划程序能根据飞行器构型，周边环境数据等实时计算最优目标航迹。
- iii. 操纵台应包含 3 个席位，能够实现飞行控制、任务载荷控制、指挥通讯等功能。

- iv. 用于飞行控制的席位应搭载有地面站软件，应能实现遥测数据，航迹，设备状态等信息的综合显示，航迹规划，任务配置，数据存储与回放等多种功能。
- v. 乙方提供的机载飞控系统硬件及地面站硬件和与之匹配的软件均已应用于起飞重量大于 100kg 的直升机上实现飞行并已在运投、察打领域中得到到相关应用（可使用视频、应用证明、第三方测试报告等佐证），从而保证提供给甲方软件成熟性。飞控系统的底层软件需要向甲方开源，地面站软件全部向甲方开源便于甲方未来做二次开发。

3、性能要求

整个系统在进行半物理仿真时，各个分系统内部、分系统之间的通讯、计算等任务应基于飞控的控制频率，能够不影响仿真置信度的情况下实时完成，频率最高可达 100Hz。

(1) 飞行仿真分系统

表 1 飞行仿真核心计算机性能指标

部件	性能指标
CPU	性能不弱于 i9-10900KF
内存	DDR4，容量不低于 32Gb
硬盘	容量不低于 2Tb
操作系统	Win10 操作系统 64 位

表 2 测控接口计算机性能指标

部件	性能指标
CPU	性能不弱于 i7-9700K
内存	DDR4，容量不低于 16Gb
硬盘	容量不低于 500Gb
操作系统	Win10 操作系统 64 位

(2) 实时视景分系统

表 3 视景渲染计算机性能指标

部件	性能指标
CPU	性能不弱于 i9-9900K
内存	DDR4，容量不低于 64Gb
硬盘	容量不低于 8Tb
显卡	性能不低于 GeForce RTX 3070

操作系统	Win10 操作系统 64 位
------	-----------------

- i. 实时视景渲染软件在视景渲染计算机上运行时，画面分辨率不低于 1080P、帧率不低于 100FPS、画面相对于计算结果的时延不超过 30ms。
- ii. 实时视景渲染软件的建立的沙盘模型应满足高程信息空间分辨率不超过 30 米，高程精度不超过 5 米。地面影像信息空间分辨率不低于 1 米。

(3) 机载硬件与地面站硬件分系统

- i. 无人机机载飞控硬件系统
该飞控系统需使用 TI 公司的 C2000 系列 IMU 作为飞控计算机芯片，同时其需要集成 IMU，IMU 应满足如下性能要求：

表 4 无人机机载硬件系统内部 IMU 指标

传感器	传感器参数	MEMS IMU	单位
陀螺仪	量程	±300	°/s
	灵敏度系数	0.05	(°/s)/LSB
	灵敏度温度系数	±40	ppm/°C
	运动中偏置稳定度	25	°/h
	角度随机游动	2	°/h ^{1/2}
	-3 dB 带宽	330	Hz
加速度计	量程	±5	g
	灵敏度系数	0.833	mg/LSB
	灵敏度温度系数	±40	ppm/°C
	运动中偏置稳定度	0.25	mg
	-3 dB 带宽	330	Hz
磁力计	量程	±1.9	gauss
	灵敏度系数	142.9	μgauss/LSB
	灵敏度温度系数	800	ppm/°C
	-3 dB 带宽	25	Hz
气压计	量程	300~1100	mbar
	灵敏度系数	0.02	mbar/LSB
温度计	灵敏度系数	0.07386	°C /LSB

- ii. 地面站系统硬件
地面站硬件为无人机方舱控制台，其需配备有 6 个 21.5 寸

液晶显示屏及 4 个 12 寸触摸电容屏，能清晰直观地实现无人机的控制或仿真运行（显示屏(①~⑥)尺寸：长 505mm×宽 300mm；触摸屏(⑦~⑩)尺寸：长 317mm×宽 255mm）。同时配备有两个操作台，能同时进行双系统的操作。该控制台的参考尺寸如下图所示（此尺寸仅作为参考尺寸，乙方可以进行相应调整）。同时该地面站座席需要配置摇杆，选型要求为：图马思特（THRUSTMASTER）A10C 疣猪双手摇杆，分别安装在每个座席键盘的两侧。

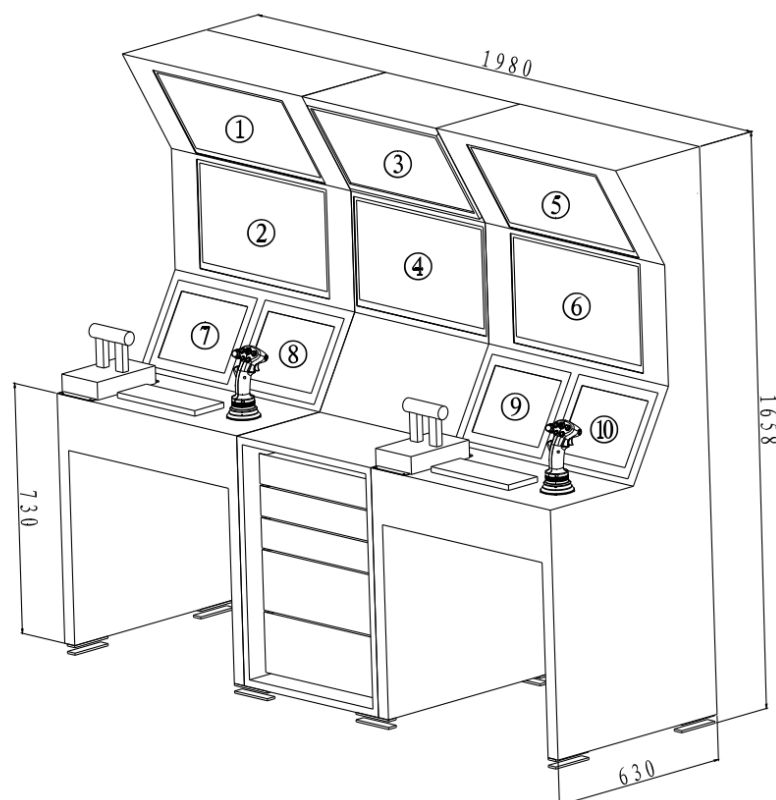


图 1 地面站操纵席位布局要求与参考尺寸

4、接口要求

(1) 飞行仿真分系统

- i. 飞行仿真核心计算机应能够通过网口、RS-422（不低于 8 路）、RS-232（不低于 2 路）等接口与其他设备交联。
- ii. 测控接口计算机应通过网口与飞行仿真核心计算机交联，通过串口与地面站硬件系统交联。
- iii. 实时飞行仿真环境软件能够以 TCP 协议、UDP 协议、串口等多种形式与外界交互数据报。

(2) 实时视景分系统

- i. 视景渲染主机应具有网口与外界通讯，应具有 HDMI，DP 等视频输出接口。
- ii. 实时视景渲染系统应通过 UDP 协议与飞行仿真核心主机交互。

(3) 机载硬件与地面站硬件分系统

- i. 无人机机载硬件系统对外应能够通过网口或串口与其他设备交联。自身传感器无对应接口是可使用额外的软硬件进行转接。
- ii. 地面操纵台应使用串口与其他设备交联。

5、其他要求

实时飞行仿真环境软件主体应以 C#语言开发，核心计算部分可以用 C/C++开发。链路故障模拟软件与地面操作软件应以 C#语言开发。视景实时生成系统应基于 Unity 引擎进行开发。飞行控制程序与自主飞行实时航迹规划程序应以 C 语言开发。开发过程中应避免使用闭源链接库，GPL 协议的开源代码等可能妨碍甲方二次开发与商业应用的软件或代码。

所有软件或程序均需要向甲方提供该软件或程序的全部资料，包含源代码、软件设计文档、使用文档等。

6、服务要求

合同签订 7 个工作日，乙方将系统发货至甲方指定地点。在货到后 2 个工作日内乙方完成上门安装调试并与甲方人员完成技术与资料对接。

乙方需提供 1 年的免费软件升级服务并提供为期 1 年的免费上门技术支持（最多 6 次每次 5 个工作日）。1 年后在质保期内，乙方可按照成本向甲方加收升级与服务费用。