



上海大学
Shanghai University

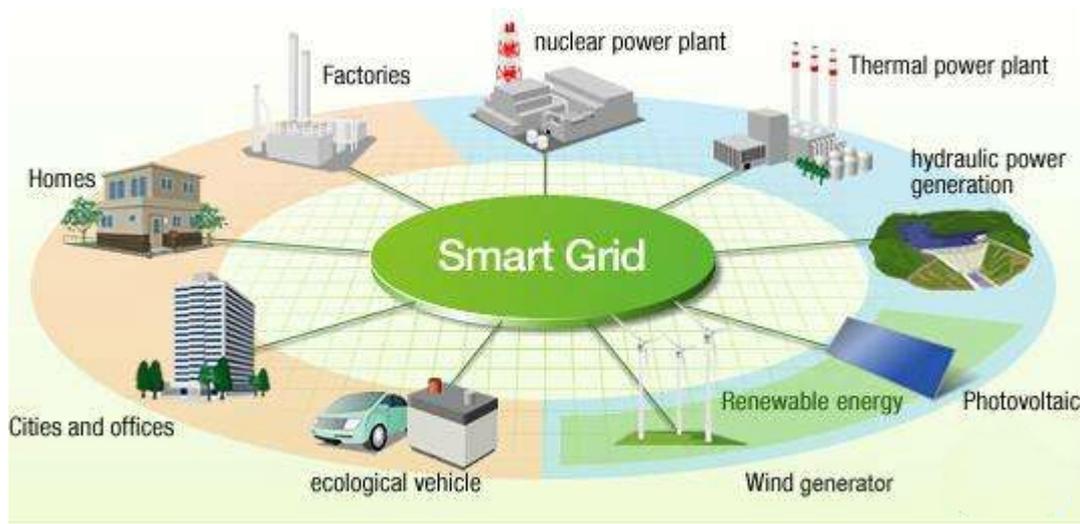
Smart Grid Platform

智能电网综合实验平台简介

上海大学网络化控制技术研究中心

智能电网

智能电网是在传统电力系统基础上，通过集成新能源、新材料、新设备和先进传感技术、信息技术、控制技术、储能技术等新技术，形成的新一代电力系统，具有高度信息化、自动化、互动化等特征，可以更好地实现电网安全、可靠、经济、高效运行。



融合先进技术，提高发供用电系统安全可靠性的

解决大规模可再生能源的接入问题，节能减排

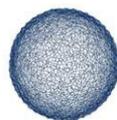
提高现有输电能力和各级电力设备利用率

满足信息时代电力系统发展的新要求、新趋势

计算机+通讯+网络+传感+控制

智能电网发展与建设-国家重大需求

智能电网是全球范围内智能发展趋势深入推进的突出标志，同时也是正在孕育发展的新一轮能源变革的重要特征



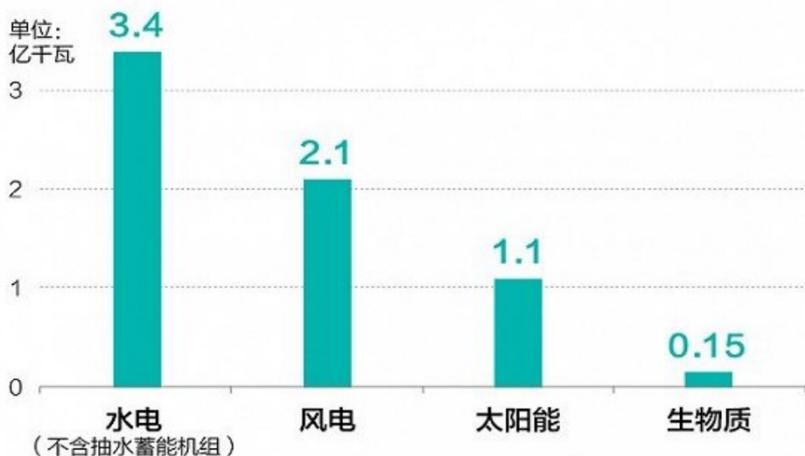
哥本哈根 世界气候大会

UNITED NATIONS CLIMATE CHANGE CONFERENCE

COPENHAGEN
UN CLIMATE CHANGE CONFERENCE 2009



◎ 2020年可再生能源装机目标



地热供暖利用总量：4200万吨标准煤

“十三五”期间，可再生能源总投资规模将达到**2.5万亿元**。可再生能源发电装机**6.8亿千瓦**，发电量**1.9万亿千瓦时**，占全部发电量的**27%**。

在哥本哈根气候峰会上，我国政府承诺，到2020年非化石能源占一次能源消费比重重要达到15%，我国能源资源禀赋、国情以及间歇性能源接入的技术特性和经济性，决定了智能电网是实现清洁能源大规模开发、远距离输送和大范围消纳的最为理想的方式

智能电网的发展与建设，是解决大规模可再生能源高效利用、多能源互补综合利用的重要实现途径，已成为国家“十三五”能源发展战略的重要组成部分

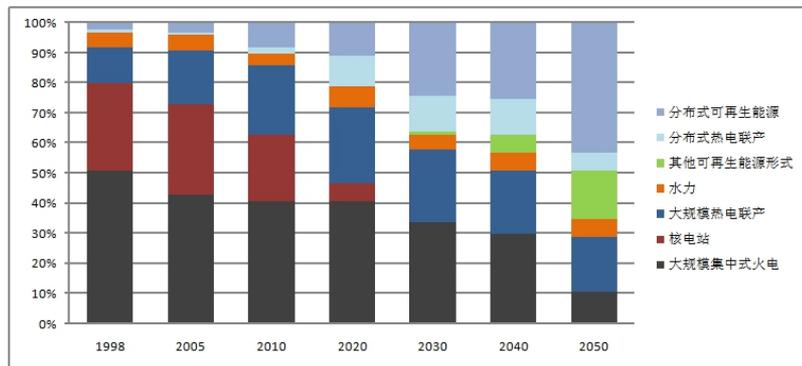
智能电网的出现和发展，是经济社会发展的产物，是中国的必然战略选择

分布式发电

分布式发电

有利于一次能源的多元化
发展可再生能源，减少排放污染
提高能源综合利用效率
提高电网供电安全、可靠性

分布式发电开始发展并受到重视



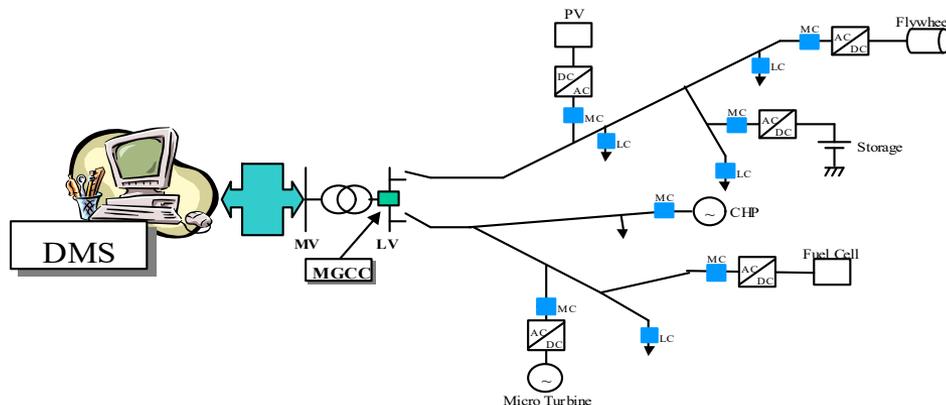
对能源发展趋势的预测

(德国乌帕塔尔气候环境与能源研究院&德国西门子研究中心)

但是现有电力网络难以承受大规模分布式电源的并入，如果简单地从电网角度对DG提出严苛的并网条件和标准，又会导致分布式电源的潜能无法充分释放和发挥，分布式发电本身的运行稳定、安全性、经济性和效益更无法体现

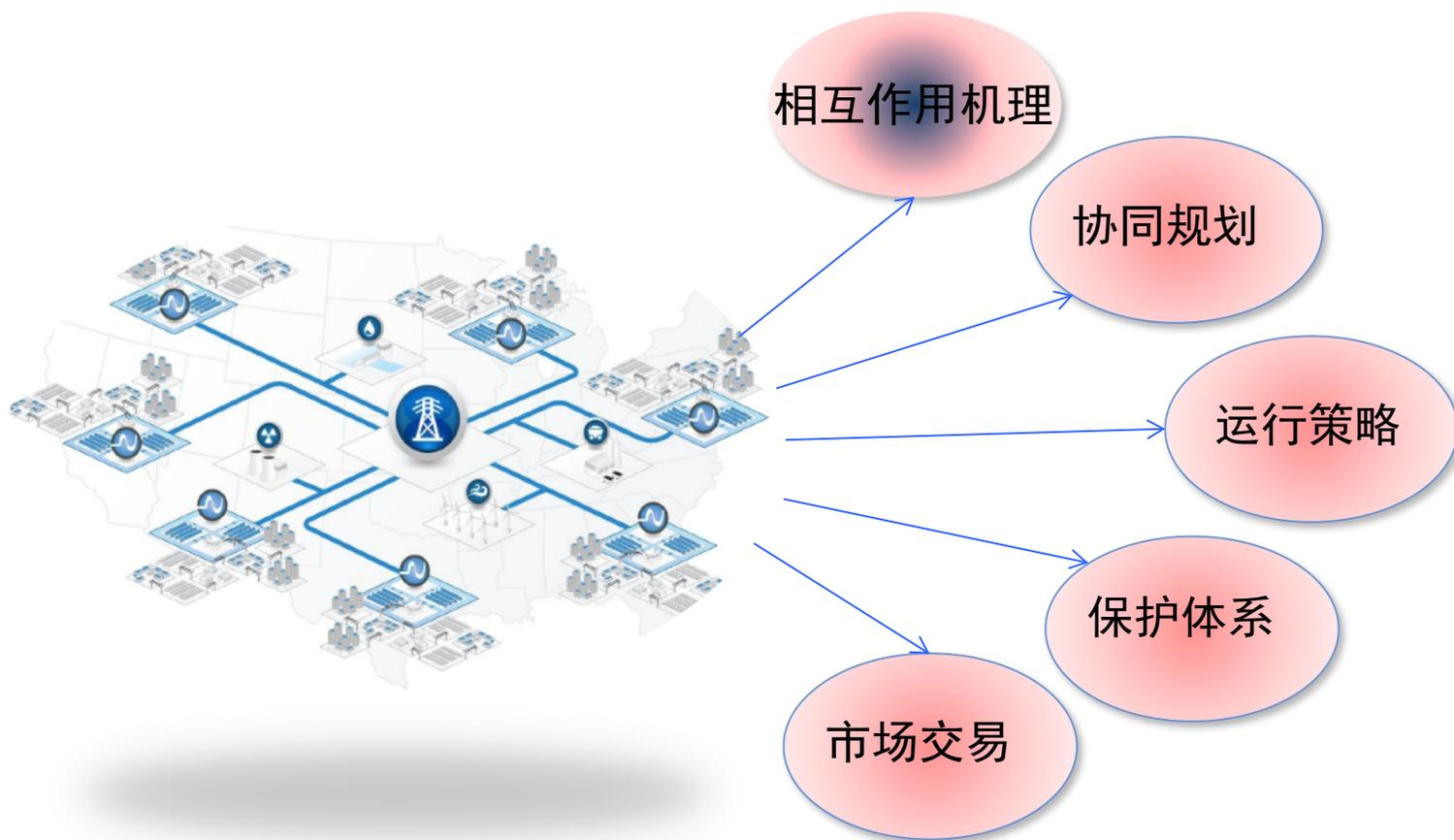
微电网的提出

以一组分布式发电为集群分割网络，通过适当的管理和控制改善原有网络，并协调这些分布式电源运行



微电网研究特点

微电网是以分布式发电为基础的复杂供能网络，相对于大电网存在着并网运行、解列独立运行、重新并网等多种运行状态。大规模接入必将对大电网的稳态潮流分布、暂态故障电流分布产生重大影响，主要体现在以下五方面：



微电网核心技术框架

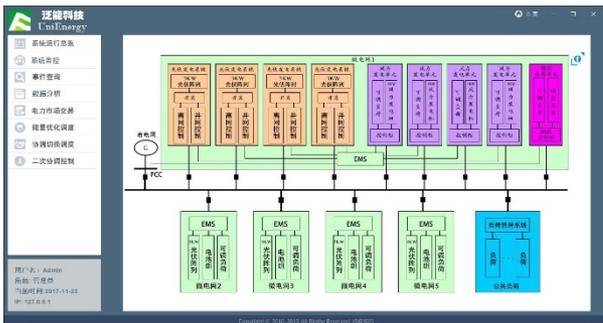
微电网包括发电、传输、存储、分配和用电全过程，具有内部分布式电源种类和并网形式多样、独立运行和联网运行两种模式等众多独特特点，必须有一系列相关技术保证微电网能够稳定、高效、可靠运行，并最大提高分布式发电渗透率，发挥出分布式电源能力



典型应用实例

微电网实验平台

智能微电网系统采用**大数据分析技术**、**人工智能算法**与**先进控制技术**，结合校园自身环境和负载特性以及特有的应用需求，建设由**多个部署在校园的新能源微电网**构成的开放式智能微电网，能够实现校园范围内的**节能减排**，并为**实验教学**、**产品研发**和**控制算法验证**等提供平台支撑



实验平台设备清单

序号	名称		数量	描述
1	光伏发电系统	多晶260组件, 10kW	1套	国内主流品牌
		光伏支架	1套	FN定制
		水泥墩子	1套	FN定制
		光伏汇流箱	1套	FN-PHL-B,防雷
		光伏并网逆变器	1套	FN-SNB-10G, 带通讯, 可对接智能交互系统。
		控制系统	1套	智能仪表, 西门子PLC, 7寸触摸屏, 控制装置, 信号采集装置
		智能交互系统	1套	FN-SJH-B, 对接上层智慧软件平台
		控制柜	1套	800×800×1800(mm),FN定制
2	风力发电系统	2kW风力发电系统	2套	水平轴, 国内主流品牌
		风机支架, 塔架	2套	FN-定制, 含硬支撑, 水泥基础
		手动控制启停系统	2套	FN-WQT-2J, 教学版
		风机并网控制器	2套	FN-WKZ-2G, 带通讯, 可对接智能交互系统。
		风机并网逆变器	2套	FN-WNB-2G, 带通讯, 可对接智能交互系统。
		控制系统	2套	智能仪表, 西门子PLC, 7寸触摸屏, 控制装置, 信号采集装置。
		智能交互系统	2套	FN-SJH-B, 对接上层智慧软件平台
		控制柜	2套	800×800×1800(mm),FN定制

实验平台设备清单

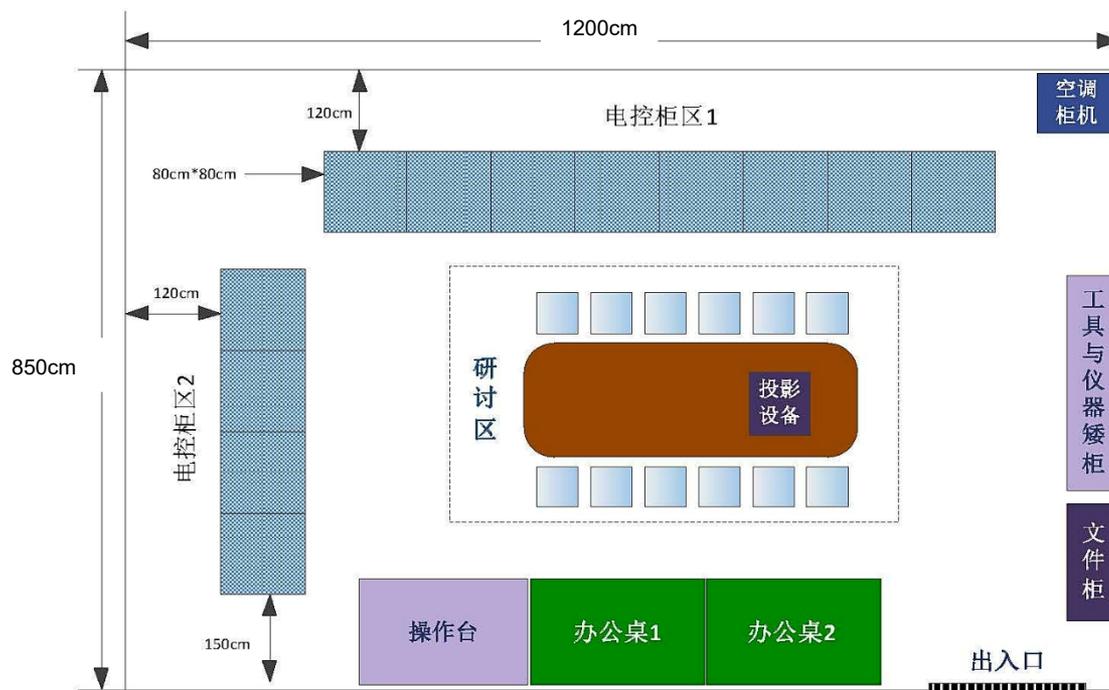
3	储能单元	蓄电池	4套	胶体电池12V/200AH, 国内主流品牌。
		储能逆变器	1套	FN-BNB-4C, 带通讯, 可对接智能交互系统。
		电池管理系统BMS	1套	FN-BMS-4C带通讯, 可对接智能交互系统。
		控制系统	1套	智能仪表, 西门子PLC, 7寸触摸屏, 控制装置, 信号采集装置
		智能交互系统	1套	FN-SJH-B, 对接上层智慧软件平台
		控制柜	1套	800×800×1800(mm),FN定制
4	负载控制系统	充电桩	1套	FN-CDZ-4A, 带计量装置, 带通讯, 可对接智能交互系统
		模拟负载	1套	FN-MNL-2AC, 交流模拟负载, 带通讯, 可对接智能交互系统
		真实负载接口	1套	FN-ZL-2AC, 提供真实负载接口, 带计量装置和通讯, 可对接智能交互系统。
		控制柜	1套	800×800×1800(mm),FN定制
5	中央监控系统	室外监控设备	1套	监控室外光伏组件和风力发电机组。
		室内投影设备	1套	室内监控展示, 国内主流品牌。
		电脑	1套	运行监控软件, 国内主流品牌。
		系统软件	1套	FN-RJ-X9,定制

实验平台设备清单

8	气象监测单元	小型气象站	1套	风速、风向、温度、湿度、大气压、辐照度
9	其他	辅料	1套	线缆、布线管、基础等
		安装调试	1套	安装配机及调试
10	文件资料	风力发电机说明书	1份	
		光伏并网逆变器说明书	1份	
		风力并网控制器说明书	1份	
		风力并网逆变器说明书	1份	
		储能逆变器说明书	1份	
		小型气象站说明书	1份	
		系统使用说明书	1份	
		展板(配原理图说明)	1套	

实验室布置图

12个电控制柜，规划占地面积100m²左右



房顶占地面积130m²左右

房顶占地面积

10kw光伏面板占地面积100m²左右
4kw风力发电机占地面积30m²左右

智能微电网

应用平台

软件平台

物理平台



智能微电网实验平台



开展研究

功率和负荷
多时间尺度
预测方法

微网群的优化
协调与控制

多微网博弈优
化电能交易

网络化二次
协调控制

网络时延与丢
包控制策略

电能质量分布
式协调治理

实验平台性能指标

性能指标

功能完备性

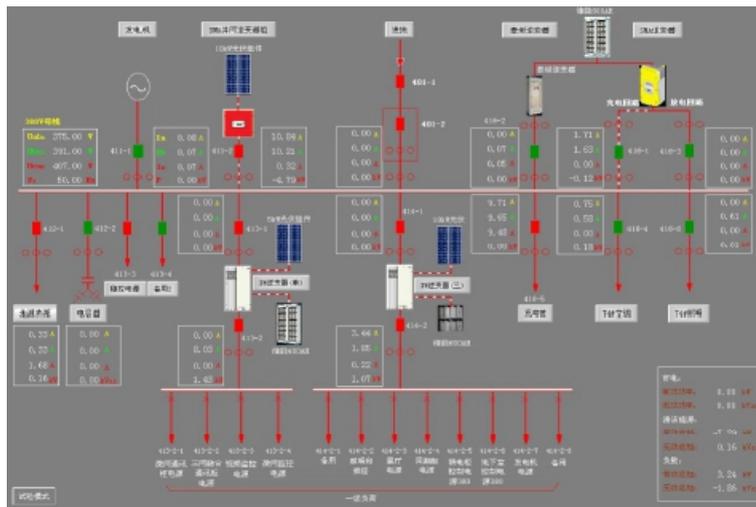
合理的网架结构，分级管理功能；具备微电网稳定控制功能；配置微电网监控系统，具备PSCADA的全部功能

技术先进性

分布式能源不掉电；快速隔离 (<10ms)；无缝切换；高实时微电网监控；系统具备可扩充性

软件可靠性

软件由核心软件平台、监控及管理软件模块组成，支持二次开发



指标参数

发电功率——**14KW**

储能功率——**1120AH (安时)**

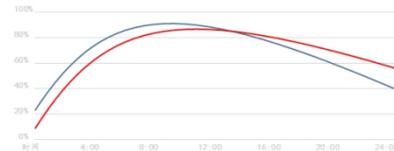
实验级别——**工业级**实验与试验

可扩展性——可依需求填加分布式发电电源

运行模式——长周期并网运行

实验项目——**技术探索型**实验与试验

系统分析信息



健康状况良好

当日发电量
604.4 kWh

本月发电量 16,689 kWh 本年发电量 389,222 kWh

历史总发电量 413,119 kWh

24 °C
晴朗
东南风 2级 湿度:51%

411.87T 二氧化碳减排量

413.11MWh 产出

3709棵 等价树

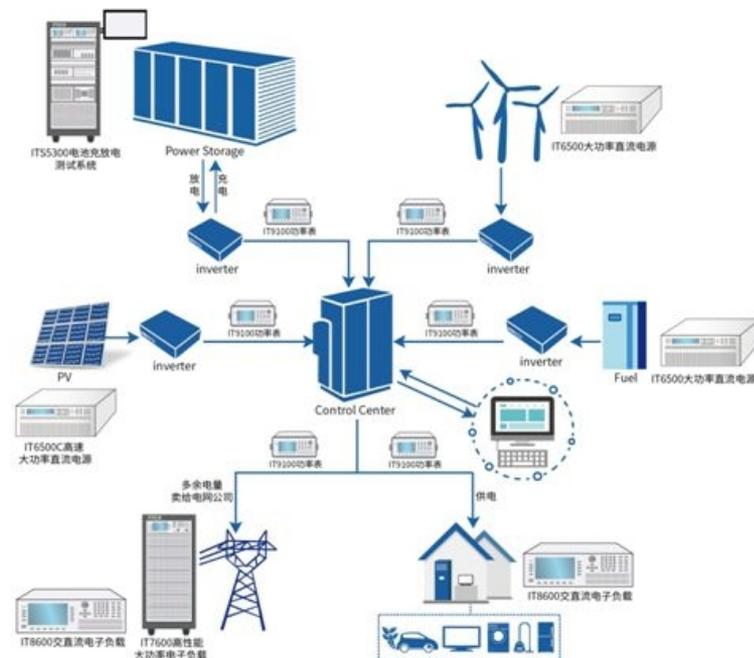
1529万 收入

实验平台特点

微电网实验室将重点围绕智能微电网相关控制技术开展系统深入的研究工作，为以下研究领域重要理论和实用化提供平台基础和支撑

- ✓ 风光发电功率和负荷用电多时间尺度预测方法
- ✓ 多微网博弈优化电能交易
- ✓ 微群网的多目标优化调度与协调切换控制
- ✓ 基于可调负载转移的需求侧响应优化调度
- ✓ 网络化集中式二次协调控制
- ✓ 网络化分布式二次协调控制
- ✓ 改进下垂控制与电压/电流内环鲁棒控制
- ✓ 电能质量分布式协调综合治理

输电 变电 配电 用电



主要从事智能微电网领域的基础理论和应用技术研究工作，以解决智能微电网领域的重大科学问题，满足国家重大需求和实现关键技术突破为发展目标

实验平台特点

功能性

发电设备——发电功率高，可以进行**跨昼夜周期实验**

储能功率——储能量大

实验级别——功能不局限于**模拟类**实验与试验，有效模拟实际工业微电网

逆变单元——有效运行功率适中，可额外增加发电设备，**可扩展性高**

运行模式——周期并网运行，可进行长周期微电网调控与电能优化管理实验

实验项目——**实验类别多**，可以满足学生教学和电网研究团队的科研需要

工业级微电网实验平台

实验平台特点

灵活性

- 提供丰富的扩展接口，可动态扩展和新增各种**控制算法、调度算法**和上层应用
- 支持模块动态加载/卸载/切换，可实现软件模块的即插即用
- 支持模拟**全网/部分网络的不同时延**情况，可验证不同时延下的**网络化控制算法**
- 提供设备群组划分及点对点通信，可支持**微电网集群划分**及**区域优化协同控制**
- 支持跟组态软件的双向交互，可兼容现有基于组态软件开发的**电力软件**
- 支持软件即服务（SaaS），可提供一系列的增值业务服务

支持校内外网络访问和远程操作，构建跨区域微电网群实验平台



**THANKS FOR
YOUR LISTENING**