1. 技术要求（甲方参数要求）

★技术参数

* 1. 硬件部分

| **序号** | **名称** | **主要技术参数** | **数量** | **单位** | **备注** |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | 55寸0.88MM拼接屏 | W355，规格：≥55寸，≤0.88mm屏缝，支持多种拼接方式；  单屏分辨率：≥1920×1080；广视角：178°(水平)/178°(垂直)；  响应时间：≤8ms；  对比度：≥1200:1；亮度：≥500cd/㎡；  电源要求：AC100-240V～，50/60Hz；  信号接口：VGA×1，HDMI×1，USB×1；  液晶产品显示单元漏光度≤0.002cd/m**2**；  LCD 背光源液晶显示屏，背光采用点阵式LCD灯排列技术，且有校正功能,具有逐点亮度及色度校正功能。 | 9 | 台 | 国内知名品牌 |
| 2 | 拼接  处理器 | 输入线路≥16路；  支持功能化模块化板卡、插卡式的硬件设计，可扩展、可混插，可实现无限扩展的FPGA+架构；  分组管理：≥4组显示墙，支持多组不同分辨率及拼接模式的显示布局，各屏信号可共享；  支持设备与显示软件调控，分屏显示，矩阵转换功能；  支持并兼容配套多种型号拼接屏，符合CCC认证标准。 | 1 | 台 | 国内知名品牌 |
| 3 | 液晶拼接支架 | 壁挂支架含免费安装及辅材 | 9 | 单元 |  |
| 4 | 拼接屏安装辅助件 | 综合布线：HDMI信号输出线缆、电源线、网线、控制线、挂  钩；  接地：≥6平方线；  电源插座：≥预留3孔；  安装方式：采用屏幕位置对角线中心。 | 1 | 套 | 国内知名品牌 |
| 5 | 电脑  显示器 | 尺寸≥23寸；  分辨率≥1920\*1080；  支持≥HDMI接口×1、≥DP接口×1、≥音频/耳机输出3.5mm×1；  亮度≥250cd/m**2**。 | 1 | 个 | 国内知名品牌 |
| 6 | 鼠标 | 光电有线鼠标、3按键、黑色。 | 1 | 个 | 国内知名品牌 |
| 7 | 有线  机械键盘 | 有线供电方式；ABS键帽材质；无驱动软件。 | 1 | 个 | 国内知名品牌 |
| 8 | 图形  工作站 | 处理器：飞腾FT-2000+/64核，2.2GHZ；  操作系统：银河麒麟V10；  固件：昆仑固件V4.24；  内存：DDR4,≥64G；支持可扩展；  硬盘：机械硬盘，容量4T，支持可扩展；  固态盘：容量512GB；  扩展接口：提供PCI-E\HDMI等常见接口。 | 1 | 套 |  |
| 9 | 液体智能涡轮流量计（DN15） | 1.15口径；  2.输出信号接PLC+显示；  3.材质: 304不锈钢；  4.信号类型:4-20ma模拟量；  5.连接方式: 螺纹连接；  6.测量范围：0.6-6立方米每小时；  7.常规耐压：≥1.6mpa。 | 3 | 个 | 国内知名品牌 |
| 10 | 流量计测控集成板卡 | 1.硬件规格尺寸与DN15能够配套使用；  2.可采集与实物设备相关油路技术性能参数；  3.与三维模型可视化匹配功能；  4.便于数据采集终端的传感、探针安装使用；  5.支持RS485和以太网传输协议，其精度等级、量程比符合行业标准要求。 | 1 | 套 | 功能定制 |
| 11 | 继电器（26路以太网控制继电器输出） | 1.尺寸：179\*100\*48mm；  2.输出通道：26路光电隔离继电器输出（每通道独立）；  3.外部供电电源：DC24V；  4.工作温度：-20℃-70℃；  5.继电器功率：AC250V,≥5A,DC30V/5A；  6.安装方式：标准DIN导轨安装；  7.以太网口：支持TCP/UDP网络协议；  8.WIFI：支持TCP/UDP/HTTP网络协议线；  9.支持AP模式和STA模式。 | 40 | 个 | 国内知名品牌 |
| 12 | 继电器控制板卡 | 1.硬件规格尺寸与继电控制器件大小相匹配；  2.可采集与实物设备相关电路技术性能参数；  3.与三维模型可视化和状态显控功能匹配；  4.便于数据采集终端的传感器、软件探针安装使用；  5.支持RS485和以太网传输协议。 | 2 | 套 | 功能定制 |
| 13 | 伺服电机及控制（1000W） | 1.电源设备容量：≥1.8KVA；  2.额定输出：≥1000W；  3.额定转矩：≥4.77N.m；  4.堵转转矩：≥5.25N.m；  5.瞬间最大转矩：≥14.3N.m；  6.额定电流：≥5.2A；  7.瞬间最大电流：22A；  8.稳定转速：2000R/min；  9.最高转速：3000R/min；  10.转子惯量：有制动器：6.18/无制动器7.40；  11.包含驱动器；  12.输入电压：110V-220V。 | 2 | 个 | 国内知名品牌 |
| 14 | 电机控制板卡 | 1.硬件规格尺寸与伺服电机及控制大小相匹配；  2.可采集与实物设备相关电机相关技术性能参数；  3.与三维模型可视化和状态显控功能匹配；  4.便于数据采集终端的传感器、软件探针安装使用；  5.支持RS485或以太网传输协议。 | 1 | 套 | 功能定制 |
| 15 | 电磁阀及控制（DN10） | 1.适用介质：蒸汽、水、油、弱酸碱性液体等；  2.介质温度：-50℃-180℃；  3.阀体材质：不锈钢；  4.密封件材质：氟橡胶（Viton）；  5.线圈保护等级：塑封线圈IP65，铁壳线圈IP54；  6.接口螺纹：3/8¨,1/2¨；  7.流量通径：10mm；  8.Cv值：1.5；  9.最小工作压力：≤0.1；  10.最高流体温度：≤155℃；  11.线圈绝缘等级：B；  12.尺寸：68\*34\*120mm。 | 30 | 个 | 国内知名品牌 |
| 16 | 电磁阀控制板卡 | 1.硬件规格尺寸与电磁阀及控制大小相匹配；  2.可采集与实物设备相关电机相关技术性能参数；  3.与三维模型可视化和状态显控功能匹配；  4.便于数据采集终端的传感器、软件探针安装使用；  5.支持RS485或以太网传输协议。 | 1 | 套 | 功能定制 |
| 17 | 电源 （24V 14.6A） | 1.电流范围：0～14.6A；  2.额定功率：≤350.4W；  3.纹波与噪声：≤150mVp-p；  4.电压范围：90-132VAC/180-264VAC,开关开启240-370VDC；  5.频率范围：47-63Hz；  6.效率：≥88%；  7.交流电流：6.8A/115VAC,60A/230VAC；  8.过负载：额定输出功率的110%-140%；  9.工作环境:-25-70℃，20-90%RH；  10.尺寸：215\*115\*30mm；  11.电压:DC5V、12V、24V、30V。 | 2 | 个 | 国内知名品牌 |
| 18 | 测控计算机 | 处理器：飞腾FT-2000+/64核，2.2GHZ；  操作系统：银河麒麟V10；  固件：昆仑固件V4.24；  内存：DDR4，≥32G,支持可扩展；  硬盘：机械硬盘,容量4T，支持可扩展固态盘：容量512GB；  扩展接口：提供PCI-E\HDMI等常见接口；  扩展显卡接口：支持3090，4090等。 | 1 | 个 |  |
| 19 | 电压采集模块（8通道以太网采集模块） | 1.工作电压：DC15-DC30V,模块内含电源反接保护；  2.以太网接口形式：插拔段子式，RJ45接口安全防护：与其他回路隔离电压≥2500V,可承受≥500W、1000us雷击传输距离：＜100m，可用集线器扩展通讯速率：10/100mbps自适应；  3.模拟通道  输入量程：-5V～+5V,-10V～+10V,0V～+10V,0V～+5V,0～20mA,4～20mA量程差分输入，每通道可单独配置量程分辨率：≥16bit采样率：≥8通道1KHz：Modbus TCP通讯频率≤125Hz；  4.适用范围：基于以太网标准电压、电流测量系统；  5.尺寸：102.5\*52.5\*26mm；  6.重量：≤0.25Kg；  7.使用环境：-40℃-85℃，0-95%（不结露）；  8.安装方式： 35mmU形导轨安装。 | 1 | 个 | 国内知名品牌 |
| 20 | 电压信号采集板卡 | 1.硬件规格尺寸与电压采集模块大小相匹配；  2.可采集与实物设备相关电压采集相关技术性能参数；  3.与三维模型可视化和状态显控功能匹配；  4.便于数据采集终端的传感器、软件探针安装使用；  5.支持RS485或以太网传输协议。 | 1 | 套 | 功能定制 |
| 21 | 设备机柜 | 1.尺寸大小：42U；  2.UPS稳压功能；  3.支持PDU供电；  4.标准服务器；  5.防噪声措施。 | 1 | 台 |  |
| 22 | 交换机 | CPU：融智RZ324、融智RZ2326、融智RZ2493；  网络交换芯片：RZT6903、RZT6092；  支持接口类型：GE（电）、GE（光）、10GE（光）、100GE（光）；  MAC表容量：131072条；  IPV4转发表容量：192000条；  IPV6转发表容量：80000条；  交换容量：11.2Tbps;24口千兆口；  支持256及以上字节线速转发；  IPV4包转发率（64Bytes）：2917.73Mpps；  IPV4包转发率（256Bytes）：894.92Mpps；  IPV6包转发率（78Bytes）：2383.95Mpps；  IPV6包转发率（256Bytes）：894.92Mpps。 | 2 | 个 |  |
| 23 | 室内UPS电源（含电源柜） | 1.输入电压：120-275V；  2.外置电池；  3.LED显示；  4.功率：≥5KW；  5.满载供电时间：≥1h。 | 1 | 套 | 国内知名品牌 |
| 24 | 光收发器 | 1.千兆光口，RJ45口，SC接口；  2.传输距离：≤20Km；  3.供电DC5V。 | 4 | 个 | 国内知名品牌 |
| 25 | 摄录像  系统 | 1．自动追踪功能摄像头6个；  2．≥300万像素，可实时分屏投送到拼接屏显示；  3.设备内部零件均为国产自主产品。 | 1 | 套 |  |
| 26 | 多媒体讲台桌 | 1.主机架1个、桌面台式麦克1个，教具1套（含红光笔）、椅子1把；  2.按实际要求设计制作，符合室内设计风格，科技感强。 | 1 | 套 |  |
| 27 | 培训组合学习桌椅 | 1.六边形或八边形或异形，颜色、款式符合室内装修风格，规格、大小根据专修教室长宽定制；  2.材质，主框架采用冷钢扎板≥2mm，外观材质备克力板，厚度≥18mm；  3.符合人体工学设计；  4.电源信号采用隐藏设计；  5.采用优质金属配件。 | 6 | 套 |  |

* 1. 软件部分

| **序号** | **名称** | **内容** | **主要功能及指标** | **备注** |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | 三维  建模 | 实车平台 | 1.支持三维模型进行贴图渲染及轻量化处理；  2.支持三维模型的设备部件三维建模，制作贴图，渲染保证效果指标：零部件级建模，依照实物建设；  3.模型节点数控制≤10万；  4.总体面片数≤3000万；  5.三维模型使用PBR材质，具备光照、探针、点光源、平行光源等多种光照参数设置；  6.数据库采用C/S架构；  7.备份数据；  8.安全掉电,数据自动备份；  9.轻量化，具备轻量化模型；  10.相关数据功能、用途、故障预警等关联；  11.建模工具采用3D等常用建模软件，支持模型格式转换导入引擎开发，无需中间件，并对模型进行优化，加载无卡顿。 |  |
| 发动机机体 |
| 曲轴连杆机构 |
| 配气机构 |
| 传动机构 |
| 燃油供给系 |
| 润滑系 |
| 冷却系 |
| 进排气系 |
| 油门操纵装置 |
| 离合器 |
| 离合器操纵装置 |
| 悬架及轮边减速器 |
| 转向操纵机构 |
| 动力转向系统 |
| 转向传动机构 |
| 制动器 |
| 供能装置 |
| 制动控制、传动系 |
| 制动管路及部分  附属用气 |
| 总开关电路 |
| 起动电路 |
| 充电电路 |
| 仪表电路 |
| 照明电路 |
| 座椅 |
| 2 | 虚拟  仿真 | 实车平台工作数字孪生  同步状态 | 1.仿真动画符合动画规律要求，可直观表现展现内容，明确表达出知识点内容;  2.仿真真实性要强，符合虚拟仿真实验的动作要求，动画色彩明确。动画画面不能出现错位，组件缺损，跳帧，少帧，该动的组件不动，不该动的组件出现位移、缺少等明显漏洞;  3.仿真动画动作贴近实际，拆装动作要符合真实，不能出现模型穿透、干涉、叠加等现象;  4.须国产自主平台进行开发，具备数字孪生虚实同步;  5.虚实同步响应时间≤1秒。 |  |
| 发动机机械件、油路、气路、电路工作 |
| 离合器工作 |
| 离合器操纵装置工作 |
| 转向动力传递 |
| 转向液压油路 |
| 制动器工作 |
| 制动气路工作（供气、行车、驻车） |
| 总开关电路工作（蓄电池、直流接触器） |
| 起动电路工作（起动机） |
| 发电电路（发电机、电压调节器） |
| 仪表电路 |
| 照明电路（大灯、雾灯、小灯、尾灯、转向灯） |
| 3 | 交互  系统 | 发动机不能起动故障 | 1.系统全中文的操作界面，包括系统菜单、用户手册等；  2.故障维修点预设≥60个，单个部件预设故障点≥2个；  3.按照故障排除步骤操作，交互性强。分教学、训练、考核三种教学模式；  4.具有考核记录操作过程功能；  5.支持回放查看和操作点评。 |  |
| 发动机自行熄火故障 |
| 柴油油路堵塞故障 |
| 发动机排蓝烟故障 |
| 动力室内冒黑烟故障 |
| 离合器打滑故障 |
| 离合器分离不彻底故障 |
| 离合器液压油路  进空气故障 |
| 转向沉重故障 |
| 行驶跑偏故障 |
| 转向不灵敏故障 |
| 制动效能不良故障 |
| 驻车制动效能不良故障 |
| 驻车制动不能解除故障 |
| 气压打不上来故障 |
| 总开关电路故障 |
| 起动电路故障 |
| 充电电路故障 |
| 仪表电路故障 |
| 照明电路故障 |
| 各系统部件拆装 |
| 4 | 实车测控系统 | 流量计测控 | 1.实车传感器数据采集、数据传输、控制命令执行、动态监测等;  2.平均无故障工作时间≥240h;  3.单组数据采集响应时间：≤3s;  4.命令执行响应时间：≤3s。 |  |
| 继电器控制 |
| 电机控制 |
| 电磁阀控制 |
| 电压信号采集 |
| 虚拟仿真软件通信 |
| 测控逻辑算法 |
| 5 | 考核评估系统 | 学员考核、考核成绩评估等 | 1.考核方式：学员自考和教员考核；  2.具有成绩统计、分析评估功能；  3.具有表格、图形、态势3种以上评估分析形式。 |  |
| 6 | 后台管理系统 | 学员信息管理、账号管理、识别登录等 | 可进行学员信息管理 ,成绩管理，成绩查询，成绩统计，考核任务派发等。 |  |

* 1. 实车平台需求

实车平台制作所需器材为车辆维修更换的旧件，由甲方提供，并保证单件工作正常。平台制作所需的基础安装平台、室内尾气排放装置及排烟管、驾驶座椅总成由乙方负责。乙方将器材安装好后，保证实车平台工作正常。

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **序号** | **名称** | **型号/规格** | **单位** | **数量** | **主要功能及指标** | **备注** |
| 1 | 实车基础安装平台 |  | 台 | 1 | 1.按照实车尺寸大小设计基础安装平台；  2.提供各部件的固定支架、钣金喷漆和综合布线等；  3.安装工艺符合国家标准要求，整车内部布线采用隐藏式布线；  4.布线整齐、分类、美观、可靠。 |  |
| 2 | 尾气排气装置及排烟管 | 根据室内间设计安装 | 套 | 1 | 1.车辆排气波纹管到室外的尾气排气装置需密封处理；  2.支持免费施工设计；  3.工作时，室内尾气排入排放量≤0.1mg/m**3**，  4.工作时，室内有毒气体含量≤0.06mg/m**3**；  5.室内湿度：≥30%且≤50%。 |  |
| 3 | 驾驶座椅总成 | 与平台配套 | 套 | 2 |  |  |
| 4 | 实车平台器材安装 | 根据基础安装平台设计进行安装 | 套 | 1 | 1.综合布线符合国家标准；  2.器材配件符合国家合格标准，具有产品合格证；  3.包括安裝时所需各种接头、电线、垫片（圈）、管子、螺栓、小支架等附件，并且安装符合技术规范。施工工艺符合技术要求，整体外观整洁。 |  |

1. 技术方案（甲方参数要求）
   1. 平台组成

XX数字虚拟实训平台是以故障排除实际出发，通过动态信号实时采集数据，结合三维模型模拟维修数字孪生体，建立发动机系统、底盘系统、电气系统故障维修应用服务的实训平台。平台由硬件和软件组成，硬件主要有图形工作站、电子屏、传感器、实车平台等，软件是基于数字孪生技术开发的数字孪生故障维修实训系统。系统既具有教学演示、故障维修训练、学员考核和考核评估的功能，又具备实车平台运行状态实时监测的能力。

XX数字虚拟实训平台采用C/S架构，分为学员端和教员端（系统后台管理）。学员端以教学演示、故障维修训练、学员考核和考核评估功能为主；教员端以学员信息管理、成绩管理、成绩查询、成绩统计、考核任务派发功能为主。

1. 技术指标（甲方参数要求）
   1. 应用指标

XX数字虚拟实训平台应具备先进性、兼容性、可拓展性，具备随着数字技术发展不断升级的潜力。总体指标要求：

1.平台建成后能满足故障维修模拟训练。单次承训能力50人、年承训量400人，年承训学时数约280学时。

2.可供6名硕士教员、3名博士教员开展课题研发和技术攻关。

3.平台既可以进行教学演示、故障维修训练，又能对受训者故障维修训练进行考核、评估，还可对训练结果进行成绩查询。教员可根据训练情况，随机预设各种故障，增加训练难度，解决车辆故障维修训练实车故障随机预设难、装备损耗大的问题。

4.该平台所需的实训平台、电子屏、图形工作站设置安装在同一场地，场地规划面积105.91平方米。

* 1. 系统指标

1.各分系统均配备以太网数据通讯接口,可通过千兆以太网进行内容数据通信。

2.各分系统接口通讯协议采用标准、通用的TCP/IP协议。

3.各分系统视频、图像、文本、指令以及控制数据可基于内部接口实现实时传输和交互。

4.系统数据库设计采用文件数据和信息数据分离方式，具备存储信息数据，保证上万数据稳定存储，查询、更新、事务管理、索引、高速缓存、查询优化、安全及多用户存取控制，并满足未来数据的扩容。

5.系统应具备动态监控能力，提供故障快速排除的手段。

6.系统应具备数据备份恢复机制。

7.系统应具备最大程度保证系统及接口程序之间数据即时通信，信息交互。

8.系统应用程序不得冻结，崩溃或丢失数据。

9.系统数据应具备严格的安全措施，确保系统稳定运行。如果平台出现运行异常，平台前端操作页面应当有相应人性化的故障处理提示。

10.系统整体设计合理，各个任务间的连贯性合理，优先级级别合理；确保没有技术错误，技术缺陷。

11.系统需全中文的操作界面，包括系统菜单、用户手册等。

12.本系统应用程序必须成功加载，人机交互应正常工作，失误率低于1%。

13.系统虚实同步响应时间不超过1秒。

* 1. 模块功能

在整体平台的业务流程上，系统主要分为教学演示、故障维修训练、学员考核、考核评估四个主要模块，其中数字孪生故障维修是对孪生体的虚实映射操作的核心模块。

* + 1. 教学演示

在该平台中，主要通过教员的操作过程，指导学员进行操作，教员按照操作流程每一步进行操作讲解，学员通过电子屏进行学习。

* + 1. 故障维修训练

在数字孪生故障维修中，同样也是对发动机、传动系、转向系、制动系、电气设备进行故障检查排除以及维修操作，但与引导学习不同的是，在此过程中没有任何文字引导，并结合传感器进行虚实映射。

同时在虚实融合维修训练中可以对于虚拟和实体之间的映射进行整体展示,在虚拟维修操作中,根据采集到的故障点,进行三维效果模拟,上位机发送指令传送给ECU，ECU接收到指令后，将信号传至给传感器，传感器安装在实体位置上，接收到指令后，进行工作,通过这种方式达到虚实映射的一个同步,学员通过排查找到故障原因并进行排除。



在数字孪生虚实融合过程中，需要大量的数据进行支撑，所以系统采用多个传感器，安装至实体位置，进行数据通信，系统不仅将数据结果通过三维模型进行模拟，同时将实车信号数据展示在平台中,通过可视化图表的方式进行展示,通过这样的方式能够实时监测到当前实体部件的工作状态,通过系统数据的分析,对异常状态提前预警降低危险。

* + 1. 学员考核

在学员考核中主要分为学员自考和教员考核,学员自考主要针对学员进行考核自测,可以选择任意维修故障点进行模拟考试,自考结果不计入成绩,只用来进行自我测试。教员考核主要是教员下派考核内容,在限时时间内完成考核,并进行提交,提交后系统进行判别,最终成绩录入系统。如在规定时间内没有完成操作,则系统自动提交,并评判成绩。

考核内容以虚拟故障维修科目为主，学员需要查看故障现象做出自主判断，通过人机交互操作，完成故障的维修过程。在考核模式下，系统会记录学员的每一步操作，当考核结束，将学员的操作和标准操作流程进行对比，综合判断学员维修技能水平。

考核时间内完成故障维修任务，达到任务目标的计合格，然后根据完成任务的时间长短和操作错误次数进行综合打分。在考核时间内未完成考核任务的，计不合格。

* + 1. 考核评估

考核评估主要是针对教员派发的考核任务进行考核，系统对该结果进行分析,可以将学员成绩及格率汇总并进行展示。

* + 1. 系统后台管理

XX数字虚拟实训平台的后台管理主要分为教员端和用户端,用户登录系统后,根据账号进入当前页面。

|  |  |
| --- | --- |
| **角色** | **功能** |
| 教员 | 学员信息管理 ,成绩管理，成绩查询，成绩统计，考核任务派发。 |
| 学员 | 教学演示，数字孪生故障维修，学员考核等操作。 |

1. 实车平台（甲方参数要求）

实车平台是XX数字虚拟实训平台项目的硬件组成部分，是实现车辆数字孪生三维映射的实车原型。该平台与实车进行1:1设计，各部分采用车辆实车零部件组成，分为基础安装平台、发动机、传动系、行驶系、转向系、制动系和电气设备7部分，可实现发动机、传动系、行驶系、转向系、制动系和电气设备的工作。在该平台上设计安装传感器、通讯设备，可实现数字孪生三维映射、动态检测、虚实同步故障排除等功能。

1. 设计内容（结合甲方参数和需求形成内容）
   1. 课题内容—原理展示、结构展示



* 1. 软件相关

