

附件：

项目概况

包 1:

(1) 基于 RCP+HIL 的源网荷储柔性直流输电系统：随着“碳达峰、碳中和”国家重要战略的逐步深入，新能源渗透率逐步提高，柔性直流输电系统呈现了高比例新能源和高比例电力电子设备接入的新特性。通过硬件在环实时仿真平台建设，实现柔性直流输电系统动态模型仿真实验，满足微网运行设备电气特性研究。可以满足柔性直流输电系统在新能源接入后电能质量研究：包括连接方式、功率因素、电压变动、闪变限值、自动负荷分级控制限制与切离控制程序开发。系统具有易于测试故障工况，易于实现测试自动化，易于重现各种工况等优点。另外该仿真平台还能够构建包含风电、光伏等新能源的电力系统数字孪生模型，支持从单个变流器到多能互补系统的全尺度实验。通过自定义电网故障和运行边界条件，可安全验证柔性直流输电、储能协同控制等新型技术的工程可行性。其半实物仿真特性既保留了真实控制器与电力设备的交互细节，又避免了物理改造电网的风险，特别适用于微电网调度策略开发、新能源并网参数优化等需要反复迭代验证的前沿研究。

(2) 柔性直流输电系统高性能算法创新平台：柔性直流输电系统高性能算法创新平台针对模块化多电平变流器（MMC）这类高压输电核心设备，构建了虚实结合的实验环境。在保留 MMC 电能高效转换优势的同时，重点攻克其突发线路故障调节能力弱、传感器依赖性强等工程痛点。通过半实物仿真技术，既还原真实控制器的信号延迟特性，又规避了物理改造电网的高成本风险，为 MMC 稳定性优化、故障穿越机制开发等关键研究提供安全可控的验证平台，显著缩短新型拓扑结构从理论设计到工程应用的转化周期。

包 2:

(1) 风力机叶片超高速视觉采集系统：通过超高速背照式高速相机捕捉风力机叶片旋转过程中的叶片表面图像，结合数字图像相关法，实现风力机叶片动态旋转过程中的全场三维坐标、应变、位移、速度、加速度测量，获得叶片表面应变场分布、位移场分布、位移曲线、颤振模态数值等，揭示叶片流固耦合机制，为开发高效低噪风力机叶片奠定基础。

(2) 风力机叶片视觉三维空间标定分析系统：通过专用的标定系统和 6DOF 专用姿态软件，建立风力机叶片旋转过程的三维空间坐标，质心 $x/y/z$ 坐标、 $X/Y/Z$ 速度，加速度；俯仰角/偏航角/滚转角及其角速度、角加速度，针对旋转叶片的六自由度进行测量，结合 PIV 流动测量和 DIC 数字图像以及电流电压同步系统，构建多尺度多维度的风力机测量系统。可实现三维全场应变分析，位移分析，模态三维振型，颤振频率分析功能。

包 3:

(1) 多能源储能系统综合实验平台:

随着光伏、风电等可再生能源发电技术的发展,分布式发电日渐成为满足负荷增长需求、提高能源综合利用效率、提高供电可靠性的一种有效途径,并在配电网中得到广泛的应用。但分布式发电的大规模渗透也产生了一些负面影响,如单机接入成本较高、控制复杂、对大系统的电压和频率存在冲击等。这限制了分布式发电的运行方式,削弱了其优势和潜能。开放式多模态联储协同系统为分布式发电技术及可再生能源发电技术的整合和利用提供了灵活、高效的平台。开放式多模态联储协同系统被视为未来智能电网的最重要一环,可以有效地实现电网侧电力能量的转移,实现能量的削峰填谷。

开放式多模态联储协同系统实验室建设主要针对新能源专业的老师/学生而开发的科研/教学设备。系统的核心在于中央控制与能量调配,本系统采用集中管理的方式对一次侧接入进行电能调度分配:

1) 可实现模拟抽水蓄能、模拟负载、空气压缩储能、燃料电池、飞轮储能、新能源充电桩等多种一次侧设备的互联,各个设备都单独可控,通过工业通讯规约,实现四遥数据的控制。

2) 系统中既可包含交流母线,又可具备直流母线,两种母线混合在一起,可提供更多的研究实验和更灵活的能量管理策略。

3) 可实现智能并离网(并网与孤岛状态)切换,既可以并网运行,也可以孤网运行,实现无缝切换,且多种运行模式相互自动或手动方式切换。各子系统可以独立完成相关的实验。

(2) 化学储热实验系统:

传统储热实验无法直观呈现相变过程。可视化平台通过透明单元与成像技术,使学生直接观察材料固-液相变动态,显著提升《传热学》《储能技术》等课程的教学效果,弥补理论教学的抽象性。

相变储热是新能源利用的关键技术。该平台可实时监测相变界面演化、流动传热特性,为材料性能优化(如纳米复合相变材料)、封装结构设计等研究提供原位实验数据,推动高校在碳中和领域的科研突破。

系统可对储能物料的储、放热性能进行测定,通过实验掌握相变储能的原理,了解实验台的功能及各个设备的性能参数和特性;可进行储热过程循环热效率测定实验,流量对循环效率的影响规律实验,温度对循环效率的影响规律实验,不同 PCM 材料测试实验;质量,并利用沿黄水进行养殖,这样能达到黄河水的再利用,防止鱼虾的有害指数超标。

包 4:

浊度仪、便携式分光光度计、悬浮物分析仪、自动光学接触角测量仪：用于测量养鱼池水质的实验设备，通过测量数据，预测到水质的情况，提高鱼类的产量，防止病菌。养鱼、虾质量的品质，关系到大众的健康，市场上供给的此类产品，质量堪忧，为了提高鱼、虾的

包 5:

多维能量耦合协同利用系统：多维能量耦合协同利用系统综合能源利用系统平台是一个集成了多种先进清洁能源技术、能源存储系统、热管理技术以及二氧化碳(CO₂)捕集与利用的综合平台，旨在通过全面整合各类低碳技术，为实现碳中和目标提供示范与实践经验。

包 6:

多源储能储供调节实时模拟系统是一种集成多种储能技术、实时控制策略和动态能量管理功能的综合性实验与仿真平台，广泛应用于现代电力系统、新型电力系统、智慧能源和分布式能源系统的研究与验证。该系统主要通过将锂离子电池、超级电容、液流电池、氢能储能、飞轮储能等多种储能单元统一建模并联接入平台，实现储能系统在不同工况下的充放电过程、效率评估、动态响应等特性的模拟。系统通过实时调节控制模块，根据电网需求、负荷波动、电价信号和可再生能源出力情况，动态优化各储能单元的能量调度，确保整体系统运行的稳定性、经济性与安全性。系统一般包含硬件在环（HIL）和软件在环（SIL）功能，支持通过 RT-LAB、OPAL-RT 等实时仿真平台与真实控制器闭环对接，具备毫秒级响应速度。其功能模块涵盖电网交互接口、能量管理系统（EMS）、数据采集与可视化、系统安全与容错分析等部分，可用于模拟孤岛运行、削峰填谷、调频调压、需求响应、电动汽车充电控制等多种复杂能源应用场景。此外，该系统还支持分层控制策略的接入，如设备级控制、站级调度与系统级优化，适用于对储能系统在碳达峰、碳中和背景下的经济性评估与生命周期分析。