国家电网
STATE GRID
国网山东省电力公司

储能技术在微电网和微能网中的应用

国网山东省电力公司电力科学研究院

孙树敏

2026年6月

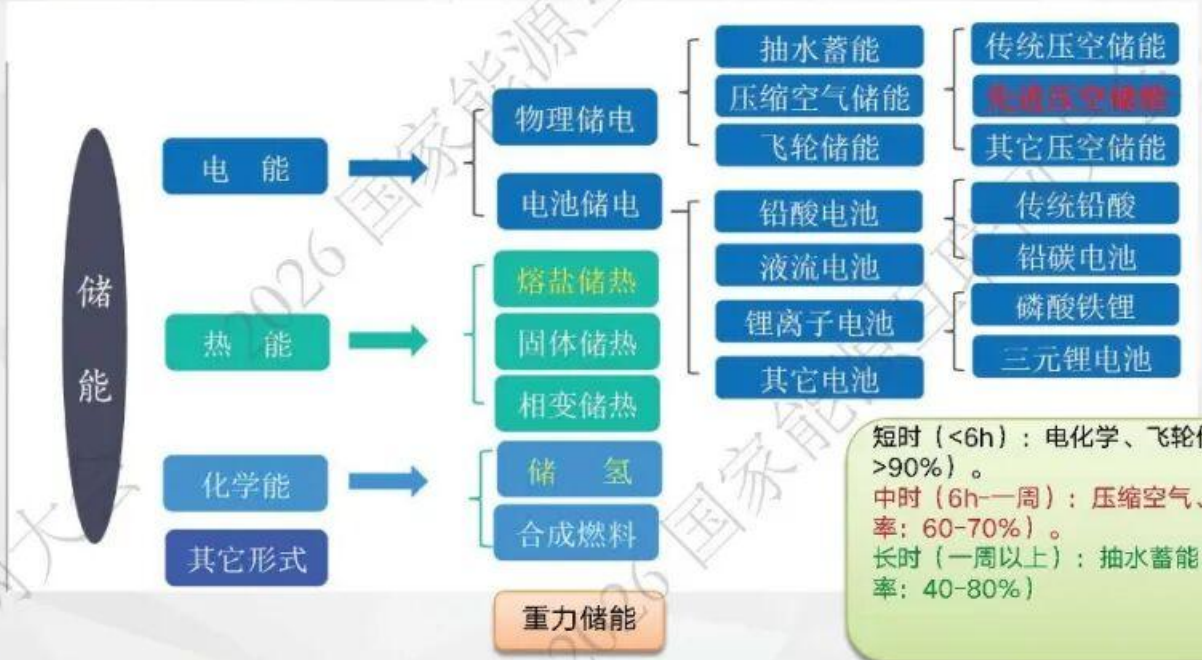
国家电网
STATE GRID

01 储能发展情况

2026 国家能源互联网大会

储能技术分类

储能按照能量存储方式的不同可分为物理储能、电池储能、熔盐储热、储氢、重力储能等类型。



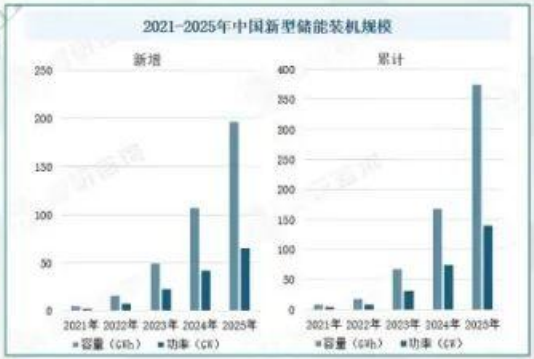
短时（<6h）：电化学、飞轮储能（效率>90%）。
中时（6h-一周）：压缩空气、热泵（效率：60-70%）。
长时（一周以上）：抽水蓄能、储氢（效率：40-80%）

全国新型储能装机情况

- 我国新型储能产业实现跨越式发展，国内新型储能规模从2023年底的约**3139万千瓦**激增至2025年底的**1.36亿千瓦**，功率规模和能量规模连续四年位居全球首位。累计装机规模排名前3的省份分别为：内蒙古2026万千瓦，新疆1880万千瓦，山东1121万千瓦。
- 全国新型储能装机**以锂离子电池等电化学储能为主**，新型储能技术多元化发展态势明显。锂离子电池储能装机占比达**96.9%**，压缩空气储能、液流电池储能及飞轮电池储能等装机占比合计**3.1%**。







山东储能装机情况

山东省储能高速发展，出台示范应用实施意见，配套制定行动方案、若干措施，以点带面探索发展路径，形成“实施意见+行动方案+若干措施+示范项目”总体布局。



山东省发展和改革委员会
山东省能源局文件
国家能源局山东监管办公室

关于印发《关于促进我省新型储能示范项目健康发展的若干措施》的通知



“一带、两城、三区、N基地”储能发展布局图



文件

关于印发《加快新型储能产业高质量发展的指导意见》的通知

山东储能装机情况

截至2026年3月底，山东已并网储能共计174座，总容量1246.05万千瓦。

按照储能类型分，**电化学储能**170座，容量1211.45万千瓦，能量2427.76万千瓦时；**压缩空气储能**2座，容量31.00万千瓦，能量190.00万千瓦时；**飞轮储能**2座，容量3.60万千瓦，能量0.60万千瓦时。

按照建设类型分，**独立储能电站**70座，容量960.69万千瓦，能量2044.73万千瓦时；**新能源场站配套储能**101座，容量282.96万千瓦，能量572.28万千瓦时；**火电厂配套配套调频储能**3座，容量2.40万千瓦，能量1.35万千瓦时。







国家电网
STATE GRID

02

储能在新型电力系统中的应用场景

2026 国家能源互联网大会

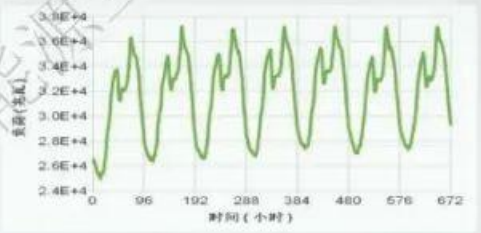


传统电力系统电力和电量平衡确定性充裕

常规电源 → 电 网 → 用电负荷

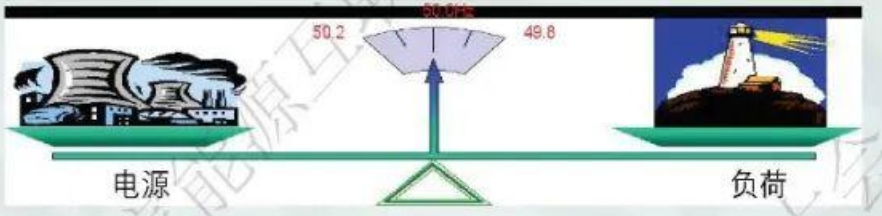


火电机组在运行上下限内按调度指令运行



日负荷规律性强

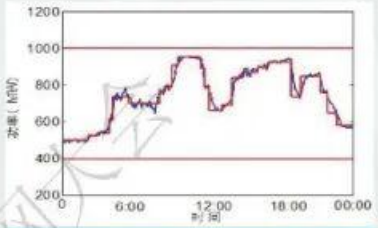
第二章 储能在新型电力系统中的应用场景



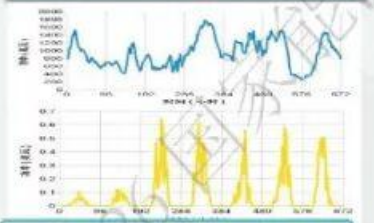
新能源大规模接入对电网的调频、调峰能力带来了挑战，系统有功平衡难度加大。

常规电源 → 电 网 → 用电负荷

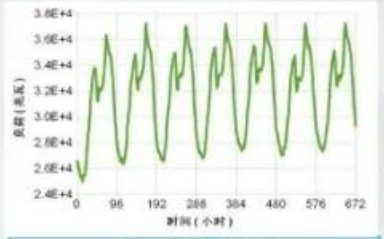
间歇式新能源发电 → 电 网



火电机组在运行上下限内按调度指令运行



新能源发电出力随机变化可预测性差



日负荷规律性强

储能的应用场景

储能系统具备快速、精准的有功/无功双向调节能力，可以在**电源侧**、**输电侧**、**配电侧**以及**用户侧**进行广泛应用，通过储能系统能量“蓄水池”效应来解决由于实时电能供需不平衡导致的一系列问题。

电源侧应用

- ✓ 参与**火电机组**的**AGC调节**，提升火电机组的功率动态响应能力及运行经济性；
- ✓ 参与**新能源场站**的功率调节，提升新能源场站的**功率可调控性**及**电网友好性**。



输电侧应用

- ✓ 主动参与**电网**调峰、调压、调频等**辅助服务**；
- ✓ **补偿**直流特高压换流阀**换相失败**引起的**功率缺失**；
- ✓ 提供**备用电源**及**黑启动电源**；
- ✓ **减少**电网**峰谷差**，提高电网设备利用率。



配电侧应用

- ✓ 解决**配电网**电压波动等**电能质量**问题；
- ✓ 解决**供电薄弱地区**以及**重要用电负荷**供电**可靠性**问题；
- ✓ 解决季节性、时段性负荷引起的**配电变压器/线路重载/过载或轻载**问题。



用户侧应用

- ✓ 用户通过**峰谷电价**进行获利；
- ✓ 解决**增容困难**或**成本较高**的用户的供电问题；
- ✓ 提升用户的**供电可靠性**；
- ✓ 用户**光储充**一体化建设运行。



储能的应用场景—电源侧

（1）常规电源+储能

- 参与火电机组辅助服务，深度参与火电机组的AGC动态响应，提升火电厂灵活调节能力。当参与二次调频的火电机组受爬坡速率限制，不能精确跟踪调度调频指令时，由高速响应的储能改善火电机组的AGC能力。



黄台发电厂100MW/200MWh调峰储能项目



莱城发电厂9MW/4.5MWh调频储能项目

2026 国家能源互联网大会

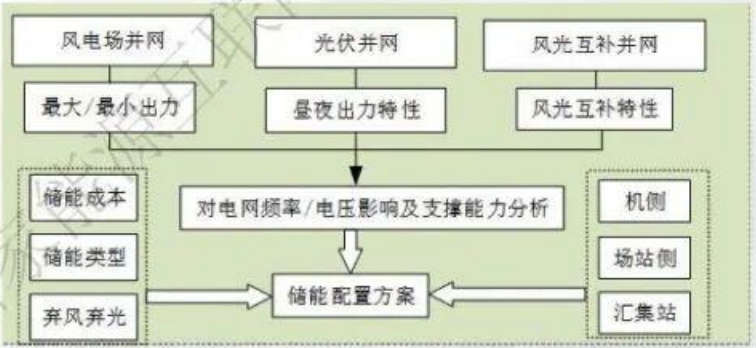
储能的应用场景—电源侧

（2）新能源+储能

- 平滑新能源功率输出，跟踪计划出力，就地参与新能源调峰，减少新能源弃风弃光，促进电网的新能源消纳能力。
- 参与新能源调频调压，提升新能源主动支撑能力。



新能源场站配建储能系统



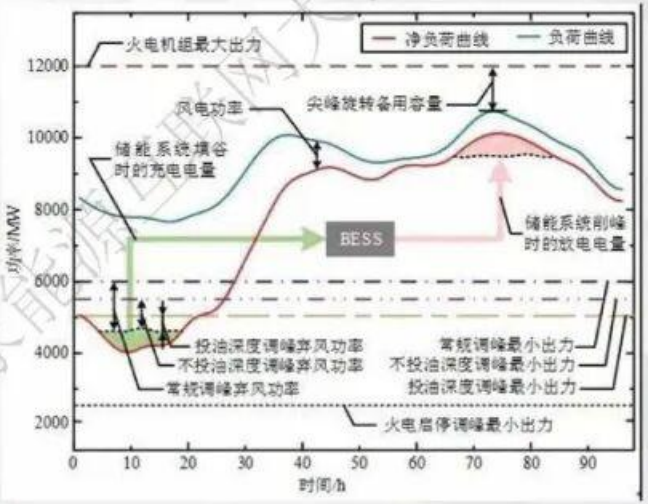
新能源场站储能系统典型配置方案

储能的应用场景—电网侧

（1）输电侧

- 主动参与电网调峰、调频、调压等辅助服务。
- 提供备用容量，作为黑启动电源。
- 提供紧急功率支撑，保障电网安全稳定运行。
- 减少电网峰谷差，提高设备利用率。





储能的应用场景—电网侧

（2）配电侧

- **参与区域电网电能质量治理**

一方面利用储能系统对分布式光伏的间歇性功率、用户的阶段性冲击负荷进行补偿，避免波动性及冲击性功率传递至配电网；另一方面利用储能系统参与区域配电网的无功电压调节，进一步提升配电网的供电电能质量。

- **提升供电薄弱地区和重要负荷供电可靠性**

在海岛、山区等偏远供电薄弱地区以及工业园区等重点用电负荷区域建设储能系统、光伏系统等多类型分布式电源，构建微电网系统，利用储能系统的功率/能量缓冲作用，可以实现微电网系统并网/孤网多模态稳定运行，实现区域负荷在外部电网故障时的持续、可靠、清洁的电力供给。

储能的应用场景—电网侧

（2）配电侧

- **解决季节性、时段性负荷引起的配电设施重过载问题**

利用储能系统进行负荷低谷时段能量存储来应对负荷的季节性或时段性突增问题，从而解决配电变压器/线路的重载或过载问题，并降低对上级变压器的容量需求，在保障配电设备/线路安全稳定运行的同时，有效延缓电网设备投资。

- **解决海量分布式光伏接入引发的配电设备反向重过载问题**

借助储能系统在光伏出力高峰时段进行能量存储，通过“移峰填谷”的方式有效解决分布式光伏大量解决导致台区配电设备反向过载或重载的问题。

2026 国家能源互联网大会

储能的应用场景—用户侧

- **用户通过峰谷电价进行获利**

在用户侧建设分布式储能系统，用户可以获取峰谷价差收益，同时引导用户有序用电，减少电网峰谷差。

- **解决增容困难或成本较高的用户的供电问题**

对于增容困难或成本较高的用户，通过用户侧分布式储能系统的建设可以解决用户的季节性或时段性尖峰负荷供电问题，同时可以通过峰谷价差获取收益。

- **通过光储充一体化建设提升用户供电可靠性**

通过光伏、储能等分布式电源的联合建设构建用户侧微电网系统，可以显著提升用户的供电可靠性。

2026 国家能源互联网大会

国家电网
STATE GRID

03

储能技术在微电网和微能源网中的应用

微电网是由就地电力互联的光伏、储能等分布式电源及负荷组成的小型供用电系统，是配电网的有机组成单元。



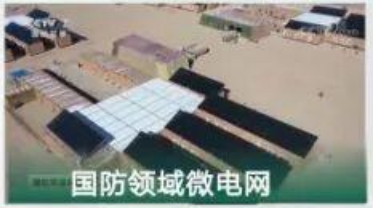
新能源就地消纳及电网主动支撑 —并网— 微电网（通过分布式源、荷的就地自治协同） —离网— 独立可靠清洁供电

广泛应用于工商业园区、居民用户、“高海边无”地区、国防等领域









在解决高渗透率分布式可再生能源消纳和保障用户高可靠供电等方面发挥重大作用

储能技术在微电网中的作用

- **提供短时供电**

微电网在并网运行和孤岛运行两种模式的转换中，会产生功率缺额，在微电网中安装储能系统储存能量，有助于实现两种模式转换的平稳过渡，保证系统的稳定。

- **电力调峰**

微电网规模较小，自我调节能力较差，电网及负荷的波动就会对微电网的稳定运行造成十分严重的影响。储能系统可以在负荷低谷时储存电源的多余电能，而在负荷高峰时回馈给微电网以调节功率需求。

- **改善微电网电能质量**

通过储能系统提供快速功率缓冲，吸收或补充电能，提供有功功率支撑，进行有功或无功补偿，以稳定、平滑电网电压的波动。

工程示范

➢ 分布式发电及微电网接入控制—国家物联网重大应用示范工程

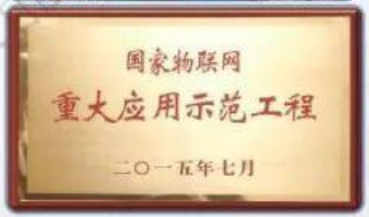
- 面向偏远海岛供电可靠性低的现实迫切需求，国内率先开展分布式电源及微电网工程实践，建成国内**首个面向实际用户供电、并参与电网调控运行的微电网工程。**
- 通过风、光、柴、储等多类型分布式电源的协同调控，实现海岛电网并网/孤网**多模态稳定运行及平滑切换**，保障海岛可靠、清洁电力供给。



- 工程在**国内率先实现孤网24小时运行试验**
  - ➢ 海岛供电可靠率：**99.9996%**
  - ➢ 累计避免电网故障导致的停电时间**1750小时**
  - ➢ 挽回经济社会损失**2462万元**
  - ➢ 减少备用海底电缆敷设，延缓电网投资**4926万元**



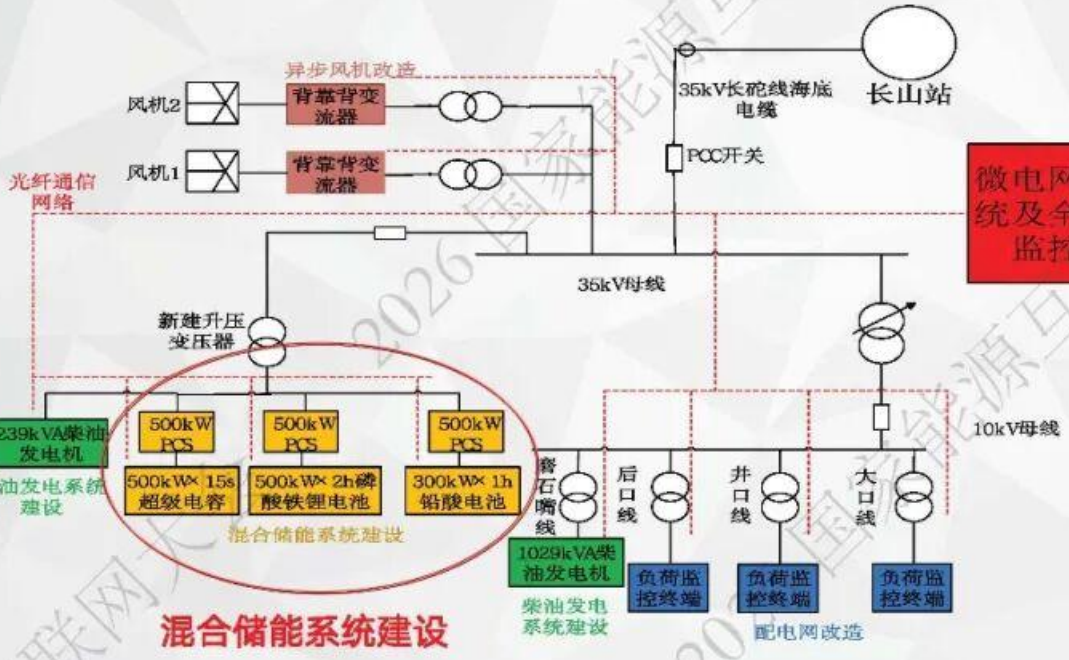






工程示范

➢ 分布式发电及微电网接入控制—**国家物联网重大应用示范工程**









工程示范

➢ 智能微电网群协调控制技术研究及工程示范—国家电网公司智能配电网示范工程

- 国网内率先提出微电网集群互联开发理念，在长岛微电网的基础上建成**国内首个基于柔性直流互联的微电网群工程**。
- 工程共设计交直流互联**12种组网运行模式**，通过微电网群协同调控技术的应用，实现系统在**不同模式之间的平滑切换，以及子微网之间的功率互济支撑**。
- 通过**柔性直流互联**，实现在各海岛广域分散分布的光/储/柴协同互补开发，全面提升海岛配电网的资源优化配置能力、可再生能源消纳能力和可靠供电水平。



5.3MWh
储能系统

1.1MWp光伏

3*1MVA
柴油发电系统

10kV/3MVA
柔性直流配电系统

减少停电时间1200小时

降低区域7%的日运行成本

台区电压合格率99.999%







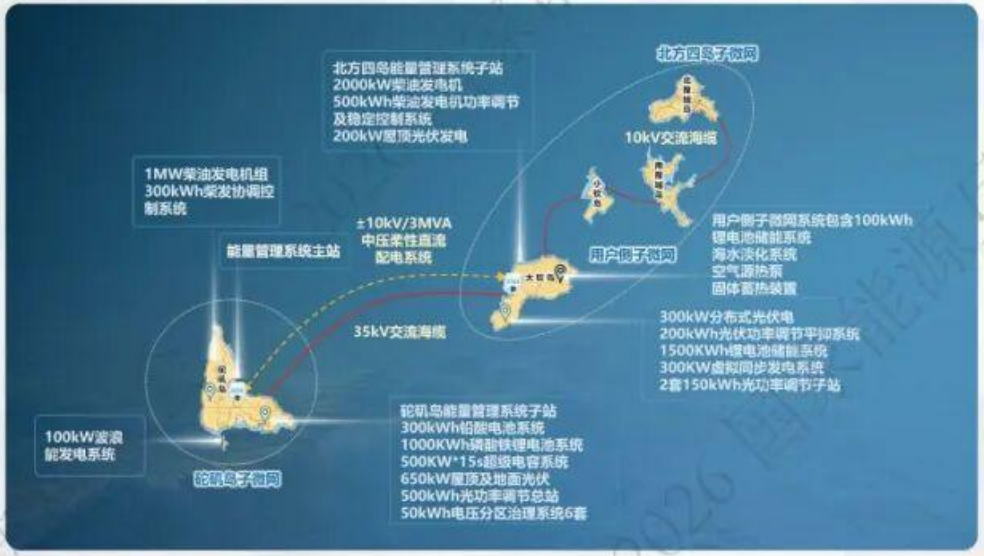


- 为开展**基于配电网的分布式光伏集群主动同步与协同优化调控**运行提供应用平台。

工程示范

- **智能微电网群协调控制技术研究及工程示范—国家电网公司智能配电网示范工程**

- 微电网群工程可分为**砣矶岛子微网系统**、**北四岛子微网系统**、**用户侧子微网系统**、柔性直流配电系统以及微电网群能量管理系统，共计建设3MVA柴油发电系统、5.3MWh储能系统、1.1MWp光伏等分布式电源，建设±10kV/3MVA 柔性直流配电系统。







工程示范

➢ **智能微电网群协调控制技术研究及工程示范—国家电网公司智能配电网示范工程**

- 示范工程实现了不同容量、多电压等级接入的**储能虚拟同步机发电系统多机广域并列**运行。提出了基于电网强弱的自适应惯量、阻尼匹配技术和柔性载波同步环流抑制策略，解决了**可再生能源高渗透率**、**电力电子装备高比例**接入电力系统产生的电压、频率和功角稳定问题。全面提升了电力电子装备电网**支撑性**和**互动性**。



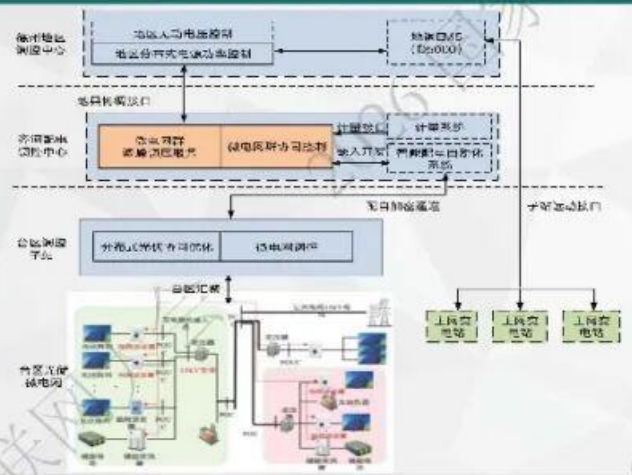
实现了微电网群系统在并网、局部离网、整体离网等多模态下的供电可靠性。**大惯量、强阻尼**推动了电力电子装备由**“跟网型”**向**“构网型”**的角色转变，为构建新型电力系统提供重要技术保障。

工程示范

➢ 台区分布式光储微电网群示范工程

- 在山东省德州市建成台区分布式光储微电网群示范工程，接入了开发区供电所1号配变、开恒线小安村4号台区等**3个400V分布式光储台区微电网**，包含400V分布式光储电站8座，分布式光伏总装机**2.438MW**、分布式储能**0.8MW**。
- 在光伏大发期间，微电网通过削峰计划使其整体出力更加平稳，缓解了变电站功率倒送现象并平抑功率波动；在判别到馈线电压有越限风险后，通过调节微电网集群内分布式光伏无功出力，提升了电压合格率。实现微电网参与电网调峰、调压。

系统拓扑



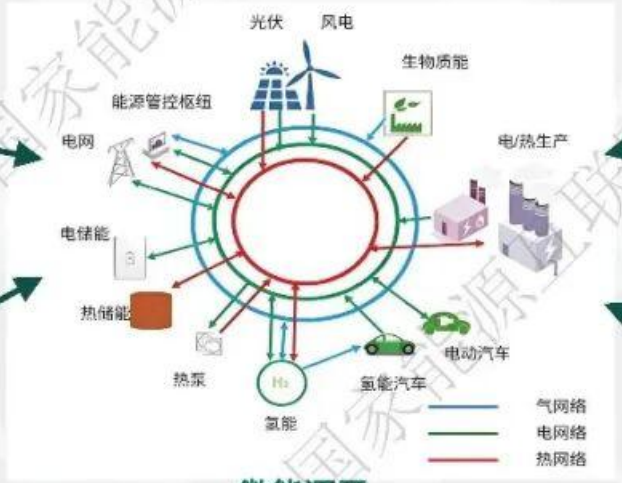
系统运行情况



微能源网将**冷、热、电、气、氢**等多种能源形式进行物理互联，通过**统筹规划与聚合管控**，实现能源生产、传输、转换、存储与消费全过程的优化运行，促进跨区域能源优化配置，挖掘分布式能源系统灵活调节潜力，保障用户可靠清洁供能，促进海量分布式能源的就地优化消纳，拓展电网的灵活调节资源。

预测
- 源侧出力预测
- 荷侧需求预测
- 市场价格预测

集成
- 传统能源&可再生能源
- 物质流&能量流&信息流深度融合



微能源网

优化运行
- 跨介质能量转换
- 能源梯级利用
- 余热余能回收与循环利用

协同管理
- 多能流协同调控
- 需求响应
- 负荷平准与柔性调节

工程示范

➢ 青岛中德生态园多能互补综合能源示范工程—山东省重大科技创新工程示范

- 青岛西海岸新区是国务院批准的第9个国家级新区，中德生态园是我国首个与欧盟合作的园区项目，园区具有丰富的风、光、地热等分布式能源，已初步建成较为完善的燃气管网，具备成为开展综合能源服务业务先行和试点的优良能源条件。
- 示范区选择中德生态园的高端产业区，区域内国家海洋基因库、海尔研究院、力神电池等工业负荷的具有高可靠冷、热、电能源供给需求。

示范工程选址情况





工程示范

➢ 青岛中德生态园多能互补综合能源示范工程—山东省重大科技创新工程示范

- 山东省首个集分布式光伏、天然气、空气源、地热、光热、电化学储能、蓄冷/热等多类型分布式能源于一体的兆瓦级分布式综合能源示范工程。

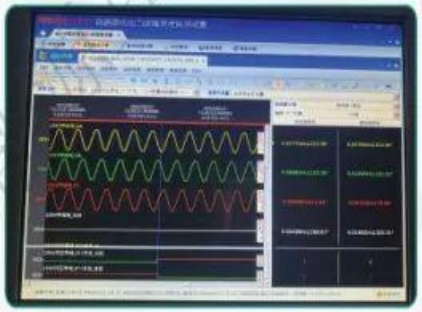
- 通过各类型分布式能源的柔性互联与协同调控，满足周边基因库、数据机房等重要负荷的高可靠、高效用能需求。

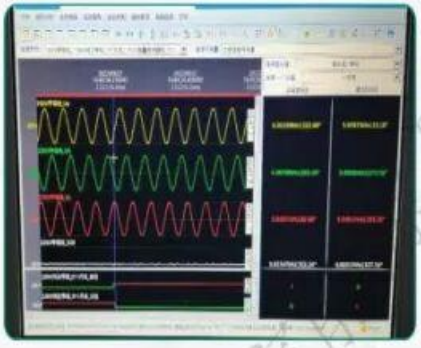
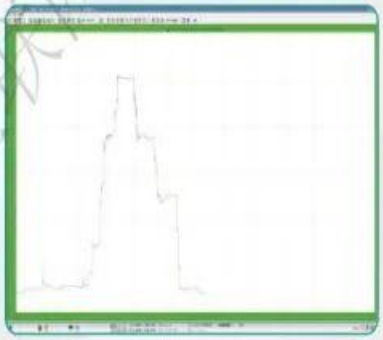


实现冷、热、电多类型分布式能源的“零碳”协同供给

工程示范

- 青岛中德生态园多能互补综合能源示范工程—**山东省重大科技创新工程示范**

500kW重要负荷独立供电＞1小时	可再生能源渗透率＞100%
联络线功率调节误差＜5%	能源综合利用效率＞80%

工程示范

➢ **青岛中德生态园多能互补综合能源示范工程—山东省重大科技创新工程示范**

- 部署冷热电联储系统，包括制冷量409kW、制冰量256kW、蓄冰量500RTh（1758kWh）冰蓄冷系统；制热量60kW、蓄热量150kWh电蓄热系统；建设有效容积50m³水蓄能系统；建设3套250kW/250kWh储能虚拟同步机系统、2套500kW/500kWh储能虚拟同步机系统。实现对冷、热、电等多种能源形式的互补开发和综合利用，提升系统综合利用效率。
- 其中：部署电池储能系统，参与系统中电力平衡的实时调节，参与系统调频调压；部署冰/水蓄冷、电蓄热及相变蓄热装置实现冷、热、电等高效转换及互补开发。



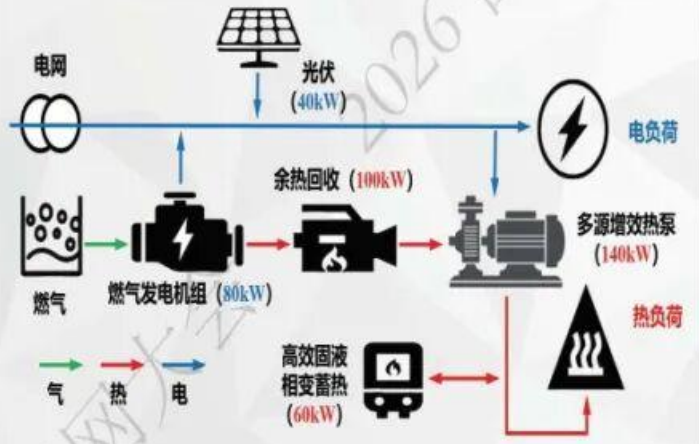




工程示范 ——农村配电网分布式柔性低碳示范工程

- 在山东省东营市广饶县张守凤家庭农场（全国劳动模范家庭农场）建成首个分布式柔性低碳供能示范工程，建设了分布式光伏40kW、生物质热电联供机组80kW、多源增效热泵装置140kW、高效固液相变蓄热装置60kW等冷热电分布式能源。
- 农场通过“羊-沼-菜”生态循环农业模式发展绿色种植，建有2100亩现代化农场和智能化灌溉系统，农场的电力需求为农场灌溉、农产品加工、冷库及办公与成产，热力需求为冬季供暖。

系统拓扑



现场示范照片



工程示范 ——农村配电网分布式柔性低碳示范工程

- 示范工程可向不少于20户农村家庭用户供热，供热负荷柔性调节能力大于100kW，供电负荷柔性调节能力大于40kW，占用配电网承载力小于60kW，额外支撑区域配电网可再生能源消纳能力大于20kW。
- 供暖季可再生能源发电就地消纳率高于90%，碳排较燃煤取暖降低80%以上，配电网故障停电可持续保供能运行时间大于4小时，能够在连续阴雨天等极端工况稳定运行；与“煤改电”相比，节省不小于30%投资。

系统运行情况



现场示范照片



国家电网
STATE GRID
国网山东省电力公司



THANKS

汇报结束

国家能源互联网大会 2026 国家能源互联网大会