



国家电网  
STATE GRID

# 微电网运行控制关键技术与应用

---

南瑞集团有限公司(国网电力科学研究院有限公司)

NARI GROUP CORPORATION / STATE GRID ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE



国家电网  
STATE GRID

## 汇报提纲

Contents

一、微电网概述

二、典型场景

三、关键技术

四、应用案例

南瑞集团有限公司(国网电力科学研究院有限公司)

NARI GROUP CORPORATION / STATE GRID ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE



微电网 (Micro-Grid) 是指由分布式电源、储能装置、能量转换装置、负荷、监控和保护装置等组成的小型发配电系统。微电网具有**微型化**、**自平衡**、**清洁性和高效性**等特点。

微型化

电压等级低；系统规模小；电能就地利用。

自平衡

微电网内部电量的自平衡，与外部电网电力交换很少。

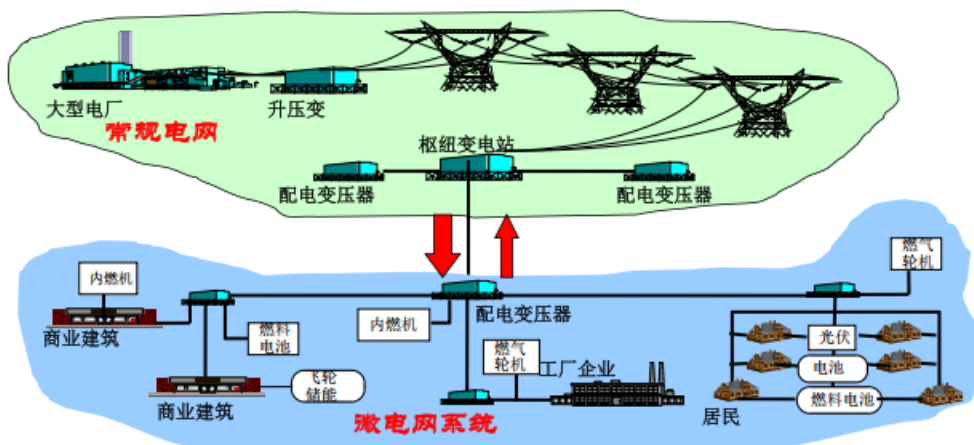
清洁性

以风力发电、光伏发电等清洁能源为主，清洁低碳。

高效性

融合电能的各个环节，提高能源利用率，实现节能减排。

微电网可与大电网并网运行，也可在电网故障或需要时与大电网断开孤岛运行，是能够实现自我控制、保护和管理的自治系统。微电网是**促进可再生能源就地消纳，保障高可靠供电的有效技术手段。**





## 汇报提纲

### Contents

一、微电网概述

二、典型场景

三、关键技术

四、应用案例



### 园区型微电网

致力于城市园区绿色低碳，提高供电可靠性。加大新能源开发力度，提高新能源的渗透率和消纳水平是建设的重要工作。



### 智能楼宇微电网

通过制定智能楼宇屋顶光伏、分布式储能、柴油发电机、蓄热锅炉、中央空调等控制策略，实现楼宇微电网绿色经济运行。



### 台区型微电网

通过将清洁能源以微电网形式接入农网，实现清洁能源的就地消纳，可以有效地就地解决农村地区可靠用电问题。





### 海岛型微电网

海岛地区由于远离大陆，存在电力供应紧张，负荷分散等问题，但是可再生清洁能源丰富，因此建立海岛型微电网可以有效解决电力供应问题。



### 风光互补离网型微电网

高原（偏远）地区等配电网无法延伸地区，此类地区风/光资源丰富，因此建立风/光互补型离网型微电网作为配电网一种有益的延伸。





国家电网  
STATE GRID

## 汇报提纲

Contents

一、微电网概述

二、典型场景

三、关键技术

四、应用案例

南瑞集团有限公司(国网电力科学研究院有限公司)

NARI GROUP CORPORATION / STATE GRID ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE



## 问题现状

### 存在技术挑战

- 新能源为主电源电压频率支撑能力不足导致稳定性问题;
- 并、离网等多种控制模式导致运行控制复杂;
- 源荷双重不确定性的运行控制问题

### 经济性有待提高

- 如何降低建设成本问题;
- 如何降低维护成本问题
- 如何提高投资回报率问题。

### 标准和规范缺失

- 缺乏顶层设计和规划引领;
- 缺乏统一的接口规范和技术标准;
- 相关标准和规程缺失。

### 运营模式和机制尚不健全

- 缺乏可持续的商业模式;
- 缺乏成熟的运营模式;
- 相关的激励和政策机制支持



## 关键技术1：微电网的设计和规划技术

遵循“因地制宜”，综合考虑预算、性能和可用性因素，以最大化消纳新能源、安全低碳为目标，兼顾灵活性、经济性、可靠性原则，在设计规划阶段，还需要考虑建设周期、维护成本，构建实用可靠的微电网规划设计体系。





## 关键技术2：储能/分布式电源变流器的构网控制技术

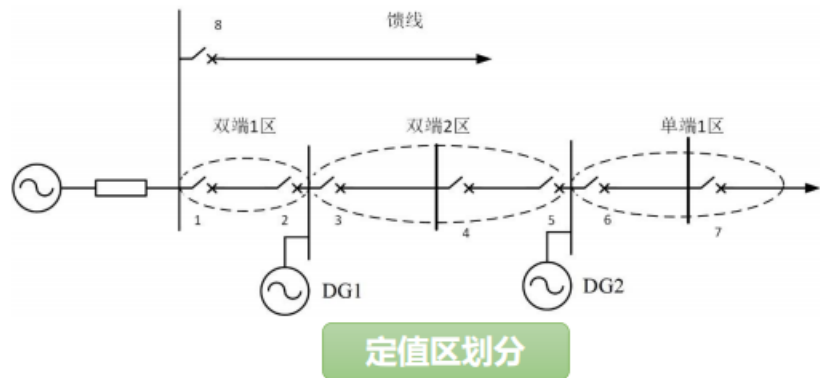
微电网的主力电源为风电、光伏等新能源非同步机组，缺乏常规同步机组的支撑能力，扰动和故障会严重影响微电网的稳定运行，储能/分布式电源构网控制技术具有电压频率支撑和惯量特性，可以模拟同步机组实现电网支撑，对于增强微电网的稳定性具有重要的意义。





### 关键技术3：自适应的故障隔离和保护技术

微电网存在并网和离网等不同运行状态，在并网和离网时短路电流差异很大，造成传统保护的整定和配合困难。自适应故障隔离和保护技术可以自动检测微电网的并网和离网运行状态，并根据运行状态进行保护定值和策略的自适应调整和保护元件的配合。



并网运行

并网运行

运行模式动态识别

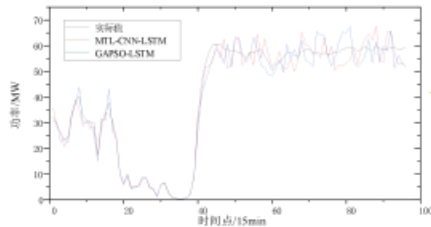
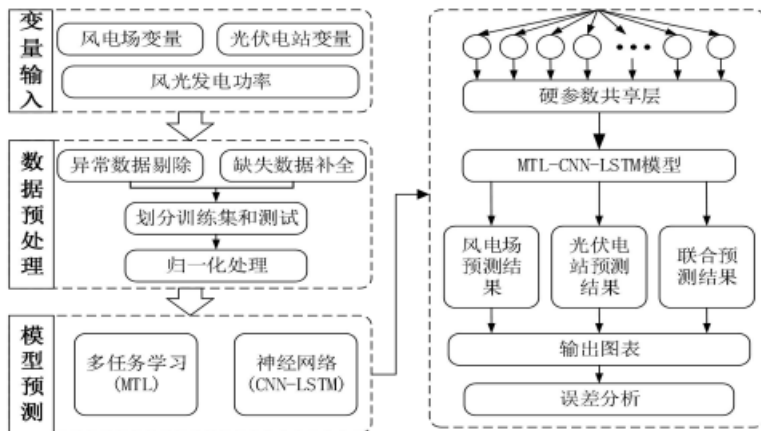
定值区匹配

自适应修改定值区

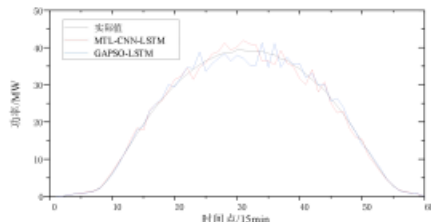


## 关键技术4：高精度源荷预测和安全分析技术

基于“源荷”的**多源数据**（包括供电、用电、气象等），**挖掘**分布式可再生能源在时间上和空间上的**相关性**，**实现高精度的源荷预测**；基于源荷预测实时分析微电网运行的安全边界，**实现设备异常状态下的预警与微电网的安全分析**。



风速适中时风机出力预测结果

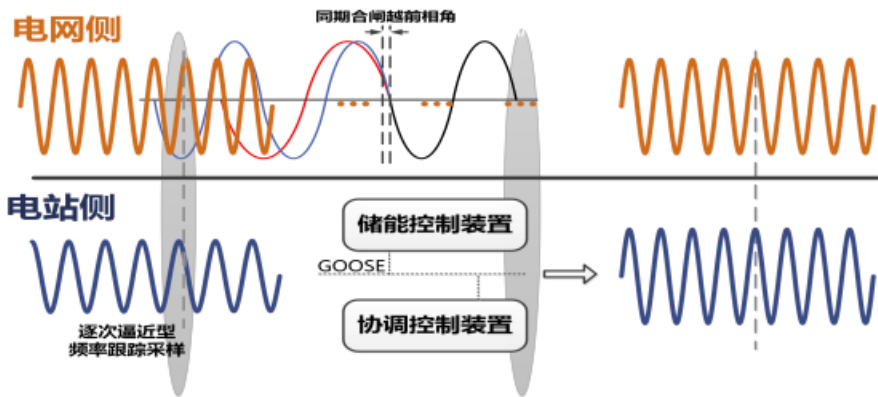


晴天时光伏出力预测结果



## 关键技术5：微电网并离网不停电平滑切换技术

并离网切换是微电网运行中的重要环节，在离网转并网过程中，采用同期合闸技术减少并网冲击，在并网转离网的过程中，采用负荷分级和功率控制技术，保障孤岛微网的稳定运行，实现并离网的不停电平滑切换。





## 关键技术6：微电网经济运行和能量管理技术

建立微电网经济运行控制的数学模型，通过控制优化目标和参数，构建阶段优化模型。通过求解优化控制最优解，实现经济运行目标；基于鲁棒优化的能量管理策略，提高微电网运行的经济性。

优化目标： $\min C = C_{\text{purc}} + C_{\text{loss}} + C_{\text{DSM}}$

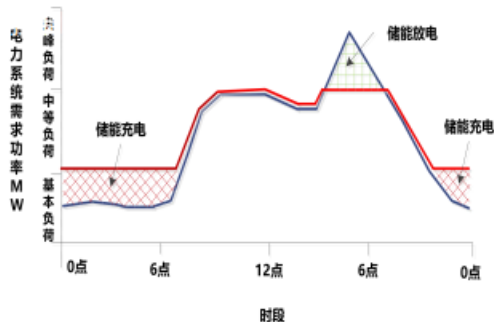
购电成本： $C_{\text{purc}} = C_{\text{purc,grid}} - C_{\text{sell,grid}} + C_{\text{purc,DG}} =$

$$\sum_{t=1}^T \left( \alpha_{\text{purc},t} c_{\text{grid},t} P_{\text{grid},t} + \alpha_{\text{sell},t} c_{\text{grid},t} P_{\text{grid},t} + \sum_{i=1}^{N_{\text{DG}}} c_{\text{DG},i} P_{\text{DG},i,t} \right) T$$

运行损耗成本： $C_{\text{loss}} = C_{\text{loss,line}} + C_{\text{loss,ESS}} = \sum_{t=1}^T c_{\text{loss},t} \left[ P_{\text{loss,line},t} + \sum_{i=1}^{N_{\text{ESS}}} \left( \alpha_{\text{ch},t,i} |P_{\text{ESS},i,t}| (1 - \eta_{\text{ch},i}) + \alpha_{\text{di},t,i} P_{\text{ESS},i,t} (1 - \eta_{\text{di},i}) \right) \right] T$

需求管理成本： $C_{\text{DSM}} = C_{\text{curt}} + C_{\text{shif}} =$

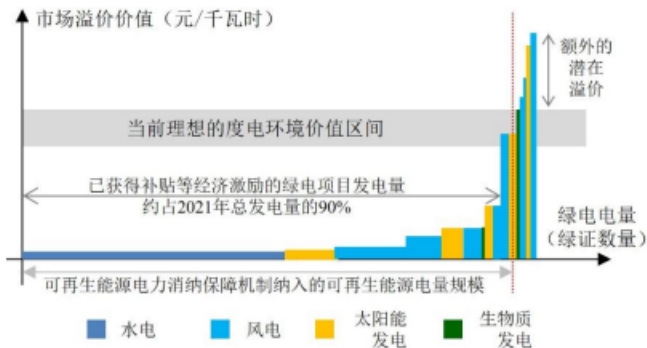
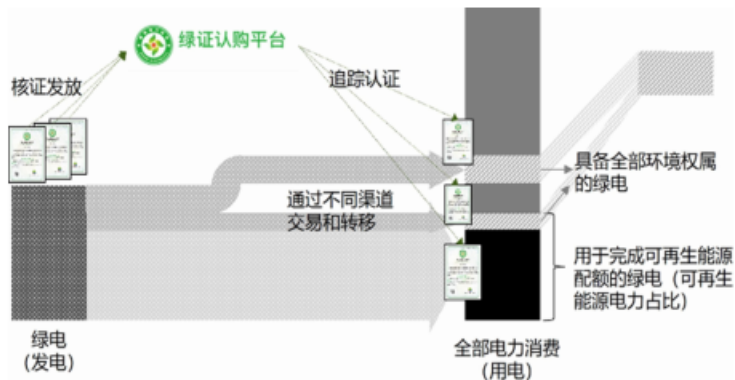
$$\sum_{t=1}^T \left( \sum_{i=1}^{N_{\text{curt}}} c_{\text{curt},i} P_{\text{curt},i,t} + \sum_{i=1}^{N_{\text{shif}}} c_{\text{shif},i} P_{\text{shif-out},i,t} \Delta D_{\text{shif},i,t} \right) T$$





## 关键技术7：面向绿证市场的多元交易机制

基于电力市场化改革成果，充分考虑碳市场对于电力市场的影响，制定**面向绿证市场的多元交易机制**和基于区块链等新兴技术的商业模式。





国家电网  
STATE GRID

## 汇报提纲

Contents

一、微电网概述

二、典型场景

三、关键技术

四、应用案例

南瑞集团有限公司(国网电力科学研究院有限公司)

NARI GROUP CORPORATION / STATE GRID ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE



### 工程实践1：海岛微电网项目

我国大部分岛屿存在供电可靠性不高问题，浙江、江苏、三沙、马尔代夫等海岛孤岛微电网项目充分利用海岛富饶的风、光、海洋能等绿色资源，聚焦解决新能源波动性、间歇性的影响，提高了供电质量，对解决海岛供电难问题提供了示范模式，对于推动新技术在海岛电网的应用具有积极意义。





## 工程实践2： 偏远无电地区离网微电网项目

青海、西藏等偏远地区，缺电或无电等供电难问题突出。采用分布式光伏、多储能互补的模式建设离网型微电网，实现光伏发电在高海拔地区的即插即用、就地消纳和高效利用，解决了区域内用户的无电或缺电状况，为解决偏远无电地区电力供应问题提供了良好示范。





### 工程实践3：农网台区微电网项目

全国多地农村高比例分布式光伏台区，由于农网台区线路天然的薄弱性，大量户用光伏接入造成台区存在严重的电能质量问题”，严重影响农网安全稳定运行并造成户用光伏弃光现象严重。台区微电网解决了台区电压质量和线损问题，提升了经济效益，实现扶贫光伏台区的优质供电。





### 工程实践4：绿色园区微电网项目

北京雁栖湖APEC会议中心，江苏扬中、苏州同里、天津中新生态城、河北承德等并网微电网项目，致力于绿色环保、节能及能效利用，清洁能源的利用等方面的示范，绿色园区并网微电网一体化项目大大提升了供电的可靠性，提升电能质量。





## 工程实践5：智能楼宇微电网项目

武汉未来城中央商务区（CBD）等智能楼宇微电网项目，属于建筑微电网示范应用范畴。融合屋顶光伏、分布式储能、蓄热锅炉、中央空调等元素，通过光储协同和可控负荷的灵活控制，实现绿色经济运行，达到低碳和零碳的建筑目标。



● 智能可靠

● 绿色低碳

● 互动直观

● 便捷智慧



南瑞集团有限公司 (国网电力科学研究院有限公司)

NARI GROUP CORPORATION / STATE GRID ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE



**谢谢！**  
**敬请批评指正！**