



并网光伏发电微网系统

报告人：刘士荣

liushirong@hdu.edu.cn



杭州电子科技大学 光伏发电微网系统技术中心

2009年10月30日

1

提纲



- n 分布式发电与微型电网
- n 并网光伏发电微网系统
- n 主要研究工作

2

一、分布式发电与微型电网



1、分布式发电技术 (Distributed Generation, DG)

以清洁能源为主的分布式电源 (Distributed Energy Resources, DERs)

微型燃气轮机发电：以天然气、甲烷、汽油（柴油）为燃料的超小型燃气轮机，发电效率可达30%以上，实行热电联产，效率可进一步提高。特点：体积小、发电效率高、排污少、运行维护简单。

燃料电池发电：熔融碳酸盐型MCFC、磷酸盐型PAFC、固体氧化物型SOFC、质子交换膜PEMFC

将燃料（天然气、煤制气、石油）中的氢气借助电解质与空气中的氧气发生化学反应，在生成水的同时进行发电。

除电能之外，副产品：热、水、少量CO₂

3

分布式电源 (Distributed Energy Resources, DERs)



太阳能发电技术（光伏、光热）

风力发电技术

生物质能发电技术

海洋能发电技术

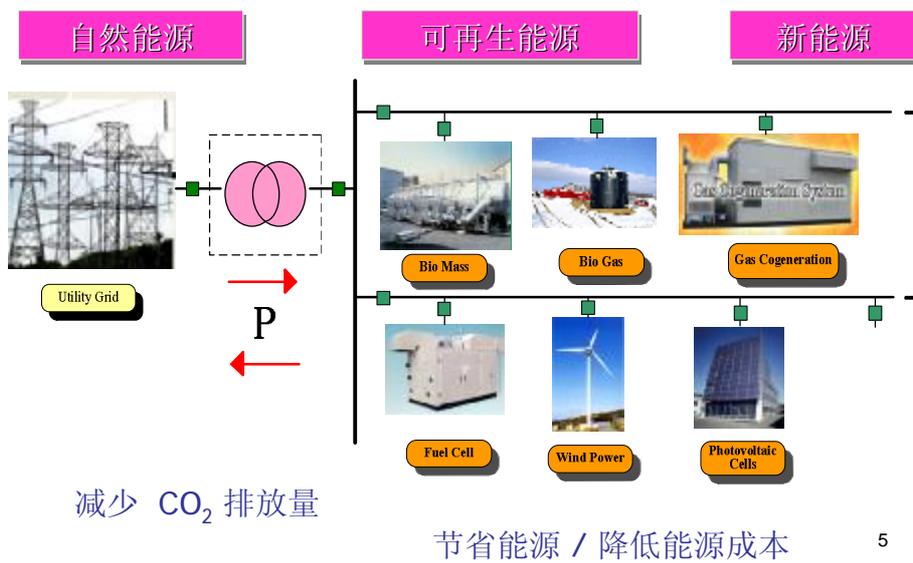
地热能发电技术

储能装置：

蓄电池储能、超导储能、飞轮储能

4

分布式发电（DG）



5

分布式发电（DG）



分布式发电（DG）是通过在配电网建立单独的发电装置来对重要负荷进行供电，并通过PCC（point of common coupling）和外界电网进行能量交换。

分布式发电特点：

- n 靠近负荷用户，通过电能和热能的综合利用提高能源利用效率
- n 提高电能质量和供电可靠性
- n 减少各种碳化物的排放，比较环保
- n 减少电能远距离传输带来的线损和各种稳定方面的问题
- n 延缓有负荷不断增长带来的电网不断扩建

总之，大电网与分布式发电（DG）相结合：降低能耗、提高电力系统的可靠性和灵活性。

6

分布式发电（DG）



分布式发电的不足：

- n 分布式电源单机接入配电网成本高，控制困难
- n 分布式电源对于大电网而言是不可控源，通常大电网是采取限制、隔离的方式来对待DERs，减少DERs对大电网的冲击
- n 当电力系统出现故障时，DERs必须马上退出运行。影响了DERs作用的发挥

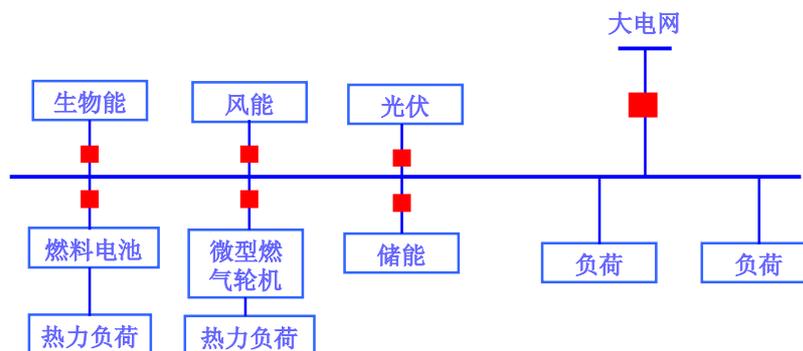
7

微型电网（Micro Grid）



2、微型电网（Micro Grid）

微型电网：将各类发电装置、储能装置、负荷及控制装置集成起来，形成一个单一可控的单元，同时向用户供给电能和热能。



8

微型电网 (Micro Grid)



微型电网特点：除了分布式发电的优势之外

n 配电网侧：微型电网相当于电网中的一个可控单元，它可以在数秒内动作，以响应外部输配电网的需求

n 用户侧：微型电网相当于可定制电源，可满足用户多样化的要求。例如增加供电可靠性，降低馈线损耗，支持当地电压，及时提供电压下塌的校正，利用废热提高效率。

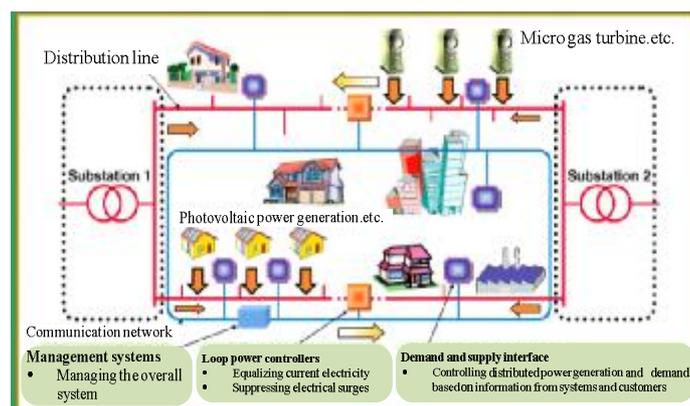
n 电压等级：适合于中、低压配电网

n 电源容量：微电源的容量在几十千瓦~几百千瓦，或几个兆瓦

n 运行模式：并网运行、自治运行（孤岛运行）

9

典型微型电网结构示意图



一种新型的电力系统：

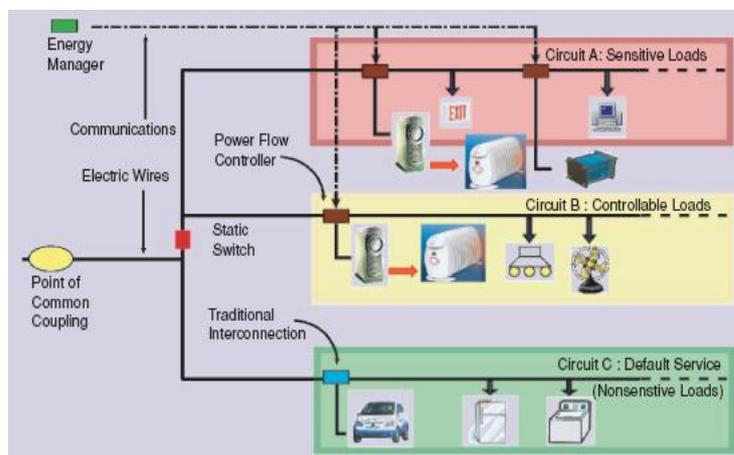
- 将一定区域内拥有的发电资源联结起来，并通过配电网与主干大电网并网运行
- 可以并网运行，也可以孤岛运行

10

3、国外微型电网研究及进展



美国的微网研究 – CERTS (美国电力可靠性技术解决方案协会)



11

美国的微网研究 – CERTS (美国电力可靠性技术解决方案协会)



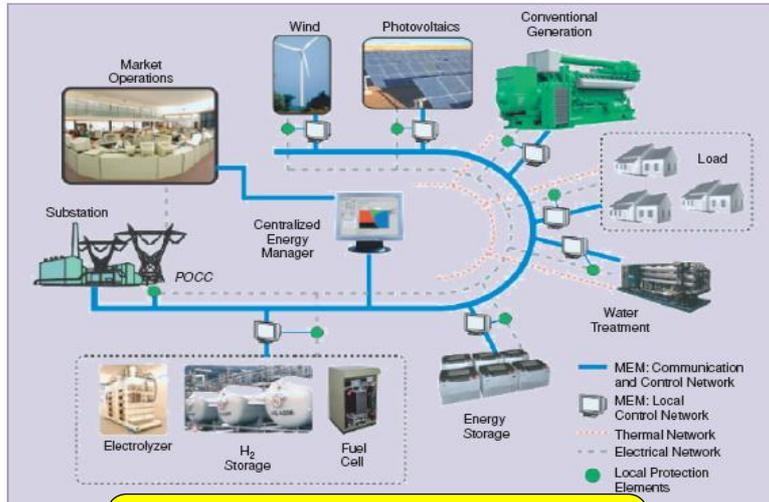
对微型电网的定义：微型电网是一种有负荷和微型电源共同组成的系统，可同时提供电能和热能；微网内部的电源有电力电子装置负责能量的转换，并提供必要的控制；微电网向外部配电网（大电网）相当于一个受控单元，并可同时满足用户对电能质量和供电安全性的要求。

CERTS微电网的设计特点：

- n 分散的即插即用系统（plug-and-play system），整个系统灵活性很好
- n 不采用快速的电气控制
- n 单点并网不上网，公共耦合（PCC），不外送功率
- n 清晰的设计以提供不同层次的电能质量和供电可靠性
- n 随时可接入DERs等

12

美国 GE 的微网研究



GE 的微网架构

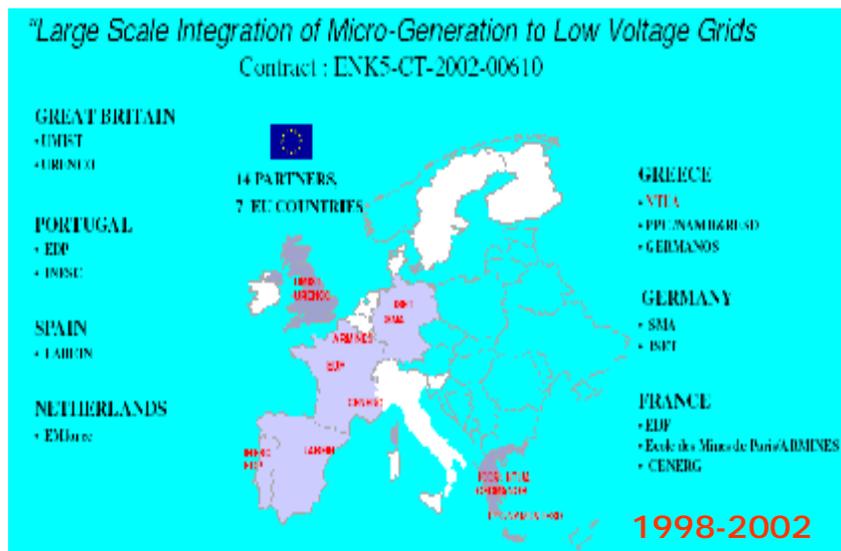
GE 对微网研究的侧重点主要在于大的外环路的监控控制，以及能量利用和控制成本的优化

13

欧盟的微网研究项目（欧盟第五框架计划）（I）

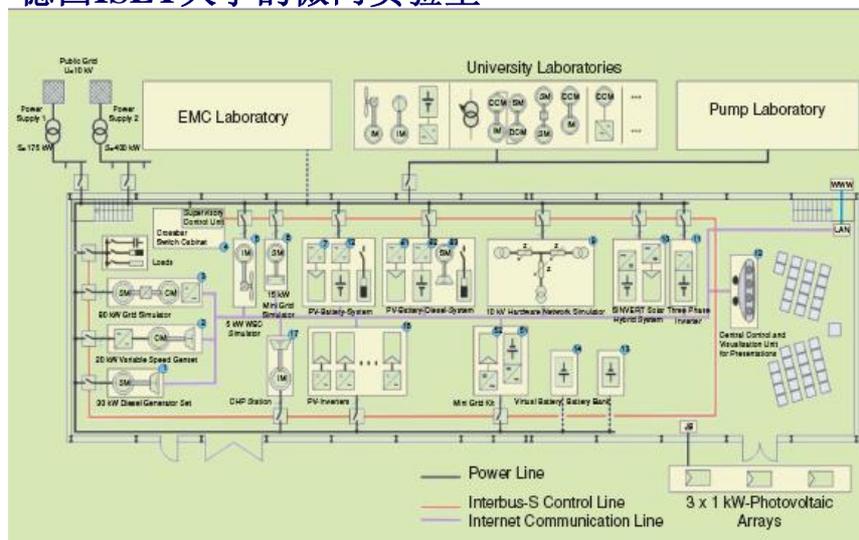


7 个欧盟国家，14 个成员，NTUA 组织实施，预算 450 万欧元





德国ISET大学的微网实验室



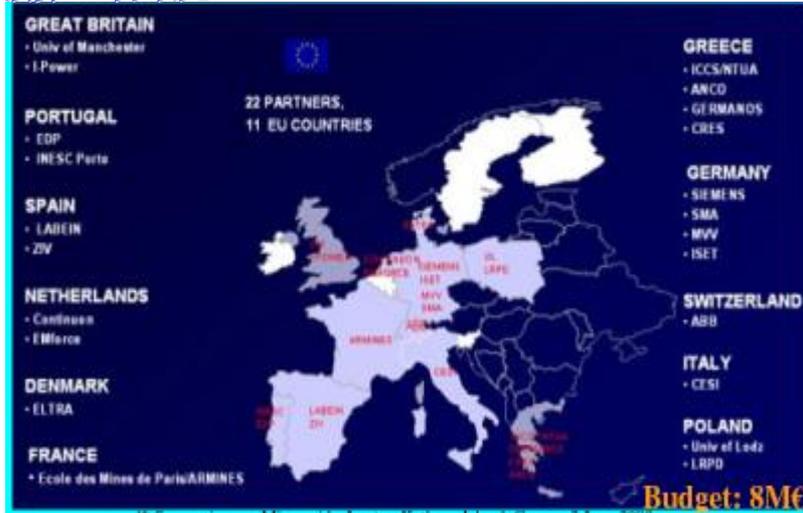
主要研究成果:

- n DERs 的模型
- n 基于代理的控制策略、本地黑启动策略、接地和保护方案
- n 控制算法，包括分层式和分布
- n 分布式电网内外的能量管理
- n 装置以及接口的响应和其它要求
- n 量化了可靠性效益和降低的损耗
- n 研制了一些稳态和动态分析工具

欧盟第六框架计划 (II) - 多微网



11个欧盟国家，22个成员，NTUA组织实施，2002-2006
预算850万欧元



17

欧盟的微网研究



多微网项目的主要目标:

- n 研究成熟的分布式电源控制技术
- n 研究多个微网的集成
- n 研究标准和基准的需要
- n 现场测试的以测试应用在实际微网中的控制技术
- n 微网对电力系统运行和计划的影响的量化

18

欧洲的微网示范项目



希腊Kythnos岛微网系统



Load: 12 houses connected on a single phase 230 Vac grid.
Generation: 5 PV units connected via standard grid-tied inverters.
A 9 kVA diesel genset (for back-up).
Storage: Battery (60 Volt, 52 kWh) through 3 bi-directional inverters operating in parallel.
Monitoring: Data logging equipment

欧洲的微网示范项目



荷兰Continuon度假村微网系统



- 108 cottages with PV roofs
- Installed solar power 315 kWp
- Peak load 150 kW
- Energy balance over 1 day during sunny summer day (present situation)

欧洲的微网示范项目



德国Mannheim-Wastadt地区的MVV居民区示范微网系统

Wallstadt ecological estate

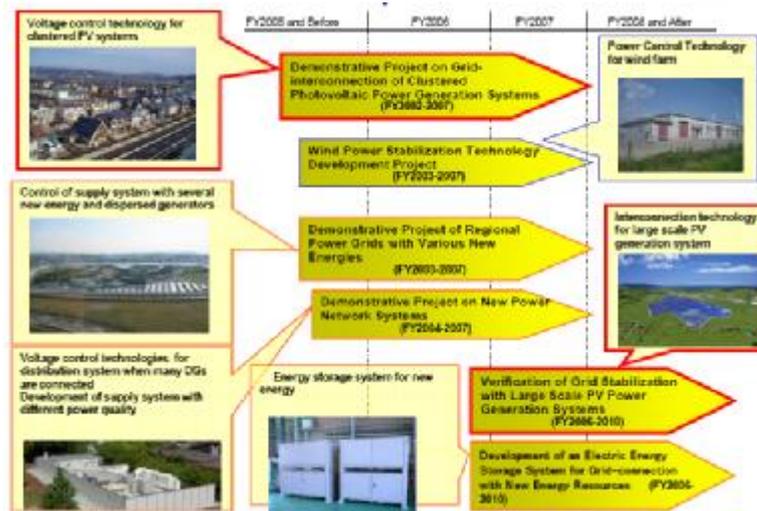
Users with interest in efficient energy use; Co-operation can be expected
 480 households, further houses are under construction
 5 PV systems installed
 1 CHP Installed. Option for further CHPs
 Grid structure suitable for microgrid option
 Stable situation for 30 years expected

21

日本的微网研究



NEDO的并网研究项目



22

NEDO组织的微网研究

主要侧重与控制以及电能存储



NEDO组织的微网研究项目：

n 中部机场的爱知世博会微电网示范工程

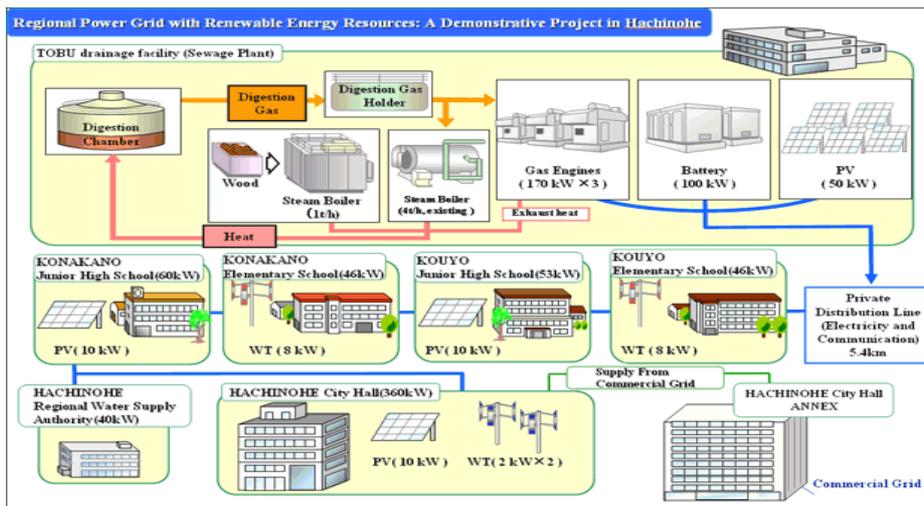
2个高温熔融碳酸盐型 (MCFC) 燃料电池 (270kW+300kW)、4个磷酸盐型 (PAFC) 燃料电池 (各200kW)、1个固体氧化物型 (SOFC) 燃料电池 (50kW)，光伏发电容量300kWp、1个钠硫磺电池组 (500kW)。

n 京都微电网示范工程

n 青森县微电网示范工程

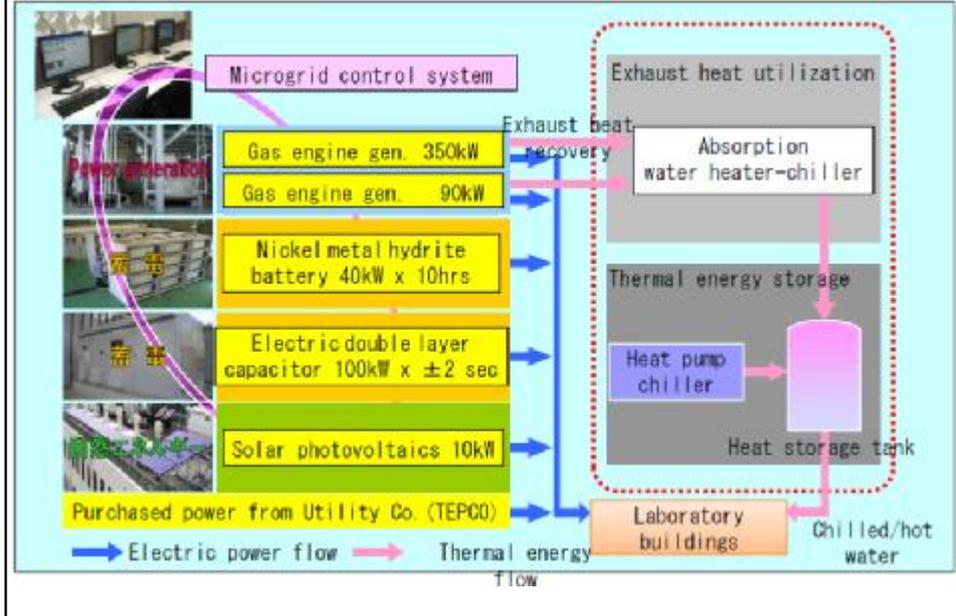
23

日本青森县八户市微网示意图



24

日本清水建设技研所的CHP微网系统



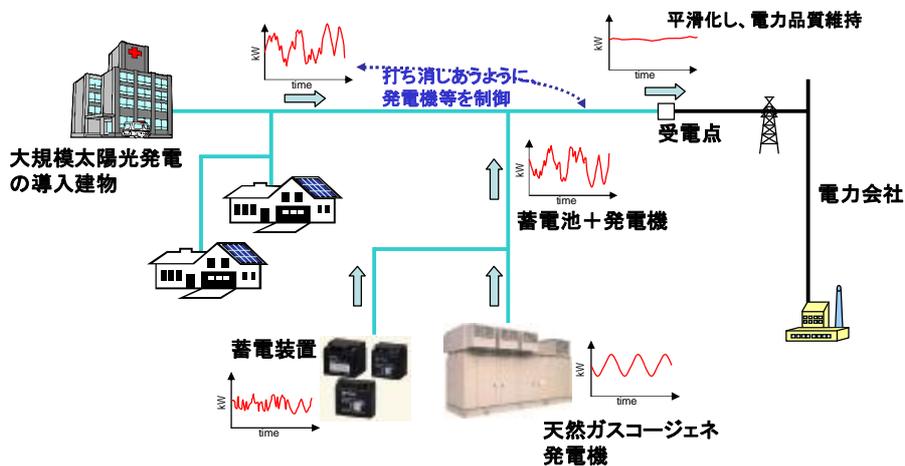
二、太阳能光伏发电微型电网



并网光伏发电微型电网系统

- n 以太阳光发电为主要电源，并需有稳定电源（如微型燃气轮机、燃料电池、大容量储能装置等）配合
- n 具有洁净、运行成本低、可直接分布在用户负荷中心附近、适合城市化、区域化应用
- n 提高灾变情况下供电系统可靠性
- n 应用场合：公共设施、学校、社区、医院、商场、工厂、农村、海岛、国防军事等

并网光伏发电微型电网



27

先进稳定的并网光伏发电微网系统



中日政府可再生能源科技合作项目



2007年 中日政府可再生能源科技合作项目之一。

国家发改委、浙江省发改委与日本新能源产业技术综合开发机构(简称NEDO)合作。

微网系统的电源容量240kW

太阳能发电: 120kW

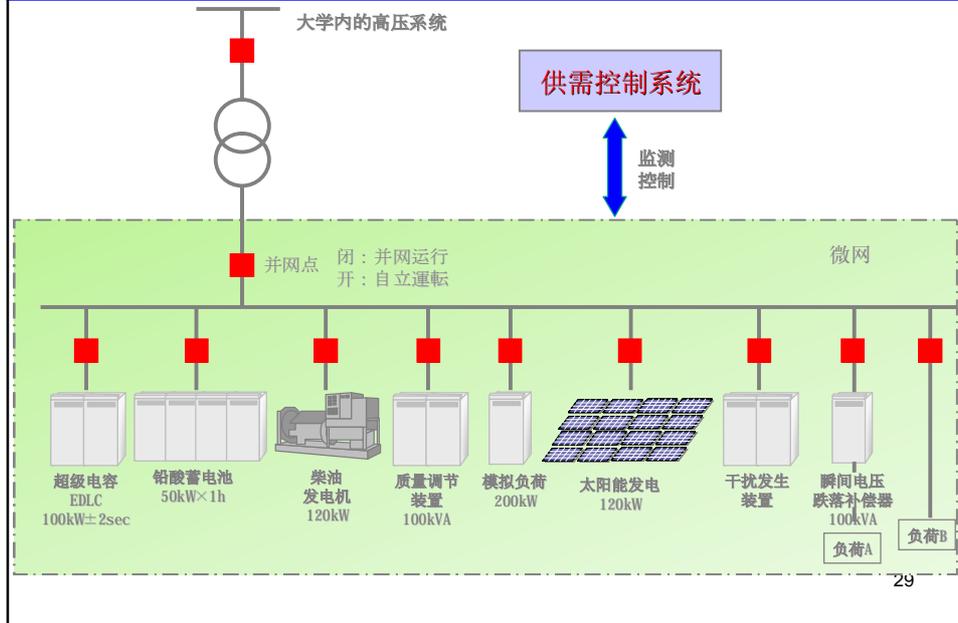
柴油发电机: 120kW

光伏发电(自然变动能源)比率提升到50%。

中方执行单位: 杭州电子科技大学
日方执行单位: 清水建设技术研究所

28

光伏发电微网系统的构成



微网系统的电源容量：240kW

太阳能发电：120kW

柴油发电机：120kW

光伏发电（自然变动能源）比率提升到50%。

n 国内第一座并网光伏发电微型电网系统

n 世界上第一座自然变动电源比例达50%的并网光伏发电微网系统



实证实验系统的构建

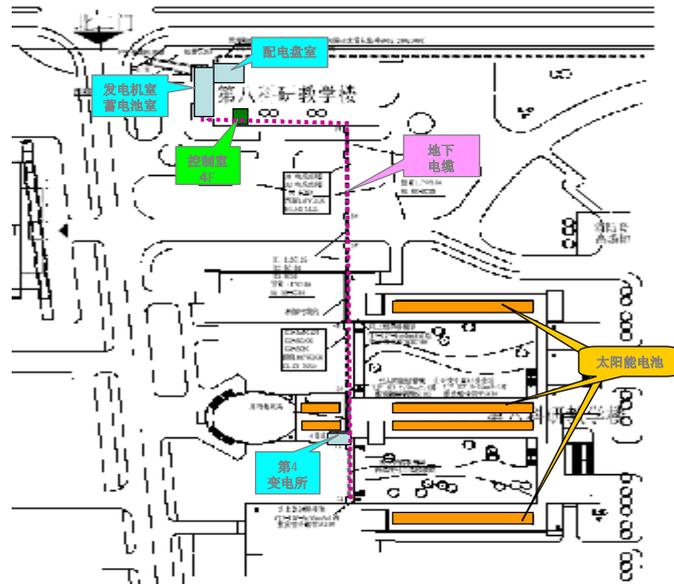


微网构建的位置



31

实证试验系统配置图

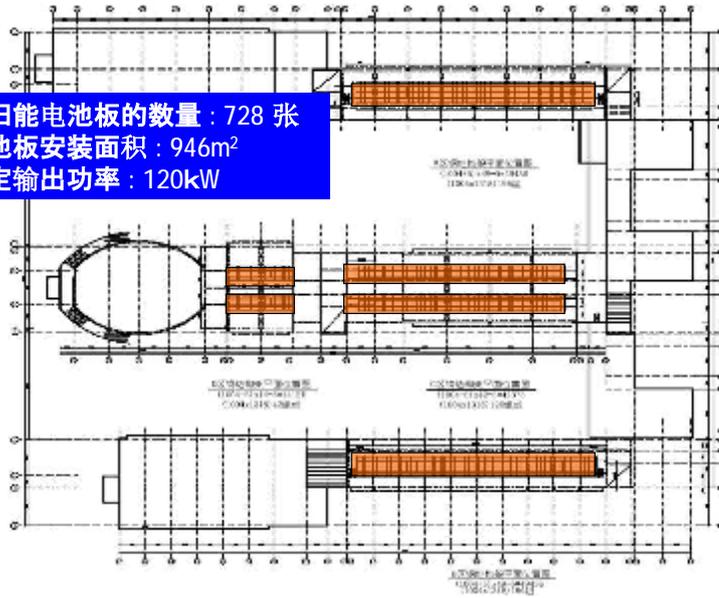


32

太阳能电池 (120 kW) 配置图



太阳能电池板的数量：728 张
电池板安装面积：946m²
固定输出功率：120kW



33

屋顶太阳能光伏发电系统



柴油发电机组、蓄电池系统



柴油发电机组



蓄电池系统

35

EDLC控制系统、电压跌落补偿系统



超级电容、质量调节装置等



电压跌落补偿系统

逆变器、并网连接、综合控制室



实证研究的目标



今后能够大量引进太阳能发电等新能源

担心会给电网带来影响

构筑以太阳能等自然变动能源为主体的稳定微网系统

对利用微网安全供电时所需要的技术性课题
进行实证研究

- 丨 并网状态：以尽量降低对电网的影响为前提，实现稳定供电
- 丨 独立运行：提供电压、频率稳定的高品质电力

38



实证研究的内容

- n 对微网稳定供电对策进行验证
- n 对供需的控制方法进行验证
- n 对瞬间、短周期（数秒内）功率（电压、频率）变动的追随性能进行验证
- n 对在最大程度上利用太阳能发电等自然变动电源的供电系统进行验证
- n 对并网及自立运行时的电力供需状态模拟和分析

39



电能质量

- n 自立（孤岛）运行时，电能质量符合国标

	微网系统在独立（孤岛）运行的电能质量标准
标准电压	标准电压380V: $380V \pm 7\%$
频率偏差	$\pm 0.1 \sim 0.3\text{Hz}$ （平均值）
电压闪变	$\Delta V_{10} \leq 0.32\text{V}$ （平均值）
高次谐波	3~5%（综合）

40

项目的特点



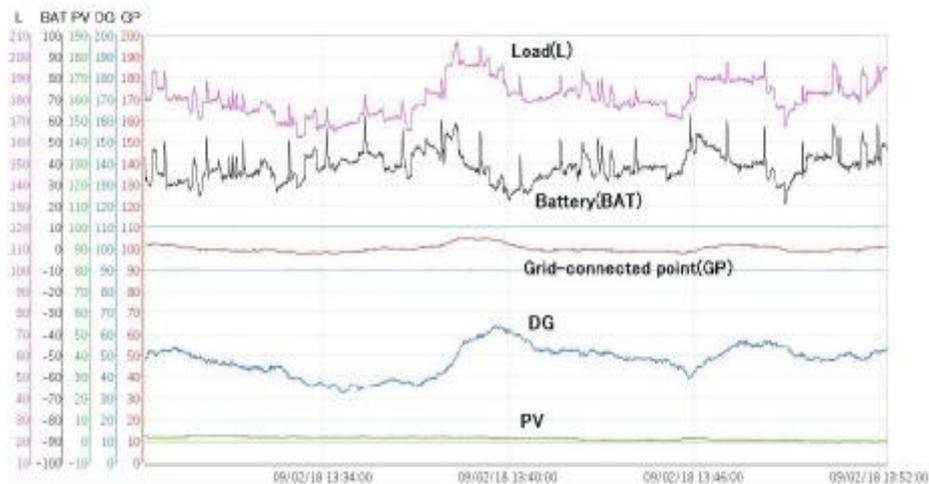
- n 构建微网系统，把光伏发电比率提升到50%
- Ø 太阳能发电：120kW 柴油发电机：120kW
- n 对并网及独立运行状态下的供电稳定性进行验证
- Ø 通过供需控制系统实现稳定供电
- Ø 利用蓄电池、超级电容追随负荷变动
- Ø 通过质量调节、瞬间电压跌落补偿装置提高供电品质
- n 独立运行时，积极利用干扰发生装置验证供电品质
- Ø 通过人工性干扰（电压变动、频率变动、闪变、高次谐波等），
- Ø 对维护供电品质的对策进行验证

41

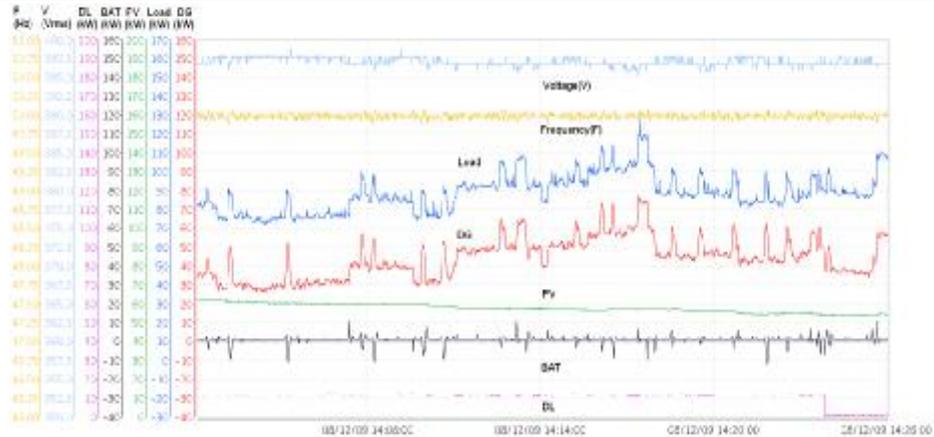
并网点恒定潮流控制



Constant power flow at the GP could be maintained.
The power change of the GP was restrained
to targeted purchase power less than $\pm 5\text{kW}$



自立运行试验



自立（独网）运行时，通过柴油发电机、蓄电池和光伏发电的配合，达到负荷平衡，电压和频率保持在稳定水平

43

三、主要研究工作



- n 光伏发电微网的规划、设计、分析和系统构建技术
- n 光伏发电微网系统建模与仿真
- n 光伏发电微网系统的独网（孤岛）稳定运行（能量优化、管理和控制策略等）
- n 光伏发电微网与电网（配电网）的协调运行、控制和保护技术研究
- n 光伏发电微网系统的经济运行
- n 光伏发电微网系统实证研究

44



Thank you for your attention!