第五章　采购需求

（一）项目主要采购内容及要求

1、项目背景情况

电力能源转换与控制实验室建设项目主要建设内容包括购置电力电子技术实验平台和工业控制创新平台。工业控制创新平台主要由工业智能控制系统、基础控制训练单元、创新控制训练单元-机器人搬运单元、创新控制训练单元-传输分拣单元、创新控制训练单元-立体库单元、数据处理与智能控制终端等单元模块组成；电力电子技术实验平台由系统实验台、电力转换单元、负载模块组成，开展自动化相关综合实训项目开发以及电气自动化创新实践项目开发，满足不同层次课内教学需求，提升教师教研能力以及职业本科人才培养质量。

2、采购标的实现的功能及目标

采购标的

序号	分项名称	数量	单位	分项最高限价（元）
1	工业控制创新平台-智能控制系统	18	套	1463400.00
2	工业控制创新平台-基础控制训练单元	18	套	248382.00
3	工业控制创新平台-创新控制训练单元-机器人搬运单元	6	套	321000.00
4	工业控制创新平台-创新控制训练单元-传输分拣单元	6	套	199200.00
5	工业控制创新平台-创新控制训练单元-立体库单元	6	套	298800.00
6	工业控制创新平台-数据处理与智能控制终端	18	套	526500.00
7	电力电子技术实验平台-系统实验台	12	套	193800.00
8	电力电子技术实验平台-电力转换单元	12	套	379063.80
9	电力电子技术实验平台-负载模块	12	套	123582.12

★注：投标人提供的投标分项报价不能超过分项最高限价，否则投标无效；

实现目标：能够开展自动化相关综合实训项目开发以及电气自动化创新实践

项目开发。

（二）采购标的需执行的国家相关标准、行业标准、地方标准或者其他标准、规范

货物须为合格产品，其质量应符合国家强制性标准及行业标准的要求，涉及安全、环保等强制性规定的，还应符合相关法律、法规及国家标准的规定。

（三）采购技术需求表

序号	项目名称	分项名称	数量	计量单位	参数
1	电力能源转换与控制实验室				
（一）	电力能源转换与控制实验室	工业控制创新平台-智能控制系统**（核心产品）**	18	套	系统由多源异构 PLC 主控平台、工业网络与边缘接入平台、现场感知与人机操作单元等组成，可用于控制其他单元机构的相关动作，逐步进阶到多品牌设备联调、复杂网络通信，最终完成小型能源物联网络系统的集成与数据分析。 一、多源异构 PLC 主控平台 1、电控系统 1： 1）主控制器 1： （1）支持 ProfiNET 通讯； （2）工作电压：24V DC； （3）数字量输入点数：≥14，漏型/源型； （4）数字量输出点数：≥10； （5）模拟量输入路数：≥2； （6）模拟量输出路数：≥2； （7）高速计数器：≥6 路； （8）以太网口数：≥2 个； （9）脉冲输出路数：≥4； （10）支持基于 TCP/IP 的开放式用户安全通信、S7 通信、Web 服务、OPC UA、服务器 DA 等多种通讯方式。 2）数字量输入输出扩展模块 1： （1）工作电压：24V DC； （2）数字量输入点数：≥8； （3）数字量输出点数：≥8； 3）通讯模块： （1）支持 RS485，2 线制半双工； （2）支持通讯电缆（屏蔽）长度：最长不低于 1000m。 2、电控系统 2： 1）主控制器 2； （1）工作电压：AC 220V 或 DC 24V； （2）指令处理时间：不大于 80ns；

					（3）程序容量：≥64k 步； （4）数字量输入点数：≥16，漏型/源型； （5）数字量输出点数：≥16； （6）内置通信接口：以太网≥1 路，RS485≥1 路； （7）内置模拟量输入路数：≥2； （8）内置模拟量输出路数：≥1； （9）内置 4 轴定位模块脉冲输出最高不低于 200kpps； （10）支持 Modbus RTU, Modbus TCP,CC-Link IE Field Basic, SLMP 等通信协议； 2）数字量输入输出扩展模块 2： （1）数字量输入点数：≥16； （2）数字量输出点数：≥16。 3、电控系统 3 1）主控制器 3 （1）基本指令速度：＞12K 步/ms； （2）位运算速度：不大于 0.12μs； （3）高速输入：≥8 路 200KHz； （4）高速输出：≥5 轴 200KHz，支持 PWM 脉宽调制； （5）可带轴数（脉冲 + 总线）：≥8 路； （6）串行通信：支持≥3 路串行通信接口（其中主单元自带 1 路，可通过扩展卡扩展至 2 路）； （7）EtherCAT：≥1 路，最大 72 从站； （8）以太网口：支持 EtherNet/IP、ModbusTCP、Socket，可进行程序上下载和固件升级。 2）输入输出扩展模块 3： （1）数字量输入通道：≥8； （2）数字量输出通道：≥8。 二、工业网络与边缘接入平台 1、智能无线终端： 配有监控系统 PC 客户端，具备边缘计算、断点续传、远程透传等功能； （1）联网方式：支持 4G 或以太网； （2）通讯接口：RS485≥1 路,RS232≥1 路,以太网口 1 路； （3）点数容量上限：≥200 点，支持定时上传或变化上传； （4）兼容多种工业设备，支持多种工业协议。 （5）支持通过管理工具本地配置； （6）支持云端图形化远程配置； （7）支持 sqlite3 数据库，可保存实时或历史数据，数据库对 python 脚本开放接口； （8）CPU：主频≥300MHz，内存≥64MB，储存空间≥256MB。

					2、网络数据通讯基础设备 1）无线模块 （1）工业级双频无线接入点 ①工作环境温度：不劣于-40℃～+75℃ ②具备冗余双路直流供电，支持标准 PoE 供电； ③防护设计满足 IEC/EN 61000-4 标准； ④支持 2.4GHz 和 5GHz 双频段并发工作，无线速率最高不低于 1900Mbps； ⑤支持 AP、Client 工作模式以及 Router 上网模式； （2）工业级双频无线客户端 ①工作环境：不劣于-40℃～+75℃； ②防护设计满足 IEC/EN 61000-4 标准； ③支持 2.4GHz 和 5GHz 双频段射频并发工作； ④无线速率最高不低于 1200Mbps； ⑤支持 Client、Client-Router 工作模式； 2）工业数据交换通信模块（数量 2 个） （1）RJ45 端口：≥8 口； （2）全双工和半双工自适应，10/100Mbps 自适应； （3）支持 Modbus TCP、Ethernet/IP、Profinet 协议； （4）支持 VLAN 隔离。 3）工业网关转换器 （1）支持 EtherCAT 转 CClink IEFB 协议。 （2）最大的输入字节数：≥500 字节，最大的输出字节：≥500 字节； （3）支持 Ethernet over EtherCAT（EoE）协议； （4）支持 Transfer over EtherCAT（FoE）协议； （5）支持 DC－Synchronous、SM Synchronous 模式。 （6）具有拓扑查看器、诊断检测、自动扫描功能。 3、多协议远程数据传输设备 1）ProfiNet 总线远程总线通信模块 （1）总线协议：ProfiNet； （2）IO 站数量：≥32； （3）接口：不少于 2 路 RJ45； （4）传输距离：≥100m； （5）最小循环时间：≤1ms； （6）输入输出过程数据量：≥1024bytes； （7）数字量输入：≥16（NPN 或 PNP 型）； （8）数字量输出：≥16（PNP 类型）。 2）EtherCAT 总线远程总线通信模块 （1）总线协议：EtherCAT； （2）IO 站数量：≥32； （3）接口：不少于 2 路 RJ45；

					（4）传输距离：≥100m； （5）最小循环时间：≤1ms； （6）输入输出过程数据量：≥1024bytes； （7）数字量输入：≥16（NPN 或 PNP 型）； （8）数字量输出：≥12（继电器类型）。 三、现场感知与人机操作单元 1、人机界面按钮指示灯模块 1）人机界面 （1）屏幕尺寸：≥7 英寸； （2）屏幕类型：电阻屏； （3）通信接口：至少具有串口、RJ45、USB； （4）处理器频率：≥800 MHz； （5）保护等级：前面板不低于 IP65； （6）额定功率：≤7W； （7）运行内存：≥128MB； （8）安装方式：面板安装。 2）按钮指示灯：至少配有旋钮、按钮、急停按钮、指示灯等，方便基础编程训练。 2、能源管理采集终端 采用交流采样技术，段码式 LCD，可测量并显示电力运行参数，可测参数包括但不限于系统工作电流、电压、频率、功率、无功功率、有功功率。可进行需量计算、电能计量、系统负载率、部分电能质量分析等。支持 Modbus-RTU 协议，可与控制系统进行互通互联。 3、工业环境信号采集模块 1）温湿度信号采集模块： （1）工作电压：24V DC； （2）信号输出：4-20mA 或 0～10V 或 RS485； （3）温度检测范围：不劣于 0～50℃； （4）湿度检测范围：不劣于 0～99.9%RH。 2）二氧化碳信号采集模块： （1）工作电压：24V DC； （2）信号输出：4-20mA 或 0～10V 或 RS485； （3）二氧化碳检测量程：不劣于 0～5000PPM。 3）噪声信号采集模块： （1）工作电压：24V DC； （2）信号输出：4-20mA 或 0～10V 或 RS485。 （3）噪声检测量程：不劣于 30dB～120dB。 4、其他电气元件 包含开关电源、空开、继电器、接触器等，为控制回路搭建、强弱电接口设计及安全保护提供必要的硬件基础。
（二）		工业控制	18	套	该单元主要由变频电机控制模块、PID 控制模块、

		创新平台-基础控制训练单元			模拟控制对象模块等组成。 一、变频电机控制模块 内含 ProfiNet 总线变频器和 EtherCAT 总线变频器，均需支持工业以太网通信与模拟量控制，并配备多路数字量与模拟量 I/O 接口，可灵活接入主控系统，实现远程启停与状态监控；配有两套三相电机模块（含支架与转盘）用于机械模拟负载，辅以调压模块，便于开展相关调速对比实验。 1）总线变频器： （1）支持 ProfiNet 通讯； （2）额定功率：≥550W； （3）数字输入路数：≥6； （4）数字输出路数：≥2； （5）模拟输入路数：≥1； （6）模拟输出路数：≥1； （7）集成安全转矩关闭（STO）安全接口，可通过端子直接接入安全回路。 2）总线变频器： （1）支持 EtherCAT 通讯； （2）额定功率：≥370W； （3）额定输出电流：≥3.0A； （4）离散量输入数量：≥6 路，需包含安全转矩关断输入和通用逻辑输入； （5）离散量输出数量：≥3 路，需包含集电极开路输出或继电器输出； （6)模拟量输入数量:≥3 路,需支持 0～10V 或 0～20mA； （7)模拟量输出数量:≥1 路,需支持 0～10V 或 0～20mA。 3）三相电机模块（数量 2 套） 主要由三相电机、电机支架、转盘等组成。 （1）电机额定功率：≥25W； （2）电机额定转速：≥1250r/min； （3）电机前段具备转盘接口。 4）调压模块： （1）支持 0～10V 输出； （2）具备 0.0～10.0V 电压数码显示功能。 （3）支持多圈旋钮调节； （4）电源端口具有极性保护功能。 二、PID 控制模块 PID 控制模块以直流电机为被控对象，结合速度传感器构成闭环反馈系统，通过调节控制器 PWM 信号驱动电机。 1、控制器：

					（1）输入电压：DC 10～30V； （2）输出频率：15KHZ； （3）调速范围：0～100%； （4）调速结构：H 桥，PWM 方式； （5）支持遥控。 2、电机： （1）电机类型：直流有刷电机； （2）额定功率：≥10W。 3、编码器： （1）工作电压：DC 24V； （2）单圈分辨率：≥1024； （3）每分钟最大转速：≥6000r/min。 三、模拟控制对象模块 采用标准化实验挂箱形式，集成货物传输实训模块、机械手搬运模拟实训模块、交通信号灯自动控制实训模块、输入输出转接等模块，覆盖常见能源控制场景，以上模块都需具有电气快插接口，可通过电缆快插连接。 （1）货物传输实训模块： 采用 PLC 控制，可模拟传输皮带线电机的控制时序和逻辑。 （2）机械手搬运模拟实训模块： 采用 PLC 控制，可模拟二轴气动机械手的控制时序和逻辑。 （3）交通信号灯自动控制实训模块： 采用PLC控制，可模拟交通信号灯的控制时序和逻辑。 （4）输入输出转换模块： 通过该输入输出转换模块，可由快插电缆将 PLC 与不同的典型模块相连接，实训时可根据不同的实训要求进行接线，快速搭建控制系统。
（三）		工业控制创新平台-创新控制训练单元-机器人搬运单元	6	套	一、机器人模块 1、基础参数： （1）轴数：≥4 轴； （2）有效荷重：≥500g； （3）最大伸展距离：≥320mm； （4）重复定位精度：不劣于±0.2mm； （5）通信接口：至少具有 USB、串口； （6）工作电压：12 V DC； （7）功率：最大不高于 78W ； （8）本体重量：≤8Kg； （9）工作环境温度：-10℃～60℃； （10）扩展 I/O 接口：I/O×10（可配置为模拟信号输入或者 PWM 输出）；

					（11）编程方式：支持示教再现、图形化编程、脚本编程等多种不同的编程方式。 2、关节运动参数： （1）1 关节：≥-120°～+120°，最大速度≥320°/s； （2）2 关节：≥-5°～+90°，最大速度≥320°/s； （3）3 关节：≥-15°～+90°，最大速度≥320°/s； （4）4 关节：≥-140°～+140°，最大速度≥480°/s。 二、末端执行器： 机器人末端需安装有不同规格的多功能末端执行器： （1）吸盘与夹具工装，可实现工件的吸盘与夹取动作； （2）末端执行器需具备快速拆装功能。 三、成品库模块 （1）成品库单元基座需采用金属材料加工制作，整体结构牢固可靠。 （2）配套的成品库模块需有清晰的库位标识，库位数量≥9 个，可用于接收经加工检测合格的工件。 （3）可通过编程（如脚本控制、图形化拖拽或 PLC 联动）规划机器人运动轨迹，精准完成工件搬运任务。
（四）		工业控制创新平台-创新控制训练单元-传输分拣单元	6	套	主要由供料机构、分拣机构、传输线等组成。 一、供料机构 供料机构单元作为物料存储模块，需采用井字供料结构，确保物料工件能自由下落，具备工件的存储，自动下落和气动顶出等自动供料和检测功能。 （1）主体采用工业铝型材+铝板加工制作搭建，需包含基体平台、垂直料筒、气动顶料装置等组成。 （2）气缸：缸径≥12mm，行程≥60mm； （3）垂直料筒供料数量：≥8 个。 二、分拣机构 （1）基体采用工业铝型材+铝板加工制作搭建； （2）分拣机构包括筛选气缸、拨叉、气缸安装支架、筛选料盒、以及筛选料盒立柱等。 （3）能够根据工艺流程逻辑，通过筛选气缸驱动动作，对传输中的工件进行分拣筛选，实现基于材质或状态的自动分流。 三、传输线机构 包含基体、传输机构、驱动步进电机、检测传感器等。 （1）基体采用工业铝型材+铝板加工制作搭建；

					（2）传输机构需包含传输带、同步轮、安装连接支架、同步带张紧等装置； （3）皮带宽度：≥39mm，皮带输送距离≥200mm，皮带厚度≥2mm； （4）步进驱动系统： ①电机步距角：≤1.8°； ②电机额定电流：≥3A，电机保持转矩：≥0.8N•M； ③驱动器：脉冲式，1～128 或更多细分数，支持拨码多档位可调； （5）传输机构需配置有 1 套检测传感器，用于检测工件在传输带上的状态。
（五）		工业控制创新平台-创新控制训练单元-立体库单元	6	套	主要由立体库位、巷道式堆垛机以及出/入库平台等组成。 1、立体库 （1）立体库采用工业型材搭建； （2）需采用单面 3 层*4 列的形式，总计≥12 个仓位，用于存放物料。 （3）具备统一接口用于分类存放不同状态或类型的实训物料。 （4）所有库位状态可被系统实时识别，上位控制系统可实时显示库位的状态。 2、工件原料 （1）材质：金属、尼龙，可根据不同的实训项目选用不同材质工件原料； （2）数量：每套设备金属工件原料≥4 件，尼龙工件原料≥4 件； （3）工件原料参考尺寸：直径≥ Φ36.5mm，高度≥25mm。 3、堆垛机 （1）堆垛机需采用类似巷道式堆垛机的结构形式，主要由起升机构、水平运行机构、取货装置、主框架结构等组成； （2）驱动电机：X、Z 轴均需采用电机进行驱动； （3）传动方式：X 需采用同步带驱动，Z 轴需采用丝杠驱动，需保证出库与入库动作的速度与精确性； （4）每个轴需都配置有限位传感器和原点传感器。 （5）堆垛机取料机构需采用电机或气动驱动方式，可完成取放物料作业。 4、X、Z 轴驱动电机 1）步进驱动器： （1）工作电压：20～50V DC； （2）输出峰值电流：≥4.2A； （3）数字量输入：≥3DI； （4）具备 RS232 调试口；

					（5）极限脉冲频率：≥200kHz； （6）数字量输出：≥2DO； （7）输出规格：OC 输出； （8）控制模式：脉冲式，1～128 或更多细分数，支持拨码可调。 2）步进电机： （1）电机步距角：≥1.8°； （2）电机额定电流：≥3A； （3）转子惯量：≤300g*cm²； （4）防护等级：不低于 IP40； （5）电机保持转矩：≥1.3NM。
（六）		工业控制创新平台-数据处理与智能控制终端	18	套	主要由数字化教学与知识赋能系统、工业云平台与智能运维系统、实训环境与工具支撑系统等组成。 一、数字化教学与知识赋能系统 1、在线教学资源平台 **▲在线教学资源平台需部署在公有云服务器上，使用权限不低于 3 年，提供承诺函，格式自拟并加盖投标人公章。** 集成视频管理、文档管理、分组管理以及学习教程等相关功能模块。可实现教学资源的数字化、网络化和智能化管理。 投标人需承诺所投“在线教学资源平台”具备招标文件要求的所有功能，并在中标 3 日内配合招标人进行功能验证，验证标准以招标文件技术参数及投标文件相应内容为准。 ▲（1）视频管理需能够上传新增教学视频资源，并可对该新增的视频资源的标题、描述、分组、标签等内容进行编辑或选择；对已上传的教学视频资源可进行查看、删除、恢复等操作；文档管理需能够上传新增教学文档作为学习资源，并可对该新增的文档资源的标题、描述、分组、标签等内容进行编辑或选择；对已上传的教学文档资源可进行查看、删除、恢复等操作； ▲(2)分组管理需能够对平台上所有的教学资源（视频资源、文档资源）进行统一分类管理，可增加相关的分组名和分组描述。 ▲(3)学习教程作为学生学习在线教学资源的入口，需能够支持从不同的维度（包括但不限于：资源的标题、筛选标签、上传时间、资源类型等）对相关教学资料类型进行筛选。需具有在线查看相关系统数据功能，包括但不限于：今日资源查看总量、今日视频播放次数、今日文档查看次数、今日访问总人次、今日新增资源数等相关数据。 **注：序号（1）-（3）需提供证明材料，证明材料为**

					该在线教学资源平台的界面功能截图及相应说明，并加盖投标人公章，作为验收依据。 2、配套文档教学资源 针对该项目开发配套的文档教学资源，每个文档教学资源可覆盖一个知识点，可在“教学资源在线学习平台”中在线查看学习，文档资源至少包含以下知识点： （1）传感器分类、原理及接线方式； （2）气动元件与气动原理图的认知； （3）调试软件安装教程； （4）PLC 组态与程序下载； （5）PLC 基本指令； （6）HMI 编程应用； （7）PLC 编程应用； （8）机器人编程操作； （9）运动控制编程应用； （10）工业网络控制编程。 二、工业云平台与智能运维系统 1、工业互联网云平台 **▲投标文件中提供系统管理云平台 ICP 在中华人民共和国工业和信息化部网站的代备案记录证明文件。投标时需提供工业网络系统管理云平台相关类似软件的软件著作权证明复印件并加盖投标人公章，以保证为正版合规软件。** 支持对接电力能源转换与控制实验室相关实训设备，需整个实训室设备数据互联互通，能够使用统一账号管理所有实训系统设备，可通过云平台对接物联网关，实现远程任务下发、多维度数据监控与分析、故障信息报警等功能。 投标人需承诺所投“工业互联网云平台”具备招标文件所属所有功能，并在中标 3 日内配合招标人进行功能验证，验证标准以招标文件技术参数及投标文件相应内容为准。 云平台需包含运营中心、设备中心、分析中心、组态中心、物联中心、用户中心、系统中心、消息中心和预测维护等功能模块。 （1）运营中心需有运营驾驶舱，可用于在云端展示报表、组态、设备地图监控等信息，实现远程设备监控； （2）设备中心需能够进行设备管理，并对设备的数据信息、报警信息等进行监控； （3）分析中心需能够以图表的形式进行数据展示与分析，报表的类型有指标卡、表格、折线图、柱状

					图、饼图、全时曲线等； ▲（4）组态中心需具有云端组态编辑功能，能够支持在云端通过拖拽方式进行组态界面开发，用户根据项目自行设计界面，可调用的控件包括开关、状态、按钮、指标卡、仪表、棒图、饼图、温度计等。**（提供产品功能截图，包含开关、状态、按钮、指标卡、仪表、棒图、饼图、温度计，加盖投标人公章，作为验收依据）** ▲（5）物联中心需支持物联管理，能够进行物联设备管理、物联接入管理和规则管理；其中物联接入管理中，可新增网关，并可对已有网关进行数据监控、查看、配置等操作；规则管理中可对规则进行创建，包含规则名称、类型、设置方式、触发配置等。**（提供产品功能截图，包含物联设备、物联接入、规则管理，其中物联接入管理中，可新增网关，并可对已有网关进行数据监控、查看、配置等操作，加盖投标人公章，作为验收依据）** （6）用户中心需支持用户账号管理以及用户权限设置； （7）消息中心需能够查询到云平台的操作日志，对于操作人员、操作时间、操作地址进行查看； ▲（8）预测性维护：需包含：样本管理、模型管理、报警统计功能，其中样本管理支持手动采样和自动采样，需能对样本进行创建、修改、查看、删除等操作，数据采样的条件、规则等都可配置，样本以列表形式展示；模型管理包含模型列表。模型编辑、模型查看等功能；报警统计可针对报警的数据点定期做故障统计，支持按不同维度统计不同故障点的发生频次，展示报警总数，并以折线图方式展示报警结果。**（提供产品功能截图满足以上内容，加盖投标人公章，作为验收依据）** **（9）**云平台至少还支持其他品牌的第三方网关接入，即在物联云的物联中心模块中，进行物联管理的软件界面具备不同网关的配置功能。 2、云 MES ▲（1）需包含设备管理中心、WMS 库管理系统、工艺中心、质量中心、订单中心等模块：**（投标时提供产品功能截图，并加盖投标人公章，作为验收依据）** ▲（2）设备管理中心需具备工作站新建、查看、编

					辑、删除工作站等操作；WMS 库管理中心需支持库位的定义、出入库等操作；工艺中心需支持以拖拽的形式进行工艺配置；订单中心可进行订单查看、下发、检索等操作。**（投标时提供产品功能截图，并加盖投标人公章，作为验收依据）** 3、软网关 软网关无需额外的硬件即可实现设备的数据采集功能。 （1）可扩展最大连接设备数量：≥30 台。 （2）变量数：≥3000。 （3）采集性能：毫秒级。 （4）脚本新增设备个数：≥10。 （5）脚本新增变量个数：≥300。 （6）脚本代码行数：≥1000。 （7）断点续传变量个数：≥300。 （8）规则个数：≥300。 （9）南向协议：需支持主流工业协议，如 Profinet、ModBus TCP 等。 （10）北向接口：需支持 MQTT/HTTP/Modbus/OPC UA。 （11）该软网关主要功能： 投标人需承诺所投“软网关”具备招标文件要求的所有功能，并在中标 3 日内配合招标人进行功能验证，验证标准以招标文件技术参数及投标文件相应内容为准。 ▲①具有设备列表、接口转发、边缘计算、系统管理、诊断调试等功能； ▲②具有一键诊断功能，可直接选择设备诊断以及接口诊断； ③可通过分项诊断功能进行设备诊断、接口诊断、脚本、其他迅速诊断潜在问题。具有网关调试功能，能够精确到设备端口； ④诊断调试页面可以查看网关日志，并可选择时间进行查询； ▲⑤具有接口转发功能，支持 MQTT、HTTP、Modbus、OPC UA 等相关协议的转发，且添加的接口可对接私有云、阿里云等。 **注：序号①、②、⑤需提供证明材料，证明材料为该软网关的功能截图及相应说明，并加盖投标人公章，作为验收依据**。 4、运维调试终端 （1）处理器核数≥2，线程数≥4，主频≥2.4GHz； （2）内存：≥16GB DDR4； （3）存储：≥512GB 增强型 SSD； （4）屏幕尺寸：＞23 英寸。

					（5）运维调试软件投标人需承诺所投“运维调试软件”具备招标文件要求的所有功能，并在中标 3 日内配合招标人进行功能验证，验证标准以招标文件技术参数及投标文件相应内容为准。 ①基于 B/S 架构，支持 Web 浏览器访问。 ▲②内置智能体，既可自然语言控制设备，也可按需生成试题试卷。 ▲③故障案例库与试题库本地化存储，支持用户自由增删改，知识库动态可维护。支持动态切换视觉检测任务，适应柔性生产与实训需求。 ▲④可通过自然语言操控 PLC，实现设备启停、参数设定、状态读取等操作。具有智慧编程功能，支持连接本地 PLC 编程软件，能够实现工程项目的新建与修改，兼容主流品牌组态软件。可通过自然语言控制 AI 自主连接 PLC 编程软件，实现新建项目、添加硬件、添加变量及程序编写自主化。 ▲⑤支持创建定时任务，如每小时进行 PLC 数据采集并汇报用户等。可在工作区配置 AI 相关技能及创建自定义技能实现相关控制自动化。 ⑥支持多种 AI 模型接入，包括本地模型等不少于 4 种模型，同时支持自定义提供商接入。 **注：序号②-⑤需提供证明材料，证明材料该运维调试软件的界面功能截图及相应说明，并加盖投标人公章，作为验收依据**。 三、实训环境与工具支撑系统 1、实训桌椅 （1）需满足双工位实训需求； （2）参考尺寸：1400*600*750mm（长*宽*高）左右； （3）钢木结构方凳（2 张）； （4）结构需稳固、耐用防滑。 2、成套实操工具 为方便实训，需配备有以下工具： 1）钢卷尺： （1）规格：3m*16mm 2）内六角扳手组： （1）9 支组； （2）规格：不少于 1.5MM、2MM、2.5MM、3MM、4MM、5MM、6MM、8MM、10MM。 3）一字螺丝刀： （1）规格：2.4*50mm。 4）十字螺丝刀： （1）规格：3*75mm。 5）剥线钳： （1）0.6～2.6mm。

					6）压线钳： （1）压线范围：0.25～2.5㎜² 7）斜口钳： （1）规格：5 寸。 8）数显式万用表： （1）交直流电压测量量程：≥600V； （2）直流电流测量量程：≥10A； （3）电阻测量量程：≥200MΩ； （4）需具有通断蜂鸣功能； （5）需具备数据保持、自动关机等功能。 9）网线测试仪： （1）接口：需支持 RJ45/RJ11； （2）测试类型：需支持 8P8C/8P4C/6P4C 等网线、电话线、屏蔽线。 10）工具箱： （1）尺寸：≥17 寸。 3、施工布线 （1）需完成所有实训设备动力电源电缆布线安装施工； （2）需完成所有实训设备信号电缆布线安装施工； （3）需完成所有实训设备网络通讯电缆等安装施工； （4）需具备所有实训设备电源通断控制、网络互连互通功能。
（七）		电力电子技术实验平台-系统实验台	12	套	一、实验桌 1、电源： （1）输入电源：三相五线 AC380V±10% 50Hz； （2）装置容量：＜1.5kVA，安全保护：设备具有过压、过流、接地、漏电等多种保护功能； 2、外形参考尺寸：约为 1580㎜×720㎜×1530㎜。 3、结构 （1）框架：由左右桌腿、底框、后侧封板组合而成。表面涂层厚度≥0.5㎜，灰白色； （2）左右桌腿：采用≥30㎜×60㎜×1.5㎜冷轧方钢和冷轧钢板焊接成型，拐角处采用圆弧造型，侧面凸起设计； （3）底框：采用≥30㎜×30㎜×1.2㎜冷轧方钢焊接成型； （4）后侧封板：采用≥1.0㎜冷轧钢板折弯成型； （5）桌面：E0 级三聚氰胺复面合成板，台面厚度≥25㎜，前后面采用圆弧过渡处理；表面和边缘采用高温热压防火 PVC，灰白色，台面高度 800㎜±20㎜。 二、实验台架

					（1）实验台架采用独立框架式结构设计，框架由上中下左右五根工业型材分割为上下两个区域，所有型材表面光滑，无凹槽，用于放置交直流电源、测量仪器仪表和实验模块等。实验台两侧提供单相多功能插座和三相四线交流电源插座。 （2）配套示波器旋转支架：采用钢制材料，与示波器无缝嵌入，可前、后、左、右自由拉伸，承重≧5kg，可自由调整位置角度。不使用时，可以拉伸到侧面。 三、活动储物柜 采用冷冲压钣金一体成型，封闭式结构，表面静电喷涂。储物柜外形尺寸：约为宽 450x 深 550x 高 700（mm），柜体四边圆弧设计，配有承重型卡扣式三节轨，导轨承重量≥30kg，抽屉把手采用卡套式钣金卷边工艺，抽屉采用联体锁设计；底部配有 4 个万向带刹车脚轮。 四、实验挂件 实验挂件采用铁质双层亚光密纹喷塑机箱，两端设有把手，采用≧2mm 铝质面板，具体配置如下： （1）三相交流电源单元：提供一路三相 380V 交流电源输出，给同步变压器使用；一路经过隔离变压器的三相交流电源输出；设有过流保护装置，当相间、线间过电流及直接短路均能自动保护，通过面板上的启动/停止开关控制。具有 100mH、200mH、700mH 电抗器,可提供一路实验用 24V/3A 直流电源。提供 220V/1A 的隔离电源，供示波器使用，励磁直流 220V 电源（采用 PWM 脉宽调制技术，具有过流、短路自动保护、故障状态指示、双闭环 PI 调节(电流、电压)等功能。 （2）智能仪表（一）：柜装指针式电压表 1 只：测量范围±300V、显示精度 1.5 级；指针式电流表 1 只：测量范围±3A、显示精度 1.5 级；智能直流电流表 1 只：测量范围 0～5A，测量精度 0.5 级；5 位 LED 显示，设有 6 个 LED 工作状态指示灯；具有“自动”和“手动”换挡测量两种工作模式，“手动”模式时分 20mA、200mA、2A、5A 四档以上，“自动”模式时程序会自动判断并进入相应量程档位；每档均有超量程告警、指示及切断总电源功能；采用 AC220V/50Hz（±10％）电源供电； （3）智能仪表（二）：柜装智能交流电压表 1 只：测量范围 0～500V，测量精度 0.5 级；5 位 LED 显示，设有 6 个 LED 工作状态指示灯；具有“自动”和“手动”换挡测量两种工作模式，“手动”模式时分 2V、20V、200V、500V 四档以上，“自动”模式时程序会

					自动判断并进入相应量程档位；每档均有超量程告警、指示及切断总电源功能；采用 AC220V/50Hz（±10%）电源供电；柜装智能交流电流表 1 只：测量范围 0～5A，测量精度 0.5 级；5 位 LED 显示，设有 6 个 LED 工作状态指示灯；具有“自动”和“手动”换挡测量两种工作模式，“手动”模式时分 20mA、200mA、2A、5A 四档以上，“自动”模式时程序会自动判断并进入相应量程档位；每档均有超量程告警、指示及切断总电源功能;采用 AC220V/50Hz（±10%）电源供电；柜装智能直流电压表 1 只：测量范围 0～500V，测量精度 0.5 级；5 位 LED 显示，设有 6 个 LED 工作状态指示灯；具有“自动”和“手动”换挡测量两种工作模式，“手动”模式时分 200mV、2V、200V、500V 四档以上，“自动”模式时程序会自动判断并进入相应量程档位；每档均有超量程告警、指示及切断总电源功能;采用 AC220V/50Hz（±10%）电源供电； （4）可调电阻器、单相自耦调压器：提供阻值容量 150W、0.5A、0～900Ω/×1 连续可调的瓷盘电阻 1 只，电阻接线端均已连接至面板上，可方便地组合串联、并联、串并联等多种方式使用，具有负载保护功能。提供容量 0.5KVA 的单相自耦调压器，电压调节范围 0～250V，具有过载和短路保护功能。 （5）三相芯式变压器：提供相电压 127V/0.4A，63.6V/0.8A，三相心式变压器一只。 （6）可调电阻器（一）：提供阻值容量 150W、0.5A 0～900Ω/×2 连续可调瓷盘电阻 2 只，电阻接线端均已连接至面板上，可方便地组合串联、并联、串并联等多种方式使用，具有负载保护功能。 （7）实验模块磁吸底板：每个挂件可同时放置 2 个磁吸实验模块。
（八）		电力电子技术实验平台-电力转换单元	12	套	一、电源同步模块 由透明盒及 PCB 板构成，盒体由透明有机工程塑料注塑而成，具有示教功能，使用者能够观察到元件形状和接线方式，有利于教师讲解和学生认识；面板采用双层 PCB 设计，即下面层为元器件 PCB，上面层为丝印层 PCB 标有电器原理图，上下两层板通过定制的接插件连接。 提供三只同步变压器，△-Y 型连接，输入电压 380VAC，输出电压 6VAC，设有波形观测孔。 二、触发电路 提供单、三相触发电路，采用工业级集成触发 IC，产生 6 路双窄脉冲，设有波形观测孔。 三、功放电路

					提供功率放大、脉冲隔离变压器，用于晶闸管驱动脉冲的隔离和提供驱动能力。 四、晶闸管模块 以晶闸管为核心的全桥电路，可根据实验要求，任意组合成实验电路，完成可控整流和有源逆变的实验。 五、给定模块 输出给定电压 0～±15V 连续可调，有电压输出开关，±电压切换开关。 六、调节器Ⅰ 由运算放大器、 输入与反馈环节及二极管限幅环节组成,对给定和反馈两个输入量进行加法、减 法、比例、积分和微分等运算，使其输出按某一规律变化。 七、调节器Ⅱ 由运算放大器、限幅电路、互补输出、输入阻抗网络及反馈阻抗网络等环节组成，工作原理基本上与调节器Ⅰ相同。 八、电流反馈与过流保护 检测主电源输出的电流反馈信号，整流后输出相应的电压信号。 九、转速变换电压隔离反号器 （1）电阻分压器对导轨输出的转速信号按比例调节输出，可输出同相或反相信号。 （2）电压隔离电路，输入电压 0～300V，输出电压 0～10V，测量精度 0.2 级。 十、新器件特性 含 SCR(单向晶闸管)、MOSFET(功率场效应晶体管、IGBT(绝缘双极性晶体管）GTO(门极可关断晶闸管)、GTR(大功率晶体管) 五种功率器件。 与给定的器件配合使用，完成 SCR、MOSFET、IGBT、GTO、GTR 的特性实验，测定新器件的特性曲线。 十一、单相交直交控制电路 控制电路由两片 XR2206 及外围元器件等组成，其中一片 XR2206 产生一路三角波，另一片产生一路频率可调的正弦波，调节“正弦波频率调节电位器”可调节正弦波的频率，调节范围≈5～60Hz。三角波输出频率为≈10kHz，可减少输出谐波分量，输出各点波形可观测。 十二、三相交直交控制电路 控制电路由数字芯片组成，通过算法输出 6 路 SPWM 波，输出各点波形可观测。 十三、IGBT 驱动与保护电路 IGBT 驱动与保护电路：由 CPLD 保护电路，光耦隔

					离电路，IGBT 管组成，一共提供 3 路 IGBT 驱动和保护电路模块，可组成半桥、全桥逆变输出。 十四、斩波主电路 由 CPLD 保护电路、工业级 PWM 芯片控制输出电路组成，半波、全波脉冲输出可切换，脉冲频率档位可切换，低档≈5KHz，高档≈10KHz。 十五、斩波电路模块 由升压斩波电路、降压斩波电路、升降压斩波电路、cuk 斩波电路、sepic 斩波电路、zeta 斩波电路 6 种常用斩波电路组成，各点波形可测量。 十六、二极管与 LC 滤波模块 包含两个整流二极管（2A/400V）、三个功率电感、三个高压电容组成 LC 滤波电路，截止频率≈1KHz。 十七、三相整流滤波模块 包含 6 个整流二极管，滤波电容，可组成有源逆变，整流滤波（交直交逆变），最大输出 200V/2A。 十八、灯泡、阻感负载 由 220V/25W 灯泡，功率电感组成。 十九、单结晶体管触发电路 同步变压器、稳压电路、工业级晶体管振荡电路，驱动电路和脉冲变压器组成。 二十、正弦波同步移相触发电路 同步变压器，同步移相、脉冲放大环节，脉冲输出组成。 二十一、锯齿波同步移相触发电路 由同步变压器、同步检测、锯齿波形成、移相控制、脉冲形成、脉冲放大等环节组成。 二十二、单相交流调压电路（KC05） 同步变压器、稳压电路、工业级交流调压集成电路，驱动电路和脉冲变压器组成。 二十三、单相交流调压/调功电路 交流调压电路由双向触发二极管构成触发电路，触发双向晶闸管，触发角度由移相控制电位器控制；电路由 555 时基电路构成触发电路，由周期电位器调节通过的正弦波个数，达到交流调功的目的。 二十四、可调电容器 提供 3 个可调电容 C1～C3，每个可调电容单独可调电容为 0.47、1、2、4μF，可供直流调速单元使用。 二十五、可调电阻器 提供 2 个可调电阻，可调范围 0～999kΩ，电阻功率 2W，电阻精度为±1%。 二十六、数据采集系统 （1）带宽＞100MHz，≥2 通道； （2）垂直灵敏度：1mV/div～20V/div，时基挡位：

					2ns/div～50s/div； （3）显示：正常显示和全屏显示可切换，屏幕录制最大支持≥1000 帧，设置不少于 200 组； （4）智能触发功能：常规触发和单次触发，边沿、脉宽、斜率、视频、交替等； （5）具有快速傅里叶 FFT 分析功能； （6）具备 6 位硬件频率计功能； （7）波形刷新率≥5000wfms/s；等效采样和实时采样任意切换； （8）数学运算功能：加、减、乘、除、FFT、数字滤波； （9）自动测量功能：能自动测量频率、平均值、周期、正负脉宽、占空比、上升时间、有效值等； （10）具有突出显示功能，可对自动测量的参量进行突出显示，和自动测量功能不冲突； （11）多种校准信号输出，至少包含 10Hz、100Hz、1kHz、10kHz。 （12）标准配置接口：标准 USB 接口；可扩展 RS232、LAN 接口。 （13）水平显示≥16div （14）可扩展逻辑分析仪、信号发生器、隔离差分模块、电流差分探头、小信号放大模块、电流互感模块、EMC 检测模块等。
（九）		电力电子技术实验平台-负载模块	12	套	一、电机导轨 （1）不锈钢导轨，能保证电机与电机、电机与测功机之间连接的同心度不超过±5 丝。采用高精度 1024 增量式光电编码器。 （2）数码管显示电机转速，显示范围±1500r/min，显示精度 0.5 级。 （3）转速模拟量输出范围±0～7.5V，对应转速 0～±1500r/min，线性度为 100r/min/0.5V。 二、直流发电机 DC220V 供电，额定电流≥1.1A，额定转速≥1600r/min，额定功率≥220W。绝缘等级 E 级。 三、直流并励电动机 DC220V 供电，额定电流≥1.1A，额定转速≥1600r/min，额定功率≥185W。绝缘等级 E 级。 四、三相线绕式异步电动机 Y 形连接，AC220V 供电，额定电流≥0.6A，额定转速≥1380r/min，额定功率≥120W。绝缘等级 E 级。 五、实验配件 1、提供实验指导书及实验导线，实验导线采用高可靠护套结构手枪插连接线（不存在触电的可能），插头采用实芯铜质件外套铍轻铜弹片。

					电力电子技术实验指导书： 1.1 单结晶体管触发电路 正弦波同步移相触发电路实验 锯齿波同步移相触发电路实验 西门子 TCA785 集成触发电路实验 单相半波可控整流电路实验 单相桥式半控整流电路实验 单相桥式全控整流及有源逆变电路实验 三相半波可控整流电路实验 三相桥式半控整流电路实验 三相半波有源逆变电路实验 三相桥式全控整流及有源逆变电路实验 单相交流调压电路实验 单相交流调功电路实验 三相交流调压电路实验 单向晶闸管(SCR)特性实验 可关断晶闸管(GTO)特性实验 功率场效应管(MOSFET)特性实验 电力晶体管(GTR)特性实验 绝缘双极型晶体管(IGBT)特性实验 1.2 典型电力电子器件线路实验 PWM 控制实验 降压斩波电路（Buck Chopper）实验 升压斩波电路（Boost Chopper）实验 升降压斩波电路（Boost-Buck Chopper）实验 直流斩波电路（Cuk、Sepic、Zeta）实验 单相全桥逆变电路实验 三相桥式逆变电路实验 1.3 直流电机调速实验 晶闸管直流调速系统参数和环节特性的测定实验(SCR) 晶闸管直流调速系统主要单元的调试(SCR) 单闭环(电压单闭环、转速单闭环、电流单闭环)不可逆直流调速系统实验(SCR) 双闭环不可逆直流调速系统实验(SCR) 1.4 交流电机调速系统实验 双闭环三相异步电机调压调速系统实验(SCR) 双闭环三相异步电机串极调速系统实验(SCR) 2、智能电气设计与 3D 虚拟实操仿真软件 （1）软件平台：具有实时三维渲染、物理仿真及人机交互能力，集成 3D 实物三维仿真、电气设计仿真两大核心实训形态。 （2）内置实物三维仿真、原理图设计仿真，均支持实验场景自主搭建、编辑、文件导出与导入等功能。

					可通过鼠标点击、拖拽，搭配键盘使用，支持 360°全视角旋转、缩放、平移等控制操作。全场景操作对标工业现场作业规范，实物仿真可完整还原真实作业流程。电气原理图设计支持自动接线功能。 （3）支持用户自主完成元器件布局，器件连线；项目完成后可导出标准化文件，实现跨设备、跨终端资源使用；支持项目一键导入，导入后可二次编辑，启动仿真即可开展课堂教学演示。电气接线仿真具备高度自由，非固定连线模式，支持器件端子间自由连线，与实际接线操作保持一致。用户可以自主完成原理图设计、图元排布、逻辑验证；项目编制完成后可导出标准文件，实现教学资源跨设备流转使用；支持原理图项目一键导入，可以对原理图进行修改、内容优化，启动仿真，快速开展教学演示。 ▲（4）3D 实物仿真器件库：采用工业级 3D 建模，器件库包含常用元器件（例如断路器、接触器、继电器、时间继电器、按钮、指示灯、电机、万用表等），模型基于物理的渲染，高度还原实体元器件外观、功能等，保障仿真场景与现实工况一致。平台支持模型动态检视，可实现 360°视角自由查看。具有仪表测量仿真：例如万用表，支持测量回路电压、通断等。**（投标时提供 3D 实物仿真器件库截图，并加盖投标人公章，作为验收依据）** 投标人需承诺所投“3D 实物仿真器件库”具备招标文件要求的所有功能，并在中标 3 日内配合招标人进行功能验证，验证标准以招标文件技术参数及投标文件相应内容为准。 ▲（5）电路原理图设计仿真库：内置符合国家及行业规范的标准化电气图形符号资源库，集成电源、负载、控制开关、安全保护器件等通用电气图元。采用可视化拖拽式组态设计模式，图元形制、标注规范完全对标工业电气设计标准，支持快速完成电气原理图绘制。**（投标时提供电路原理图设计仿真库截图，并加盖投标人公章，作为验收依据）** 投标人需承诺所投“电路原理图设计仿真库”具备招标文件要求的所有功能，并在中标 3 日内配合招标人进行功能验证，验证标准以招标文件技术参数及投标文件相应内容为准。 （6）动态电路仿真功能：原理图设计完成后可一键触发电气回路动态仿真运算，实时可视化，展示回路电流流向、电气元件动作时序（触点通断、信号指示等）；支持电气参数交互式整定与动态调校。实现电气理论、电路原理与故障研判的一体化教学，强化学员理论理解与综合实操研判能力。

					▲（7）实训项目：内置成套预设实训项目，包含基础电工实训场景，覆盖基础工业电机驱动控制回路等主流教学实训场景。可引导实训人员完成指定实训任务，实现规范化教学。**（投标时提供实训项目截图，并加盖投标人公章，作为验收依据）。**

注：★代表实质性指标，不满足该指标项将导致投标被拒绝；▲代表重要指标，▲指标需要提供证明材料，证明材料可以使用功能截图或生产厂家官方网站截图或产品白皮书或第三方机构检验报告或其他相关证明材料（如指标要求中有其他规定，按指标要求中的规定执行）。未提供有效证明材料或证明材料中内容与所填报指标不一致的，该指标按不满足处理。无标识代表普通指标。

（四）采购项目交付或者实施的时间和地点

项目实施的时间：

1.2027 年 1 月 28 日之前，乙方完成交货；

2. 2027 年 2 月 28 日之前，乙方完成到货安装、调试、培训等工作，并具备验收条件，乙方向甲方提出验收申请；

3. 2027 年 3 月 30 日之前，甲方组织验收并出具验收报告。

项目实施的地点：采购人指定北京科技职业大学校内地点。

（五）采购标的需满足的服务标准、期限、效率等要求

1、质保期：验收合格后 36 个月。

2、售后服务要求：

1） 投标人需提供 36 个月质保服务，质保期内提供免费上门服务。

2） 投标人应提供每周 7×24 小时技术支持服务，包括但不限于现场支持、热线电话、邮件、传真、网站等途径，在接到技术支持要求时，应为系统使用人员提供如何使用系统的咨询，随时接受采购人及项目使用单位提出的各种技术问题，应在 24 小时内提供解决方案。维保期内提供免费版本更新。

3） 各类故障应在到 1 小时内电话响应，2 小时内提供应急解决方案。影响系统正常使用的故障 4 小时内处理，非紧急故障 8 小时内处理；系统安全漏洞的修复，要在使用方提出后 24 小时内解决；必须提供至少每月 1

次的系统巡检服务用于主动发现故障并解决。若投标人未能按时派员到现场或未能按时限解决问题，使用方有权自行处理，所发生费用由投标人承担（在合同经费中扣除）。

4) 在质保期后，需对所提供的软件定期进行维护。

3、培训要求：

中标人应负责对采购人的相关人员进行专业培训，直至采购人能完全操作(投标人应在投标文件中列明具体培训计划方案)，提供详细培训计划。免费提供技术培训、咨询、现场指导。负责培训 1-2 名能对设备正常使用和维护的操作人员。

4、人员要求：

中标人的项目负责人应具有电气、机电专业相关工程系列副高级或以上职称并且具有电气、机电专业相关高级技师职业技能证书；项目团队技术人员（不含项目负责人）应具有机电专业相关工程系列中级或以上职称。

（六）采购标的的验收标准

（1）履约验收主体：合同甲乙双方。

（2）履约验收时间：2027 年 3 月 30 日之前，甲方组织验收并出具验收报告。

（3）履约验收方式：一次性验收。

（4）履约验收程序：成立验收小组；组织验收；验收资料归档。

（5）履约验收内容：认真检查外包装是否完好无损；核对品牌、规格、型号、配置、数量、制造商信息；检查是否有检验证、合格证、保修证、说明书及原始装箱配置清单（如涉及）；设备现场进行安装调试后，检验设备运行状况。

（6）履约验收标准：符合采购合同、招投标文件的要求。

除非在技术规格中另有说明，所有系统按下列要求进行验收:

(1)验收标准以中标人的投标文件中所列的指标为准(该指标应不低于招标

文件所要求的指标)、国标或行业标准及产品说明书。验收时如发现中标人在投标时存在虚假指标响应情况，采购人将取消合同并依法追究中标人的责任，中标人必须承担由此给采购人带来的一切经济损失。

(2)验收由采购人、中标人及相关人员依国家有关标准、合同及有关附件要求进行，验收完毕由采购人代表及中标人代表在验收报告上签字。

（七）付款条件

1.签订合同后7天内，卖方（乙方）向买方（甲方）提交履约保证金元（大写：_____元整），即合同总价5%；提交履约保证金且待财政专项资金到位后，甲方向乙方支付第一笔款 _____元（大写：元整），即支付不低于合同总价的60%；

2.全部货物到货待财政专项资金到位后,项目负责人向财务处提交到货清单，甲方向乙方支付第二笔款 _____ 元（大写：_____元整），即支付合同总价的30%；

3.设备安装调试并验收合格待财政专项资金到位后，甲方向乙方支付第三笔款_____元（大写：_____元整），即合同总价10%；

4. 项目验收合格一年后,甲方将履约保证金无息返还乙方（乙方须出具履约保证金收据）。