HUANGHUAI UNIVERSITY / ENERGY ENGINEERING

可再生能源智能微电网实验学习指南

人工智能+可再生能源智能微电网虚拟仿真系统

基于项目申报书整理 · 教学参考版 V1.0
黄淮学院能源工程学院 / 2026年11月

认知学习	场景模拟	综合考核
6学时	18学时	6学时
理解系统与设计方案	25步操作与重复验证	独立决策与对照分析

使用说明

本指南依据项目申报书整理，用于学习准备与报告记录，尚须由任课教师结合实际设备参数、模型边界与操作票审核。网页交互演示采用预设数据与小时级能量平衡模型，不连接实物设备，不能替代正式三维实验、现场操作规程或教师评价。

目录：1.实验目标与安全准备 2.原理与方法 3-6.25步任务 7.考核与报告

01 / 实验目标与安全准备

适用专业与依托课程

面向新能源科学与工程、智慧能源工程、储能科学与工程专业，主要依托《新能源综合实训》组织30学时综合实验。

学习目标

- 绘制风光储荷微电网主接线图，解释功率平衡、储能SOC约束与并离网运行条件。
- 说明BMS、PCS、PLC的功能关系；依据负荷与设备参数形成容量、接线与保护配置方案。
- 完成25步实质性交互，设置风光波动、负荷变化或故障工况，形成可追溯的运行记录。
- 在同一输入和约束下比较至少两种调度策略，用供电、消纳、购电与SOC指标说明取舍。
- 核验AI建议并保留理由，区分仿真结果与真实工程可验证的结论。

安全与课前准备

- 识读任务、主接线图和设备资料，核对电压等级、极性、相序、容量及功率限值。
- 确认隔离、急停与设备初始状态；按操作票进行检查，不绕过保护联锁。
- BMS负责电池监测与保护；PCS负责主功率变换；PLC组织控制与联锁，三者不能相互替代。
- 准备参数表、操作日志与报告模板，保留首次错误、诊断、修改与复测证据。

建议课前自测：为什么SOC达到下限时不能继续放电？离网运行需要谁建立电压频率参考？Modbus TCP断连后如何区分通信异常和电气异常？

02 / 基本原理与分析方法

功率平衡与符号约定

P_PV + P_WT + P_BESS + P_GRID = P_LOAD + P_LOSS

各项功率采用相同单位。储能放电为正、充电为负；主网向微电网送入功率为正，微电网向主网上网为负。并网时按限值交换功率；离网时需具备构网能力的设备建立电压频率参考。

SOC与运行边界

SOC变化取决于储能功率、时长、容量与充放电效率。既要检查剩余能量，也要检查PCS功率限值。并离网切换需验证同期、控制、保护、SOC与负荷条件，不能预设所有工况均无扰动。

网页教学演示假设

光伏额定90kW、风机额定45kW、储能充放电限值50kW、主网交换限值±100kW。SOC范围20%-90%，充放电效率均为95%，步长1小时。忽略线路及变流器功率损耗，效率计入SOC。风光、负荷均为预设教学曲线，不计算电压频率与毫秒级暂态。

预测与AI建议核验

以LWLR作为可解释预测基线，最近48小时可作为滚动输入窗口之一，预测未来24小时。训练与验证需覆盖更多工况，按时间顺序划分数据，避免使用未来信息。以MAE、RMSE与持续性预测在同一测试集比较。

AI教学支持围绕课前知识定位、课中分层提示、课后误差反思设计。记录引用资料、参数约束和个人判断。预测辅助方案可能因误差或约束失去优势，结论必须由结果支持。

核心知识点

微电网拓扑与选型；实时功率平衡；SOC约束；设备接线与安全；并离网条件；PLC与能量管理；计量保护与Modbus TCP；预测误差与调度评价。

03 / 安装与光伏配置 / 01-07

每步满分4分：结果2分、依据或诊断1分、规范记录1分。用时为单轮参考，不与30学时简单等同。

01 安全隔离与拓扑方案选择

识读任务，选择拓扑并检查隔离、急停和设备初始状态。

评价：拓扑与隔离2；风险依据1；检查记录1。参考用时：10分钟。

02 光伏组件分选

按负荷与电性能参数选择组件组合，比较容量匹配。

评价：参数匹配2；选择依据1；记录规范1。参考用时：12分钟。

03 组件支架安装

按给定施工条件确定位置、布置与紧固参数。

评价：定位紧固2；布置依据1；操作规范1。参考用时：15分钟。

04 光伏组件安装

按布局完成组件固定并校核排列及遮挡条件。

评价：安装匹配2；布局说明1；记录规范1。参考用时：15分钟。

05 汇流箱安装

选择安装位置与防护条件，核验连接空间。

评价：位置防护2；选点依据1；操作规范1。参考用时：10分钟。

06 汇流箱内部接线

按线号连接支路并核验熔断、隔离和保护关系。

评价：接线正确2；保护解释1；记录规范1。参考用时：20分钟。

07 光伏组件接线

完成组件串并联与汇流箱连接，核验电压和极性。

评价：极性与电压2；串并联依据1；记录规范1。参考用时：20分钟。

04 / 储能与控制连接 / 08-11

每步满分4分：结果2分、依据或诊断1分、规范记录1分。用时为单轮参考，不与30学时简单等同。

08 蓄电池组接线

按给定容量需求连接电池组，校核电压与极性。

评价：连接匹配2；容量依据1；安全记录1。参考用时：20分钟。

09 BMS接线与参数核验

连接采集和通信回路，设置并核验允许状态范围。

评价：采集通信2；参数依据1；记录规范1。参考用时：15分钟。

10 PCS接线与参数设置

完成主控回路连接，校核变流方向与功率限值。

评价：回路与限值2；方向解释1；记录规范1。参考用时：20分钟。

11 PLC接线与逻辑校验

核对输入输出点及联锁逻辑，测试允许和禁止操作。

评价：点位与联锁2；逻辑解释1；记录规范1。参考用时：20分钟。

05 / 计量保护与通信 / 12-20

每步满分4分：结果2分、依据或诊断1分、规范记录1分。用时为单轮参考，不与30学时简单等同。

12 进线计量仪表接线

连接计量回路并核对功率方向与测量结果。

评价：计量正确2；方向解释1；记录规范1。参考用时：10分钟。

13 保护测控装置接线

核对二次回路与保护参数，验证异常工况响应。

评价：回路与参数2；保护分析1；记录规范1。参考用时：15分钟。

14 储能直流计量接线

连接直流计量回路，校核量程与功率方向。

评价：量程极性2；数据解释1；记录规范1。参考用时：10分钟。

15 太阳能控制器接线

完成光伏控制器连接并校核电压电流范围。

评价：连接参数2；控制解释1；记录规范1。参考用时：15分钟。

16 风机控制器接线

连接风电控制回路并核验保护与功率变化。

评价：连接保护2；变化解释1；记录规范1。参考用时：15分钟。

17 变频器接线与设置

连接回路，设置给定运行参数并观察负荷响应。

评价：接线参数2；响应解释1；记录规范1。参考用时：15分钟。

18 通信连接与地址配置

连接网关、PLC和监控端，配置地址并测试断连。

评价：配置与连通2；断连诊断1；记录规范1。参考用时：10分钟。

19 并网进线回路接线

连接并网回路，校核相序、隔离和保护条件。

评价：回路条件2；并网依据1；安全记录1。参考用时：15分钟。

20 辅助电源回路接线

连接控制电源，核验电压等级与急停回路。

评价：供电急停2；安全解释1；记录规范1。参考用时：10分钟。

06 / 调试运行与综合决策 / 21-25

每步满分4分：结果2分、依据或诊断1分、规范记录1分。用时为单轮参考，不与30学时简单等同。

21 系统供电检查与调试

实施送电前检查及分系统调试，处理异常量测。

评价：调试正确2；异常诊断1；操作票记录1。参考用时：15分钟。

22 离网运行启动

验证储能可用状态与负荷条件，启动并分析曲线。

评价：启动与供电2；曲线解释1；记录规范1。参考用时：15分钟。

23 并网运行启动

检验同期与保护条件，完成并网并核对功率交换。

评价：同期与交换2；运行解释1；记录规范1。参考用时：15分钟。

24 并离网切换验证

改变负荷或SOC条件，记录切换时间与电压频率变化。

评价：条件与切换2；扰动分析1；记录规范1。参考用时：15分钟。

25 自主调度与故障处置

比较两种24小时运行策略，核验AI建议并处置故障。

评价：策略与处置2；对照论证1；证据记录1。参考用时：20分钟。

07 / 考核、报告与策略对照

评价环节	比重	证据要求
预习测验	10%	原理、安全与设备知识
交互操作	50%	25步各4分，原始100分后折算
实验报告	25%	参数依据、对照分析与结论可信度
教师综合评价	15%	独立解释、AI建议核验与迁移应用

关键联锁未满足的危险操作应被阻断，本步不得分，整改后按课程规则重试并留痕。时间用于过程分析，不以速度替代正确性和安全性。最终成绩由教师复核。

报告六项内容

- 任务与配置：主接线图、设备参数、容量配比及安全约束。
- 工况与方法：输入数据、负荷、初始SOC、时间步长和两种策略规则。
- 运行证据：操作记录、功率与SOC曲线、异常定位与复测结果。
- 同工况对照：本地风光消纳率、供电满足率、购电量、供电缺额及结束SOC。
- AI建议核验：原建议、来源、约束检查、采纳或拒绝依据；未使用时如实说明。
- 结论与边界：用数据说明方案取舍，列出模型简化与下一轮验证计划。

指标口径

本地风光消纳率 = (风光发电量 - 上网电量 - 弃电量) / 风光发电量；供电满足率 = (负荷需求电量 - 供电缺额电量) / 负荷需求电量。应明确时间范围、单位与数据来源。

推荐对照：相同晴日工况下的两种策略；云遮前后；低SOC离网前后；通信故障恢复前后。保持其他条件一致，避免同时改变多个变量后直接归因。