

政府采购项目

采 购 需 求

项目名称：平顶山学院智能电力装备产业学院-
能源互联网实验平台项目

采购单位：平顶山学院

编制单位：平顶山学院

编制时间：2026 年 06 月

编 制 说 明

一、采购单位可以自行组织编制采购需求，也可以委托采购代理机构或者其他第三方机构编制。

二、编制的采购需求应当符合《财政部关于印发政府采购需求管理办法的通知》（财库〔2021〕22号）要求及政府采购的相关规定。

三、下划线部分属于提醒内容，编制时应删除。

四、对不适用的内容应删除，并调整相应序号。

一、需求调查情况

国家发展改革委、能源局、工业和信息化部《关于推进“互联网+”智慧能源发展的指导意见》中，明确要推进能源互联网多元化、规模化发展，加强能源互联网基础设施建设，推动能源与信息通信技术深度融合，攻克能源互联网关键技术与核心装备，同时支持高校开展能源互联网相关学科建设与人才培养，为能源革命提供技术和人才支撑。同时，根据省教育厅《关于做好“十四五”时期示范性应用技术类型本科高校建设工作的通知》，重点支持产业学院建设项目，鼓励高校搭建贴合行业需求的实验实训平台，提升学科专业与产业发展的契合度。

根据学校“十四五”期间学科专业群建设需要，为了支持能源与电气工程学院能源互联网特色学科建设需求，我校要在能源互联网、智能电网、新能源利用等产业领域，建成2个以上省内领先、国内有一定影响力的学科专业群，进一步强化学校在能源电力领域的办学特色和核心优势，助力地方能源产业转型升级。

目前，能源与电气工程学院虽然具备一定的电力系统、电气工程相关基础设施和实验设备，但针对能源互联网领域的专业性、创新性实验设施设备较为匮乏，缺乏能源互联网仿真、多源能源协同控制、能源大数据分析等核心实验平台，不便于开展能源互联网工程、智能电网等相关专业的实践教学和前沿科研工作，难以满足复合型能源互联网人才培养和关键技术攻关的需求。

能源互联网实验平台项目的建设，解决“能源互联网实物平台建设、仿真建模、多源能源协同调度”关键问题，打造能够服务于能源互联网、智能电网行业的人才培养基地、能够解决能源互联网领域关键技术的科研成果转化基地、兼具生产、教学、研发、创新创业功能的融合平台，最终建成区域性能源互联网行业人才、技术、成果、转化、孵化的重要集聚中心，为地方能源产业高质量发展和“双碳”目标实现提供强有力的人才保障和技术支撑。

在本建设项目中，主要包括分布式能源与智能电网通信系统、电力交易虚拟仿真系统和多能互联网一体化虚拟仿真系统等。

通过了解有三家及以上供应商有类似产品：河南求同、西安裕能、河南昂驰、许继集团等。

● 是否开展需求调查

已开展需求调查。

● 需求调查方式

本次能源互联网实验平台建设项目需求调查，综合采用咨询、论证等方式，确保调查结果科学、全面、贴合项目建设实际和人才培养、科研发展需求，具体如下：

1. 咨询调查：组织专人分别咨询能源互联网领域行业专家、高校同行（开设能源互联网、智能电网相关专业的院校）、相关企业技术负责人，重点咨询实验平台建设标准、核心设备选型、技术应用方向及行业人才培养需求，明确平台建设的核心要点和技术要求。

2. 论证调查：召开项目需求论证会，邀请学校学科带头人、一线授课教师组成论证小组，对实验平台建设的必要性、可行性、设备配置方案、功能定位等进行全面论证，结合学校办学特色和地方能源产业发展需求，优化完善项目需求，解决平台建设中的关键需求痛点。

● 需求调查对象

本次需求调查面向市场主体、行业专家、高校同行、校内师生等开展，确保调查结果能够全面反映市场供给能力和行业技术水平，具体调查对象如下：

1. 市场主体：选取在能源互联网相关设备研发、生产、服务领域具有较强实力和行业影响力的企业，涵盖行业龙头企业、专业设备厂商和区域骨干企业，具体包括：南瑞继保、河南求同、西安裕能、河南昂驰、许继集团等。

2. 行业及高校同行：能源互联网领域科研专家、电力企业技术负责人；开设能源互联网、智能电网相关专业的省内外高校（如华北电力大学、郑州大学等）的学科带头人、实验中心负责人。

3. 校内对象：能源与电气工程学院能源互联网工程、智能电网等相关专业的授课教师、实验教师、及在校学生。

● 需求调查结果

1. 相关产业发展情况

相关高校已投入使用类似产品。

2. 市场供给情况

市场有成熟产品供给。

3. 同类采购项目历史成交信息

华北电力大学：源网荷储一体化平台（包1），958.58万元，成交时间 2025.06；华北电力大学：源网荷储一体化平台（包2），950.8万元，成交时间 2025.08；天津理工大学：含氢能转化的源网荷储系统运行仿真分析平台，170万元，成交时间 2025.12；新疆工程学院：“源网荷储”一体化实验教学示范中心建设项目，100万元，成交时间 2026.05；西华大学：智能微电网群运行控制工程技术研究中心配网-微网弱耦合互联系统运行控制综合试验平台，420.00万元，成交时间 2025.12；

4. 可能涉及的运行维护、升级更新、备品备件、耗材等后续采购情况

本实验室平台设备投入使用后，主要涉及故障维修、软件更新、系统功能扩容等。不纳入本次采购，待后期根据实际使用需求，按学校零星采购或校内审批流程分年度按需采购。

5. 其他相关情况

无。

二、需求清单

（一）项目概况

能源互联网实验平台建设项目包含 1 个子项目（划分为 1 个包）

（二）采购项目预（概）算

总 预 算：99.5 万元

包 1 预算： 99.5 万元

包号	项目名称	项目负责人	预算
包 1	能源互联网实验平台	赵志敏	99.5 万

(三) 采购标的汇总表

包号	序号	标的名称	品目 分类编码	计量 单位	数量	是否 进口
1	1	分布式能源与智能电网通信实验系统		套	20	否
	1	微电网高压开关与绝缘测试实验系统		套	1	否
	2	电力交易虚拟仿真系统		套	1	否
	3	多能互联网一体化虚拟仿真系统		套	1	否

(四) 技术商务要求

1. 包 1

(1) 技术要求

序号	设备名称	技术要求
1	分布式能源与智能电网通信实验系统	分布式能源与智能电网通信实验系统面向电气工程及其自动化、能源互联网工程等相关专业课程提供实验实训设备和教学资源，满足 60 人以上的并发教学需求，分为硬件系统、软件系统、通信系统和教学资源四个模块。 一、 硬件系统 1. 硬件系统整体指标 1.1 硬件系统包含且不限于：光伏变流器、光伏组件、太阳模拟器、储能变流器、储能电池组、并网变流器、交直流负载、电气柜等组件。 1.2 硬件系统具有并网模式和孤岛模式两种运行模式。 2. 光伏变流器 光伏变流器低压侧接光伏组件，高压侧与直流母线相连，实现

序号	设备名称	技术要求
		光伏组件产生的直流电转换并馈入电网。具体要求如下： 2.1 额定功率$\geq 1\text{kW}$，输入直流电压范围 0-36V，输出电压$\geq 36\text{V}$，变流器最大效率$\geq 90\%$，输出电压纹波$\leq 5\%$。 2.2 具备 RS-485 通信功能，开放通信协议接口，支持远程数据采集、参数设置及控制操作等。 2.3 核心电气部件（包括但不限于控制、采样、功率转换、滤波等功能单元）应支持现场快速更换与维护。在无需拆卸整机、无需重新布线的条件下，单个功能单元的拆装时间应不超过 15 分钟（需提供拆装操作说明及时间测算依据），便于教学过程中模块原理讲解、故障模拟及维修实训。 ★2.4 具备最大功率跟踪控制（MPPT）和功率控制（PQ）两种工作模式。 ★2.5 具备直流硬件过压、直流软件过压、直流硬件过流、直流软件过流、直流防反继电器误动作、直流软启继电器误动作等保护功能。 2.6 包含不少于 4 路电流采样和 7 路电压采样。 ★2.7 主电路支持常见的逆变拓扑结构，核心功率模块应便于教学演示和故障模拟，具备可更换性。 ★2.8 支持控制算法二次开发，支持图形化编程和自动代码生成。 3.光伏组件 峰值功率$\geq 40\text{W}$，开路电压$\geq 21\text{V}$，短路电流$\geq 3.1\text{A}$，最大功率点电压$\geq 18\text{V}$，最大功率点电流$\geq 2.7\text{A}$。组件面积$\geq 820\text{mm} \times 600\text{mm}$，铝合金边框，防护等级 IP67。 4.太阳模拟器 采用机箱式防爆灯罩，额定功率$\geq 200\text{W}$，额定电压 220VAC，光照强度可调节。 5.储能变流器 储能变流器低压侧接储能电池组，高压侧接直流母线，采用 DC/DC 升压结构，实现储能电池充放电控制及电能转换。具体要求如下： 5.1 额定功率$\geq 1\text{kW}$，输入直流电压范围 0-36V，输出电压$\geq 36\text{V}$，变流器最大效率$\geq 90\%$，输出电压纹波$\leq 5\%$。 5.2 具备 RS-485 通信功能，开放通信协议接口，支持远程数据采集、参数设置及控制操作等。 5.3 核心电气部件（包括但不限于控制、采样、功率转换、滤波等功能单元）应支持现场快速更换与维护。在无需拆卸整机、无需重新布线的条件下，单个功能单元的拆装时间应不超过 15 分钟（需提供拆装操作说明及时间测算依据），便于教学过程中

序号	设备名称	技术要求
		模块原理讲解、故障模拟及维修实训。 ★5.4 支持功率控制（PQ）和直流稳压模式。 ★5.5 具备直流硬件过压、直流软件过压、直流硬件过流、直流软件过流、直流防反继电器误动作、直流软启继电器误动作等保护功能。 5.6 包含不少于 4 路电流采样和 7 路电压采样。 ★5.7 主电路支持常见的逆变拓扑结构，核心功率模块应便于教学演示和故障模拟，具备可更换性。 ★5.8 支持控制算法二次开发，支持图形化编程和自动代码生成。 6.储能电池组 ★6.1 标称电压 24V，工作电压范围 16.8V-25.2V，额定容量≥10Ah，单体电压 3.2V。 6.2 电池组整体应便于在设备箱体内存安全固定与快速更换（无需拆卸其他核心部件）。 6.3 具备过压保护、短路保护、过充保护、过放保护和过流保护功能。 7.并网变流器 实现交直流母线互联，支持能量双向流动。具体要求如下： 7.1 额定功率≥1kW，直流侧额定电压 36V，交流侧额定电压 12V，变流器最大效率≥90%，输出电压纹波≤5%。 ★7.2 具备并离网切换功能。 ★7.3 功率部分由三相半桥电路、滤波电路、软启动电路等构成，采用背板加插接板结构。 7.4 具备 RS-485 通信功能，开放通信协议接口，支持远程数据采集、参数设置及控制操作等。 7.5 核心电气部件（包括但不限于控制、采样、功率转换、滤波等功能单元）应支持现场快速更换与维护。在无需拆卸整机、无需重新布线的条件下，单个功能单元的拆装时间应不超过 15 分钟（需提供拆装操作说明及时间测算依据），便于教学过程中模块原理讲解、故障模拟及维修实训。 ★7.6 支持定交流电压和直流稳压控制模式。 ★7.7 具备直流硬件过压、直流软件过压、直流硬件过流、直流软件过流、交流硬件过压、交流软件过压、交流硬件过流、交流软件过流、直流防反继电器误动作、直流软启继电器误动作、交流软启继电器误动作、交流并离网继电器误动作等保护功能。 7.8 包含不少于 4 路电流采样和 7 路电压采样。 ★7.9 支持控制算法二次开发，支持图形化编程和自动代码生成。

序号	设备名称	技术要求
		8.交直流负载 8.1 交流负载: 不少于 1 组阻性交流负载,阻值 10 Ω ,功率 100W,采用星形接法。 8.2 直流负载: 不少于 1 组阻性直流负载,阻值 100 Ω ,功率 100W,通过断路器与直流母线相连。 9.电气柜 系统柜体尺寸$\leq 600\text{mm} \times 600\text{mm} \times 1800\text{mm}$ (宽深高),柜体前面板配备电源指示灯、操作开关及标识等。 二、 软件系统 1.具备控制硬件子系统的启停控制、参数设定的功能,具备实时监视整个硬件系统运行状态的功能,具备实时记录硬件系统运行数据的功能。 2.光伏变流器、储能变流器、并网变流器均接入软件系统,实现数据互联,支持 Modbus 通信规约。 ★3.具备下发功率指令功能,系统自动响应并调整运行状态,对应节点动态显示系统潮流分布及各设备运行状态信息。 ★4.具备电路拓扑结构可视化功能,拓扑结构对应位置实时显示电压、电流等关键运行参数。 ★5.具备故障代码显示界面。故障类型包含但不限于:直流硬件过压、直流软件过压、直流硬件过流、直流软件过流、交流硬件过压、交流软件过压、交流硬件过流、交流软件过流、交流并网硬件过压、交流并网软件过压、直流防反继电器误动作、直流软启继电器误动作、交流软启继电器误动作、交流并网继电器误动作。 ★6.具备电压环、电流环 PI 参数自定义设定功能。 ★7.具备电压和电流波形实时显示功能。 ★8.具备电压和电流波形实时频谱分析和显示功能。 三、智能电网信息通信系统 1.系统支持智能电网通信技术相关实验开展,具备智能电网通信四遥、设备组网、无线通信、专用通信协议规约转换等功能。 2.系统具备设备组网功能,包括但不限于:终端设备(如微电网系统中的各类变流器等)接入现场总线,通过集线器实现终端设备与主机的双向通信;具备设备通信参数配置、设备启动控制、数据交互性能测试、总线通信故障模拟等功能。 3.系统具备无线通信功能,包括但不限于:通过 LoRa 通信技术实现无线数据双向传输;具备支持网关参数(如设备地址、通信频段、信道等)和终端节点参数(如设备地址、扩频因子、发射功率、通信带宽等)设定的功能。 4.系统具备规约转换功能,包括但不限于:IEC 104 与 Modbus RTU 规约双向转换功能。系统具备实时显示报文结构的功能。

序号	设备名称	技术要求
		四、教学资源 1.提供的教学资源包含以下 24 个实验项目： 1.1 微电网并网运行启停实验 1.2 微电网离网运行启停实验 1.3 微电网离/并网切换实验 1.4 光伏组件的安装与调试实验 1.5 光伏组件特性测试实验 1.6 光伏供电系统接线实验 1.7 光伏发电装置认知实验 1.8 光伏变流器原理认知实验 1.9 光伏变流器控制实验 1.10 储能系统原理认知实验 1.11 储能系统控制实验 1.12 储能变流器原理认知实验 1.13 光伏电站组件常见故障处理实训 1.14 光伏电站逆变器常见故障处理实训 1.15 储能系统常见故障处理实训 1.16 并网调试实训 1.17 并网变流器原理认知实验 1.18 并网变流器控制实验 1.19 智能电网通信四遥实验 1.20 智能电网设备组网实验 1.21 智能电网专用通信协议实验 1.22 智能电网无线通信实验 1.23 IEC61850 报文仿真与解析实验 1.24 智能电网规约转换实验 2.配套资源 2.1 实验指导书：提供上述所有实验项目的实验指导书，内容包括但不限于实验目的、实验原理、实验器材、实验步骤、操作注意事项、实验数据记录及实验结论等。每项实验对应的实验指导书不少于 2 千字，全部实验实验指导书不少于 5 万字。 2.2 教学 PPT：提供包含上述所有实验的教学 PPT；教学 PPT 包含实验指导书中的所有内容；每项实验的 PPT 不少于 10 页。 2.3 电气接线图：提供系统电气接线图；电气接线图符合 GB/T 18135-2008《电气工程 CAD 制图》规则。 2.4 模块电气原理图：提供光伏变流器、储能变流器、并网变流器的功率板、采样板、滤波板等核心模块的电气原理图。电气原理图符合 GB/T 18135-2008《电气工程 CAD 制图》规则。 2.5 通信系统原理接线图：提供系统通信部分的原理接线图。通信系统原理接线图符合 GB/T 18135-2008《电气工程 CAD 制

序号	设备名称	技术要求
		图》规则。 2.6 教学视频： 提供不少与 200 分钟的教学视频。
2	微电网高压开关与绝缘测试实验系统	微电网高压开关与绝缘测试实验系统面向电气工程及其自动化、能源互联网工程等相关专业课程提供实验实训设备和教学资源，分为硬件系统和教学资源两个模块。 一、硬件系统 1.高压开关特性测试仪 1.1 时间测量：不少于 12 路，分闸（合闸）相间不同期之差 1~99ms。内触发测试范围：1ms~10000ms，分辨率：0.01ms。外触发测试范围：1ms~10000ms，999ms 以内分辨率：0.01ms；1000-9999ms 分辨率：0.1ms；10000ms 以上分辨率：1ms。200ms 以内准确率：0.05%±0.1ms。 1.2 速度测量：直线传感器 0.01~20.00m/s，准确率:±0.1m/s；345° 角度传感器 0.01~20.00m/s，准确率:±0.1m/s。 1.3 行程测量：直线传感器测量范围：0-50mm，分辨率：0.1mm。可选配 100-1000mm 任意长度的直线传感器。345 度旋转传感器，等效行程测量范围：0-1000mm，分辨率:0.08°，准确率：±(1%L+0.2)mm。 1.4 电流范围：最大电流 20A，分辨率 0.01A，准确率±2%。 1.5 电阻范围：电阻 1000Ω，分辨率：0.01Ω，准确率±2%。 1.6 仪器电源：AC 220V ± 10%；50Hz ± 10%。 1.7 直流电源输出：DC20~270V 连续可调，瞬时最大电流 30A，功率 3300W。 1.8.外触发电压：AC/DC10-300V，电流≤120A。 1.9 隔离开关或储能到位断路器测量范围： 电压输出：DC20~270V（可调）；电源输出时间：0.01-10 秒（可设置）；断口信号最大采集时间为 10 秒。 2.高压介质损耗测试仪 2.1 电容量测量参数 2.1.1 测量准确度：±(Num × 1% + 1pF)。 2.1.2 测量量程： 内施高压模式：3pF~60000pF @ 10kV；60pF~1.0 μF @ 0.5kV。 外施高压模式：3pF~1.5 μF @ 10kV；60pF~30 μF @ 0.5kV。 2.1.3 分辨率：最高 0.001pF，测量结果以 4 位有效数字显示。 2.2 介质损耗角正切值 (tg δ) 测量参数 2.2.1 测量准确度：±(Num × 1% + 0.00040)。 2.2.2 测量范围：设备可自动识别电容型、电感型、电阻型试品。 2.2.3 分辨率：0.001%。 2.2.4 抗干扰性能：200% 干扰电场强度环境下，仍可保证测量准确度指标。 2.2.5 试验电流测量范围：10 μA~5A。 2.3 内施高压技术参数

序号	设备名称	技术要求
		2.3.1 输出电压范围：0.5kV~10kV。 2.3.2 最大输出电流：200mA。 2.3.3 电压调节方式：连续平滑调节。 2.3.4 电压测量准确度：±(读数 ×1.5% + 10V)。 2.3.5 电压分辨率：1V。 2.4 输出频率参数 2.4.1 频率可调范围：45Hz~65Hz，支持整数频率设定。 2.4.2 自动双变频模式：内置 49/51Hz、45/55Hz、55/65Hz、47.5/52.5Hz 多组变频组合，可自动切换。 2.4.3 频率准确度：±0.01Hz。 2.5 外施高压与 CVT 测试参数 2.5.1 正接线模式：最大试验电流 5A，适用试验频率范围 40Hz~70Hz。 2.5.2 反接线模式：支持最高 10kV 试验电压，最大试验电流 5A，适用试验频率范围 40Hz~70Hz。 2.5.3 CVT 自激法测试输出：低压激励输出电压范围：3V~50V，低压激励输出电流范围：3A~30A。 2.6 通信接口 标配标准 RS232、USB 或 RJ45（以太网）接口，支持与上位机进行数据交互。 3.真空断路器 3.1 额定电压：12kV。 3.2 额定电流：630A。 3.3 额定短路开断电流（有效值）：20kA。 3.4 额定短路关合电流（峰值）：63kA。 3.5 额定峰值耐受电流（动稳定电流，峰值）：63kA。 3.6 额定短时耐受电流（热稳定电流，持续时间 4s，有效值）：20kA。 二、教学资源 1.提供的教学资源包含以下实验项目： 1.1 真空断路器结构认知与分合闸操作实验 1.2 真空断路器机械特性参数测试实验 1.3 真空断路器绝缘介质损耗测试实验 1.4 操作电压对开关机械特性的影响探究实验 1.5 介质损耗测试接线方式对比实验 2.配套资源 2.1 实验指导书：提供上述所有实验项目的实验指导书，内容包括但不限于实验目的、实验原理、实验器材、实验步骤、操作注意事项、实验数据记录及实验结论等。每项实验对应的实验指导书不少于 2 千字，全部实验实验指导书不少于 1.2 万字。 2.2 教学 PPT：提供包含上述所有实验的教学 PPT；教学 PPT

序号	设备名称	技术要求
		需涵盖实验指导书的核心知识点、实验原理图、接线图及操作流程，图文并茂；每项实验的 PPT 不少于 10 页。 2.3 教学视频：提供不少与 50 分钟的教学视频。
3	电力交易虚拟仿真系统	电力交易虚拟仿真系统面向电气工程及其自动化、能源互联网工程相关专业课程提供课程平台和实验实训环境，满足 60 人以上的并发教学需求，主要分为仿真系统、教学管理和教学资源三个模块。 一、仿真系统 1.整体指标 1.1 提供仿真系统的终身免费升级、安装服务。 1.2 围绕电力交易全流程，具备从数据管理、成员管理、交易仿真、业务执行到设备联动的完整功能体系。 1.3 提供不少于 70 个并发用户授权，支持同时在线使用。帧率：60 帧/秒；操作响应延迟：<100ms；分辨率：1920*1080；视场角：≥60 度。 2.数据可视化功能 提供大数据模式，展示电力交易主体概况、交易指数、成交电量、负荷及省级网络架构等核心信息。 3.成员管理功能 提供市场成员及个人管理功能，至少覆盖电力交易人员、发电企业、电力用户、售电企业四类角色。 4.现货交易仿真功能 提供交易全流程仿真，含报价、负荷申报、交易撮合（DA-SCUC 算法、RT-SCED 算法）、结算、数据导出及潮流分析等。 5.中长期交易仿真功能 提供交易意向申报、竞价撮合、安全校核、中标发布及结算分析等功能，可引导用户分析市场博弈规律。 6.设备控制联动功能 支持与分布式能源硬件系统的数据接口对接，实现交易策略对硬件运行状态的模拟控制。（须提供视频演示佐证） 7. 交易汇总功能 提供交易汇总功能，对各类交易申报数据集中汇总，覆盖交易全流程相关数据，包括但不限于历史交易明细信息及各场次交易中标结果等。 8. 交易结算功能

序号	设备名称	技术要求
		提供交易结算功能，各交易角色（电力交易中心、发电企业、售电企业、电力用户）独立结算。采用图标、折线图等多种可视化形式开展结算数据分析，针对不同角色定制专属分析图表。 9. 数据管理功能 具备完善的数据管理能力，至少包括：数据导入/导出：支持 CSV、Excel、JSON 等常见格式，支持批量导入历史交易数据、负荷预测数据等；数据校验与清洗：内置数据合法性校验规则，支持异常数据标记或自动修正；数据备份与恢复：提供一键备份/恢复功能，支持定时自动备份；统计分析功能：分类展示电网整体运行及电力交易全流程数据。 二、教学管理 提供至少 1 个教学管理账号，可实现如下功能： 1. AI 助手功能 1.1 提供软件管理界面和手机扫描二维码两种启动方式，可根据软件考核模式、软件配置参数进行显隐控制。 1.2 提供内置窗口，展示文本、视频、三维程序和 H5 应用程序等格式的回答内容。 教师可上传任意资料创建专业知识库，支持 word、pdf、ppt、pptx、excel、png、jpeg、jpg、gif、mp4、wav 和 mov 等格式。支持预览和上传 fbx、dwg、dxf、obj、sol 和 grdecl 等三维格式。 1.3 提供模块拖拽和连线方式完成问答机器人过程定义的功能，模块结构支持用户输入、聊天记录、AI 对话、知识库搜索、指定回复、问题分类和文本内容等模块。 2. 学员能力测评功能 2.1 提供自定义评分维度及评分标准的功能，实现评分维度与评分标准的绑定、编辑。 2.2 提供 AI 智能算法，对学员成绩进行分析，计算学员真实能力值及题目难易度。 2.3 提供雷达图展示学员各维度的掌握程度。 2.4 提供 SGD、牛顿法等多种优化算法。 3. 教师技能练习功能 3.1 提供教学设计、课堂导入、课堂讲解、课堂板书、课堂提问、课堂结束、说课评课 7 项技能培训模块。 3.2 具备填写教学目标、教学重难点等功能。 3.3 具备导课、说课、巩固练习、归纳小结、作业安排五个环节的注意事项、学习方式、内容/安排填写功能。 3.4 具备生成教案的功能，教案未提交前可进行不限次数修改。 3.5 具备在填写过程中随时查看勾选的电子教材和课件 PPT 功

序号	设备名称	技术要求
		能。 3.6 具备师生互动功能，用户预设不少于 200 个问题的内容、学生回答及问题回复。 3.7 具备自主添加回答功能，每个预设问题支持添加不少于 10 个回答，支持随机分配问题功能，分配数量不少于 10 人。 三、教学资源 1. 实验项目 包含但不限于以下 21 实验项目： 1.1 电力系统网络架构学习实验 1.2 电力交易大厅漫游及电力市场知识测评实验 1.3 交易中心创建中长期/现货交易实验 1.4 发电企业五段报价及报价曲线生成实验 1.5 售电企业 24 小时预测负荷值申报与修改实验 1.6 电力用户 24 小时预测负荷值申报适配实验 1.7 日前机组组合（DA-SCUC）算法撮合实验 1.8 实时经济调度（RT-SCED）算法撮合实验 1.9 交易中心发电企业结算数据分析实验 1.10 交易中心售电/用电主体结算数据分析实验 1.11 日前/实时线路潮流及节点负荷分析实验 1.12 日前/实时电价分析及阻塞节点电价差异实验 1.13 发电企业结算与发电数据自主分析实验 1.14 售电公司购电成本与收益分析实验 1.15 电力用户个人购电费用与负荷匹配分析实验 1.16 发电/售电/用电主体申报数量与价格实验 1.17 竞价算法撮合及安全校核实验 1.18 市场主体中标信息查询与市场博弈分析实验 1.19 多人在线现货交易全流程协同实验 1.20 多人在线中长期交易集中竞价实验 1.21 多角色协同交易的安全校核与结果发布实验 2. 配套资源 提供配套教学资源，具体包括： 2.1 实验指导书：提供上述实验项目的实验指导书，涵盖实验目的、原理、步骤、注意事项及数据分析等；每项实验对应的实验指导书不少于 2 千字，全部实验实验指导书不少于 4.5 万字。 2.2 教学 PPT：包含实验指导书中的所有内容；提供电力交易基础理论、软件功能操作、交易算法解析、实验案例分析、市场博弈逻辑等的配套实验操作截图与数据图表；每项实验的 PPT 不少于 10 页。 2.3 提供上述软件的帮助文档和视频教程。 2.4 提供与软件匹配的电力交易行业规范。

序号	设备名称	技术要求
4	多能互联网一体化虚拟仿真系统	多能互联网一体化虚拟仿真系统面向电气工程及其自动化、能源互联网工程相关专业课程提供课程平台和实验实训环境，满足 60 人以上的并发教学需求，主要分为仿真系统、教学管理和教学资源三个模块。 一、仿真系统 1. 整体指标 1.1 提供仿真系统的终身免费升级、安装服务。 1.2 围绕能源互联网全流程，覆盖新能源发电、储能、多能源网络、负荷管理及运行调控等核心环节，具备设备选型、系统构建、运行策略模拟与效果分析等功能。 1.3 提供不少于 70 个并发用户授权，支持同时在线使用。帧率：60 帧/秒；操作响应延迟：<100ms；分辨率：1920*1080；视场角：≥60 度。 2. 光伏电站虚拟搭建功能 提供光伏电厂参数配置界面，可手动选择光伏板、逆变器、汇流箱、变压器等主要器件型号。提供虚拟器件库和区域光照资源数据集，虚拟器件库和数据集可自主维护。 3. 风电场虚拟搭建功能 提供风电场实景界面，可在虚拟器件库中选择风力发电机、齿轮箱、叶片、变压器等关键器件的型号和参数。具备数据统计功能，包括风力发电机型号、齿轮箱型号、风机叶片型号、变压器型号、切入风速、切出风速、转化效率、风轮面积、利用系数、风电机组投资成本、电损耗率、额定功率等信息。 4. 储能系统虚拟搭建功能 提供蓄电池、超级电容、氢储、飞轮储能、抽水蓄能等储能形式，支持单一储能和混合储能两种运行方式。 5. 能源网络建模功能 提供天然气网络、热网虚拟构建与参数配置功能，提供虚拟器件库，可在虚拟器件库中选择气网、热网主要器件，自动生成建设成本，供热供暖效率等数据。 6. 负荷组合功能 提供工厂用电、民用电以及电动汽车充电桩三种负荷类型，支持负荷实景漫游。支持负荷供电需求比例设置，自动生成电能结点负荷特性曲线。 7. 削峰填谷功能 提供能量管理功能，支持多种控制策略的运行。根据负荷曲线，

序号	设备名称	技术要求
		采取低谷充电、尖峰、高峰放电的控制策略。 8. “火电+储能”联合调频功能 提供电力系统运行调度补贴及考核功能，支持发电机组的调频能力日常考核。 二、教学管理 提供至少 1 个教学管理账号，可实现如下功能： 1. 教学辅助功能 支持师生双权限管理，具备实验数据导出、曲线对比分析功能。 2. 学员能力测评功能 2.1 提供自定义评分维度及评分标准的功能，实现评分维度与评分标准的绑定、编辑。 2.2 提供 AI 智能算法，对学员成绩进行分析，计算学员真实能力值及题目难易度。 2.3 提供雷达图展示学员各维度的掌握程度。 3. 教师技能练习功能 3.1 提供教学设计、课堂导入、课堂讲解、课堂板书、课堂提问、课堂结束、说课评课 7 项技能培训模块。 3.2 具备填写教学目标、教学重难点等功能。 3.3 具备导课、说课、巩固练习、归纳小结、作业安排五个环节的的注意事项、学习方式、内容/安排填写功能。 3.4 具备生成教案的功能，教案未提交前可进行不限次数修改。 3.5 具备在填写过程中随时查看勾选的电子教材和课件 PPT 功能。 3.6 具备师生互动功能，用户预设不少于 10 个问题的内容、学生回答及问题回复。 3.7 具备自主添加回答功能，每个预设问题支持添加不少于 10 个回答，支持随机分配问题功能，分配数量不少于 10 人。 三、教学资源 1. 实验项目 包含但不限于以下 20 个实验项目： 1.1 光伏电厂电路接线设计与系统稳定性验证实验 1.2 风电厂核心部件选型与参数配置实验 1.3 风电厂电路接线与并网运行实验 1.4 火电厂燃料/汽轮机组参数配置实验 1.5 气网器件选型与供气压力配置实验 1.6 热网器件选型与供热效率配置实验 1.7 电/气/热多能互联节点搭建与能量流动监测实验 1.8 工厂/民用/充电桩负荷类型组合与供电比例设置实验

序号	设备名称	技术要求
		1.9 负荷特性曲线生成与峰谷负荷变化分析实验 1.10 蓄电池/氢储/飞轮储能单一模式选型与原理验证实验 1.11 混合储能模式配置实验 1.12 基于负荷数据的储能最优容量计算与投资成本分析实验 1.13 风电最大功率追踪算法验证实验 1.14 光伏扰动观察法/电导增量法最大功率追踪对比实验 1.15 逆变器下垂控制模式与多模式兼容实验 1.16 单一火电调频性能指标测试实验 1.17 “火电 + 储能” 联合调频与性能提升对比实验 1.18 碳捕集机制搭建与 CO₂ 转化甲烷循环利用实验 1.19 碳捕集前后碳排放量与新能源消纳率对比实验 1.20 分时电价/碳交易机制下的能源需求响应实验 2. 配套资源 提供配套教学资源，具体包括： 2.1 实验指导书：提供上述实验项目的实验指导书，涵盖实验目的、原理、步骤、注意事项及数据分析等；每项实验对应的实验指导书不少于 2 千字，全部实验实验指导书不少于 4.5 万字。 2.2 教学 PPT：包含实验指导书中的所有内容；覆盖多能互联基础理论、新能源发电技术、储能原理、控制策略、低碳能源系统设计等内容，配套 3D 操作界面截图与实验数据曲线。每项实验的 PPT 不少于 10 页。 2.3 提供上述软件的使用说明书及帮助文档。

（2）商务要求

1. 现场演示及测试：项目中标后、签订采购合同之前，提供主要设备厂方针对本项目的授权、产品原厂售后服务承诺函、产品授权等材料；业主对任何响应内容存疑时，可随时（原则上为中标通知书生效后的一周内、合同签订之前）要求对所提供的方案的任意功能在项目实施现场进行功能演示与测试，投标方必须无条件配合。如果与投标响应文件存在不符、功能不能实现、不能按要求对接现有系统、要求改变现有系统状态（如整体或部分替换、拆除、改变使用方式、改变配置等）、无法满足设计规范、不符合系统实施方案的要求等，任何一种情况均以虚假应标处理，采购人有权终止合同签订流程，追究投标方违约责任，由此所产生的一切费用及项目延误造成的一切损失由投标人全部承担，并可以由后续中标候选人顺序中标。

2. 除明确说明内容外，所有响应细节中有关“支持”等响应描述，当用户方对“支持”等内容有具体需求时，中标方均应当无条件免费提供满足用户方相应需求的服务。

3. 质保服务：本项目须提供 5 年免费质保服务（主要设备及核心软件原则上为原厂质保）。质保期内，中标人负责对软件系统进行维护和迁移，并且保证每学期上门维护一次，不再向用户收取任何费用。质保期后中标人提供的产品，采购人有权永久免费使用、迁移、安装。软件版本、各种升级库终身免费更新；系统漏洞和各种 BUG 终身免费修补。须提供产品原厂使用授权函和售后服务承诺函。

4. 故障处置：一般系统故障（包括漏洞修复）须在 2 小时内做出有效响应，24 小时内解决；特殊复杂的系统故障（包括漏洞修复）须 48 小时内解决；若需现场解决故障的，服务人员必须在 5 小时内到达学校。

5. 技术及使用培训：免费提供所购软件中文版的操作说明书、相关技术资料及培训资料。免费提供每年不少于 2 次的现场培训或集中培训，并提供各种类型培训与个性化指导。

6. 费用范围：本项目为交钥匙工程，项目预算已包含项目实施过程中的所有费用。投标方应充分考虑项目实施过程中各环节的费用，并包含在投标总报价中，项目实施中不得以任何理由增加费用。

7. 交货期：原则上合同签订后 45 天内到货并安装调试完毕。