

证券研究报告



国网英大集团
STATE GRID YINGDA GROUP
英大证券有限责任公司
YINGDA SECURITIES CO., LTD.



电力系统智能化发展及关注重点

证券分析师：臧宁宁

执业证书编号：S0990523050001

联系邮箱：zangnn@ydzq.sgcc.com.cn

联系电话：0755-83007051

2023年7月17日



主要内容

一 智能化是新型电力系统建设重要内容

二 电力系统智能化主要框架、重点方向

三 风险提示

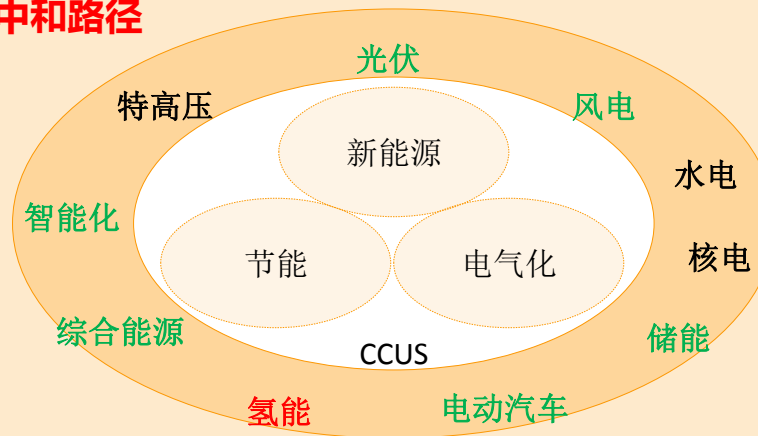


（一）碳达峰碳中和核心在于新型电力系统建设

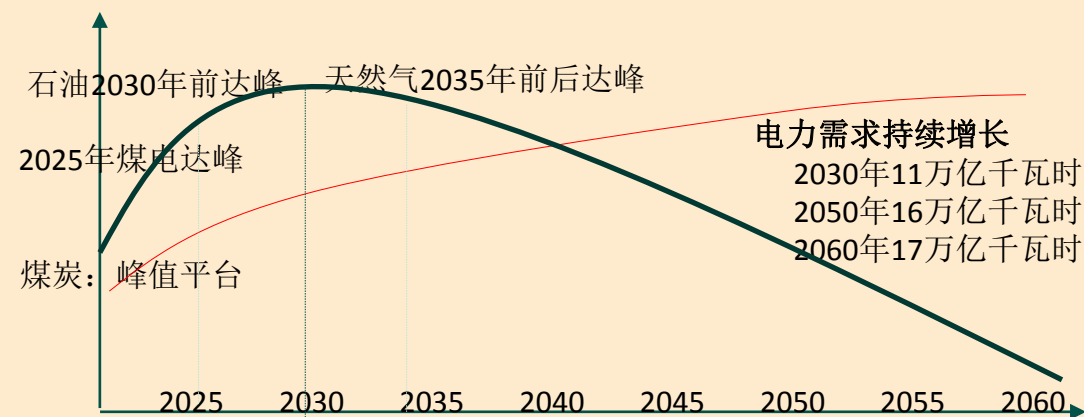
碳达峰碳中和主要通过发展新能源、节能、电气化、碳捕集及利用来实现。具体体现在：1）风光发电；2）水电、核电等；3）储能（新能源消纳）；4）特高压（新能源消纳）；5）智能化（新能源消纳、节能）；6）综合能源（提高能效）；7）电动汽车（交通领域电能替代）；8）绿氢（工业领域绿氢替代）；9）火电+CCUS。

我国碳达峰碳中和的核心在于构建以新能源为主体的新型电力系统，我国化石能源陆续达峰，但用电量持续增长，增量将主要来自风光：煤炭处于峰值平台期；电煤2025年达峰后开始下降；石油2030年前达峰后逐渐下降；天然气2035年前后达峰；全社会用电量，2030年前年均增速3.6%，2030年11万亿千瓦时左右。2030年-2050年年均增速2.0%左右，2050年16万亿千瓦时。2050-2060年年均增速0.6%，2060年17万亿千瓦时，**用电需求推动电力系统建设长周期可持续发展**（参照全球能源互联网组织《中国2060年前碳中和研究报告》）。

碳达峰碳中和路径



碳达峰碳中和示意图



数据来源：参照全球能源互联网组织《中国2060年前碳中和研究报告》整理

（二）新型电力系统的特征

2021年3月中央财经委员会第九次会议首次提出构建新型电力系统，党的二十大报告强调加快规划建设新型能源体系。

2023年6月能源局组织发布《新型电力系统发展蓝皮书》，提出新型电力系统具备安全高效（基本前提）、清洁低碳（核心目标）、柔性灵活（重要支撑）、智慧融合（基础保障）四大重要特征，共同构建了新型电力系统的“四位一体”框架体系。

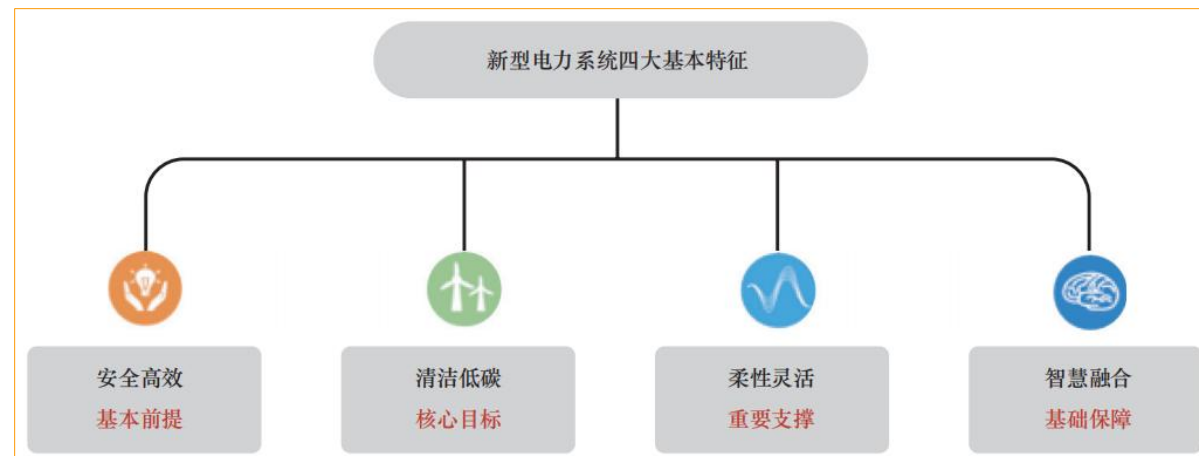
2023年7月中央全面深化改革委员会第二次会议，加快建设清洁低碳、安全充裕、经济高效、供需协同、灵活智能的新型电力系统。

表.主要单位发布新型电力系统主要特征

| 单位 | 文件 | 特征 |
|------|---|--------------------------|
| 国家电网 | 2021年7月国家电网构建以新能源为主体的新型电力系统行动方案（2021-2030年） | 清洁低碳、安全可控、灵活高效、智能友好、开放互动 |
| 南方电网 | 2021年4月南方电网数字电网推动构建以新能源为主体的新型电力系统白皮书 | 绿色高效、柔性开放、数据赋能 |
| 能源局 | 组织发布《新型电力系统发展蓝皮书》 | 安全高效、清洁低碳、柔性灵活、智慧融合 |
| 深改委 | 关于深化电力体制改革加快构建新型电力系统的指导意见 | 清洁低碳、安全充裕、经济高效、供需协同、灵活智能 |

数据来源：国家电网、南方电网、能源局官网、公开报道

图.能源局新型电力系统主要特征



数据来源：能源局《新型电力系统发展蓝皮书》



(三) 智能化是新型电力系统基础保障

双高特性及供需两侧双向波动

高比例可再生能源：同质化大容量常规发电机组转化为单机容量小、数量众多、布点分散、特性差异化的新能源机组，控制方式由集中连续控制转化为快速切换的离散控制。

高比例电力电子设备：电力电子设备的日益普及改变了电力系统内部电气特征，电力电子变流器是大多数电力电子设备的关键组件，使电力系统更加依赖高质量控制与保护等二次设备以及智能化电网调度体系。

大量新型负荷接入：分布式电源、电动汽车、储能装置以及日常用到的变频空调、电采暖等新型负荷大量接入电网，电力系统可控对象从以源为主扩展到源网荷储各环节，控制规模呈指数级增长。

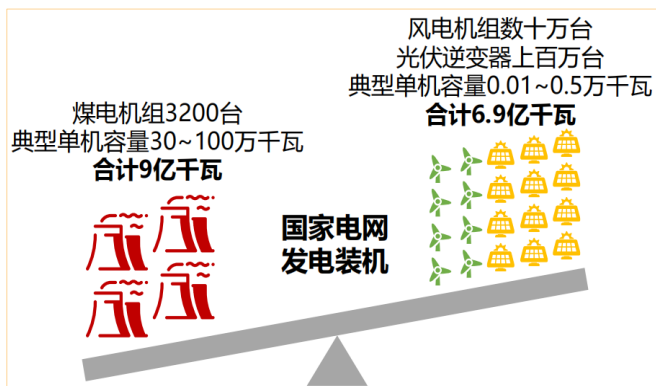


图. 目前国网经营区装机情况
数据来源：国网报告，加快构建新型电力系统稳定管理体系

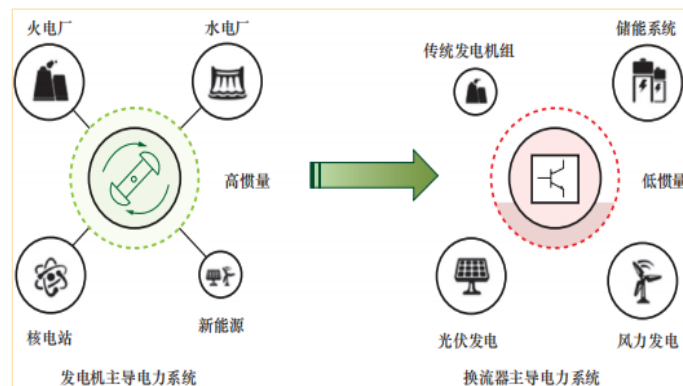


图. 新型电力系统与传统电力系统对比
数据来源：能源局，新型电力系统发展蓝皮书



图. 新型电力系统面临的问题及解决方案
数据来源：中国电科院，构建新型电力系统推动实现“双碳”目标



（三）智能化是新型电力系统基础保障

“十四五”期间，国家电网计划投入电网投资2.4万亿元，大力推进新能源供给消纳体系建设。**一方面**，持续完善特高压和各级电网网架，服务好沙漠、戈壁、荒漠大型风电光伏基地建设，支撑和促进大型电源基地集约化开发、远距离外送；**另一方面**，**加快建设现代智慧配电网，促进微电网和分布式能源发展，满足各类电力设施便捷接入、即插即用**（国家电网辛保安董事长在2022年第15期《求是》杂志署名文章《为美好生活充电 为美丽中国赋能》）。加大配电网建设投入，**“十四五”配电网建设投资超过1.2万亿元**。（国家电网公司发布《构建以新能源为主体的新型电力系统行动方案（2021-2030）》）

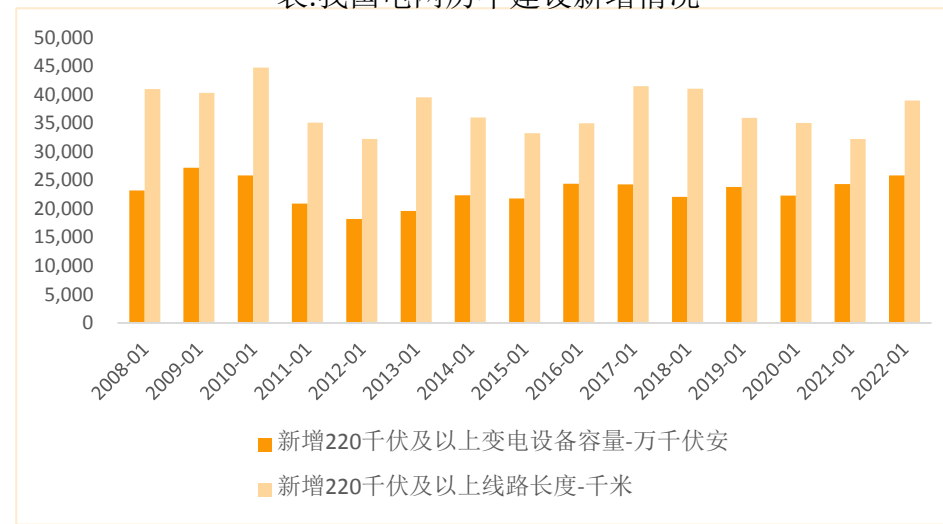
“十四五”期间，南方电网电网建设将规划投资约6700亿元，以**加快数字电网建设和现代化电网进程**，推动以新能源为主体的新型电力系统构建，其中：**配电网建设规划投资达到3200亿元，35千伏及以上线路实现无人机智能巡检全覆盖**。

表.南方电网十四五规划主要内容

| 九大领域 | 38项重点任务 |
|-------------|--|
| 支撑绿色低碳的清洁发电 | 促进非化石能源加快发展；推动常规电能协调发展；着力提升系统调节灵活性 |
| 建设安全高效的智能输电 | 加强跨省区能源资源优化配置；持续优化主网架结构；深化保底电网建设；提升输电智能化水平；推动智能变电站建设； |
| 建设灵活可靠的智能配电 | 持续加强城镇配电网；巩固提升农村电网；提升配电网装备水平；加强配网智能化建设 |
| 建设开放互动的智能用电 | 着力加强智能量测体系高级应用；打造现代供电服务体系；大力推广新电气化；积极推动需求侧响应；促进电动汽车充电基础设施发展及车网互动；推动智能家居和智能小区建设 |
| 推进多能互补的智慧能换 | 推动综合能源服务；促进智慧能源发展；推动基础设施智慧融合发展 |
| 全面提升电网数字化水平 | 深化数字技术平台建设；加快电网数字化建设；数字赋能新型电力系统建设；推动人工智能与业务深度融合；服务推动能源生态和产业发展；加强电力网络安全综合防护体系建设 |
| 建设安全贯通的通信网络 | 建设全光骨干通信网络；建设全面覆盖的接入网；建设可靠高效数据通信网络；完善应急通信体系 |
| 建设统一协同的调控体系 | 加快构建新型电力系统智能调控体系；建设电网智能调度运行平台；提升优化系统控制保护水平 |
| 创新技术保障和市场机制 | 加大关键核心技术科技创新；加强电网标准体系建设；推动构建适应低碳发展的市场机制；因地制宜打造不同特色不同层级示范区，全面推进新型电力系统建设 |

数据来源：南方电网官网、公开资料整理，英大证券研究所

表.我国电网历年建设新增情况



数据来源：万德终端、能源局，英大证券研究所

(四) 国家电网新型电力系统数字技术支撑体系

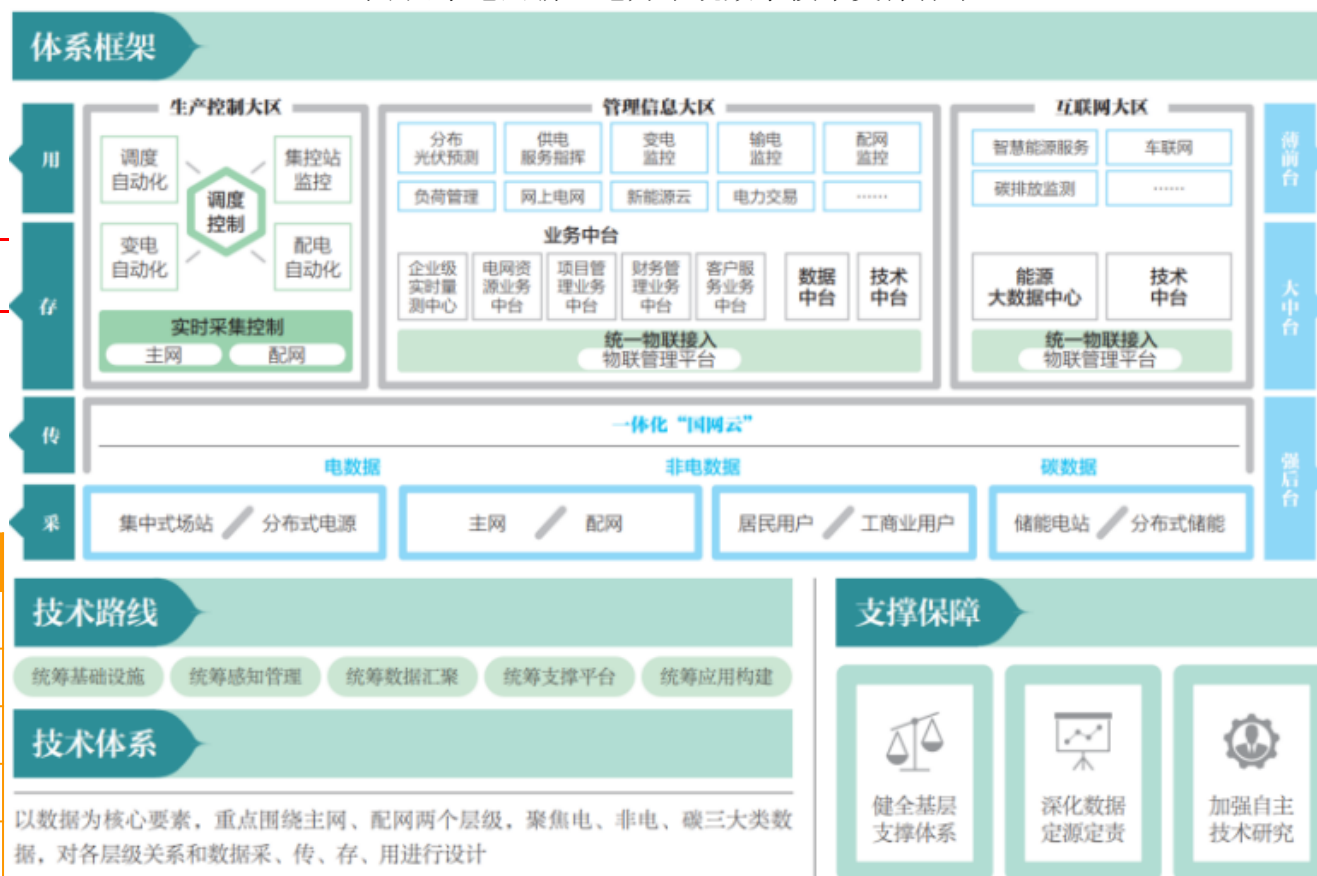
2022年7月国家电网发布新型电力系统数字技术支撑体系技术路线，主要包括：统筹基础设施、统筹感知管理、统筹数据汇集、统筹支撑平台和统筹应用构建，新型电力系统数字技术支撑体系围绕**主网、配网两个层级**，聚焦**电、非电、碳三类核心数据**的采传存用,实现提升**电网可观、可测、可调、可控的能力**，构建形成**数字智能电网**，来高质量地推进新型电力系统建设。

表.新型电力系统数字技术支撑体系技术路线

| 五个统筹 | 主要技术 |
|------|-----------------------|
| 基础设施 | 计算算力、网络通道、安全防护 |
| 感知管理 | 感知接入、平台支撑、信息交互 |
| 数据汇集 | 实时量测中心、历史量测中心、能源大数据中心 |
| 支撑平台 | 业务服务、数据服务、技术服务 |
| 应用构建 | 需求统筹、立项统筹、技术统筹 |

数据来源：国家电网新型电力系统数字技术支撑体系白皮书（2022版）

图.国家电网新型电力系统数字技术支撑体系



数据来源：国家电网新型电力系统数字技术支撑体系白皮书（2022版）



(五) 电力系统智能化主要领域

2023年6月能源局发布《关于加快推进能源数字化智能化发展的若干意见》，新型电力系统数字化智能化涉及电源侧、电网侧、用电侧以及新模式新业态等领域众多应用场景。

表. 新型电力系统数字化智能化主要途径及应用场景

| 加快行业转型升级 | 主要途径及应用 |
|----------------------------|---|
| 以数字化智能化技术加速发电清洁低碳转型（电源侧） | 新能源和水能功率预测技术；规模化新能源基地智能化技术改造；火电、水电等传统电源数字化设计建造和智能化升级；数字技术深度应用于核电设计制造建设运维等各领域各环节 |
| 以数字化智能化电网支撑新型电力系统建设（电网侧） | 实体电网数字呈现、仿真和决策；变电站和换流站智能运检、输电线路智能巡检、配电智能运维体系建设；新能源微网和高可靠性数字配电系统；负荷预测精度和新型电力负荷智能管理；电碳计量与核算监测体系 |
| 以数字化智能化用能加快能源消费环节节能提效（消费侧） | 柔性负荷智能管理、虚拟电厂优化运营、分层分区精准匹配需求响应资源等；多能互补集成供能基础设施建设；用能自主调优、多能协同调度等智能化用能服务；支撑区域能源绿色低碳循环发展体系构建 |
| 以新模式新业态促进数字能源生态构建 | 提高储能与供能、用能系统协同调控及诊断运维智能化水平；提升氢能基础设施智能调控和安全预警水平；推进综合能源服务与新型智慧城市、智慧园区、智能楼宇等用能场景深度耦合；推动新能源汽车融入新型电力系统；探索能源新型基础设施共建共享；推进能源行业大数据监测预警和综合服务平台体系建设 |

数据来源：能源局官网《关于加快推进能源数字化智能化发展的若干意见》，其中加快行业转型升级还包括以数字化智能化技术带动煤炭安全高效生产；以数字化智能化技术助力油气绿色低碳开发利用



主要内容



智能化是新型电力系统建设重要内容



电力系统智能化主要框架、重点方向



风险提示

电力系统智能化主要逻辑

多轮驱动

新能源高速发展与消纳：2022年我国新能源新增发电量占全口径新增发电量的70%，成为我国新增发电量的主体，后期将逐步由增量替代转化为存量替代。

电力体制改革深入推进：目前我国主要经历三次电力体制改革，包括2021年的电价改革，后期跨省跨区市场化交易、现货市场交易、辅助服务市场交易、电碳协同将持续深入。

迎峰度夏电力安全保供：全球气候异常，迎峰度夏期间，空调等推动用电负荷不断创新高，电力安全保供压力持续增大。

图.电力系统智能化主要逻辑



数据来源：英大证券研究所整理

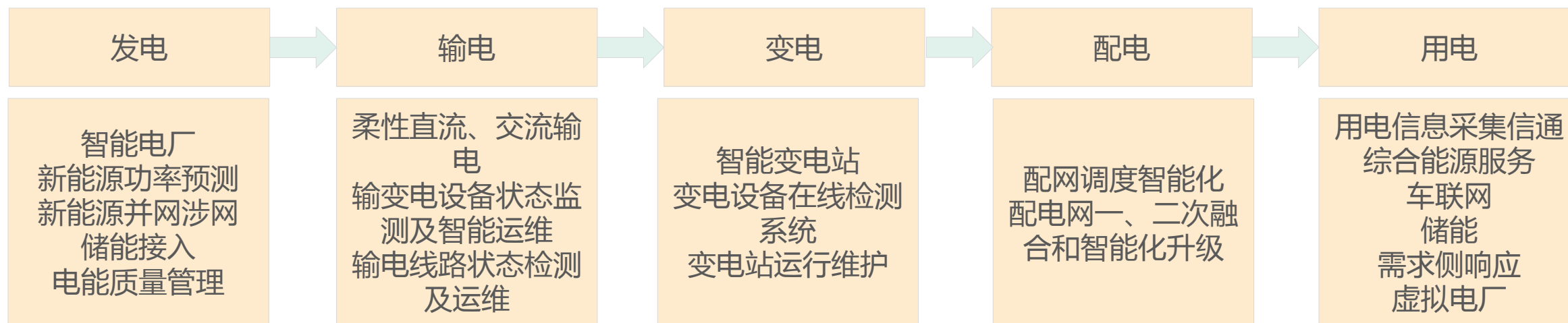
表.我国电力体制改革主要进展

| 时间 | 2002年 | 2015年 | 2021年 |
|------|--|---|--|
| 标志 | 《国务院关于印发电力体制改革方案的通知》国发[2002]5号文 | 《中共中央、国务院关于进一步深化电力体制改革的若干意见》中发[2015]9号文件 | 《关于进一步深化燃煤发电上网电价市场化改革的通知》发改价格〔2021〕1439号 |
| 核心内容 | “十五”期间电力体制改革的主要任务是：实施厂网分开，重组发电和电网企业；实行竞价上网，建立电力市场运行规则和政府监管体系，初步建立竞争、开放的区域电力市场，实行新的电价机制；制定发电排放的环保折价标准，形成激励清洁能源发展的新机制；开展发电企业向大用户直接供电的试点工作，改变电网企业独家购买电力的格局；继续推进农村电力管理体制的改革。 | 在进一步完善政企分开、厂网分开、主辅分开的基础上，按照管住中间、放开两头的体制架构，有序放开输配以外的竞争性环节电价，有序向社会资本开放配售电业务，有序放开公益性和调节性以外的发用电计划；推进交易机构相对独立，规范运行；继续深化对区域电网建设和适合我国国情的输配体制研究；进一步强化政府监管，进一步强化电力统筹规划，进一步强化电力安全高效运行和可靠供应。 | 按照电力体制改革“管住中间、放开两头”总体要求，有序放开全部燃煤发电电量上网电价，扩大市场交易电价上下浮动范围，推动工商业用户都进入市场，取消工商业目录销售电价，保持居民、农业、公益性事业用电价格稳定，充分发挥市场在资源配置中的决定性作用、更好发挥政府作用，保障电力安全稳定供应，促进产业结构优化升级，推动构建新型电力系统，助力碳达峰、碳中和目标实现。 |
| 主要结果 | 在国家电力公司的基础上形成国家电网与、南方电网两大电网以及华能、华电、国电、大唐、中电投五大发电集团。 | 推进电力现货、中长期电量交易市场以及辅助服务市场建设；推进股份制电力交易中心建，推进电力市场交易设，推进发售两侧侧放开，推进市场化售电公司；推进新增配网试点等 | 发电端，推进全部煤电参与电力市场交易；用电端，推进全部工商业用电参与电力市场交易，进一步拉大用电价格弹性。 |

数据来源：发改委、能源局官网，英大证券研究所整理



电力系统智能化主要框架



智能化设备：巡检机器人、作业机器人、无人机、智能环网柜、一二次融合智能柱上开关、电能计量仪器仪表、用电信息采集器、自动化系统及设备

信息化设备：光纤通信、电力载波通信、无线通信、电力专线、IGBT芯片、数字移动及无线接入设备、自动化系统及设备

软件及平台：能源管理系统、状态监测系统、变电及调度系统、安全软件、交易系统、测控及在线监测系统

图. 数据来源：英大证券研究所整理



(一) 新能源并网及功率预测

并网及运行需求：2021年能源局新版两个细则出台后，各地区出台自身并网实施细则，对光伏功率预测准确度进行严格考核并挂钩上网电量，功率预测为并网硬性要求。2022年电力可靠性管理办法（暂行）要求新能源发电企业应当加强发电功率预测管理；

现货交易的需求：随着两批14个现货试点推进，新能源参与市场化交易的比重将持续提升，项目的发电优先排序、出力曲线都将成为收益测算的重要指标，只有出力曲线尽可能贴合需求曲线，项目才能达到最优收益；

精益管理的需求：风电光伏均进入平价低价上网阶段，项目投运后降低运维成本、提高利用小时成为电站项目收益水平的关键，通过功率预测合理安排优化机组发电安排，能够有效提升机组利用小时。

功率预测一般会综合考虑季节、时间、天气变化、温度等历史数据并借助相关数据学习及预测模型，**具有长期大量运行数据及数据学习经验成为相关公司关键考量。**

表. 全国及相关地区并网细则

| 相关要求 | 考核要求 |
|--|--|
| <p>2021年12月新版《电力并网运行管理规定》</p> | <p>新能源场站技术指导和管理工作：应开展功率预测工作，并按照有关规定报送功率预测、单机文件、气象信息、装机容量、可用容量、理论功率、可用功率等，功率预测准确性和各类数据完整性应满足国家和行业有关标准要求。</p> <p>各省监管办可在所在区域实施细则的基础上，根据当地实际情况约定不同考核及返还标准，修订辖区内实施细则，保持实施细则在区域内的基本统一和相互协调。</p> |
| <p>2022年7月华北区域发布《光伏电站并网运行管理实施细则（2022年修订版）》</p> | <p>新建和扩建光伏电站自首批光伏单元并网后3个月起参与中短期功率预测准确率和超短期功率预测准确率考核。中短期预测是指预测次日0时开始至未来240小时的新能源发电功率，超短期预测是指预测自上报时刻起未来15分钟至4小时的新能源发电功率。两者时间分辨率均为15分钟。</p> <p>光伏电站中短期功率预测上报率应达到100%，中短期功率预测中的日前预测准确率应大于等于85%，10天预测平均准确率应大于等于75%。否则面临考核</p> <p>光伏电站超短期功率预测上报率应达到100%，预测准确率应大于等于90%。否则面临考核</p> |
| <p>2022年6月《南方区域光伏发电并网运行及辅助服务管理实施细则》</p> | <p>考核包括上报率和准确率考核，光伏电站中期功率预测结果第4日（第73小时-96小时）准确率应不低于45%，每降低1个百分点按当月装机容量*0.2*考核系数（默认为1）小时的标准进行考核；光伏电站短期功率预测结果中日前预测准确率应不低于65%，每降低1个百分点按当月装机容量*1*考核系数（默认为1）小时的标准进行考核；光伏电站超短期功率预测结果第4小时预测准确率应不低于70%，每降低1个百分点按当月装机容量*1*考核系数小时的标准进行考核。</p> |

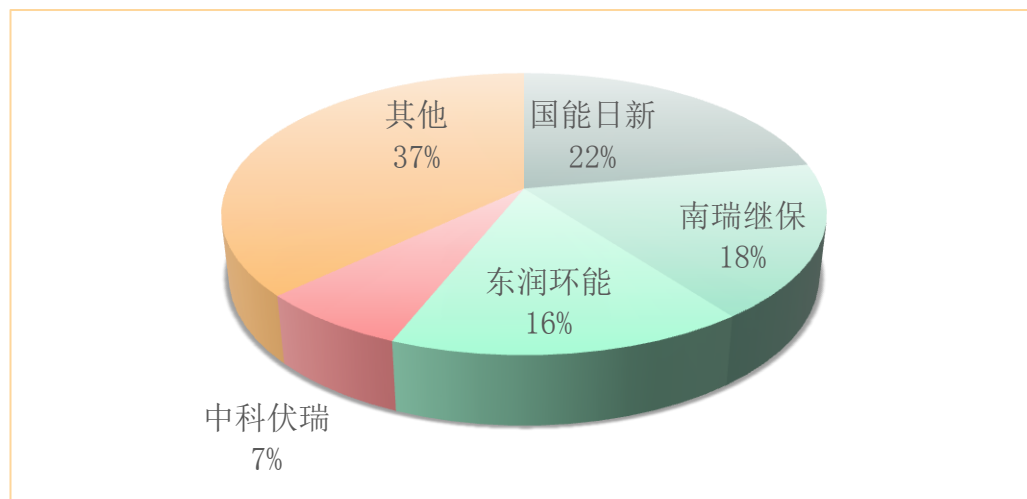
数据来源：国家能源局、地方能源局官网



(一) 新能源并网及功率预测

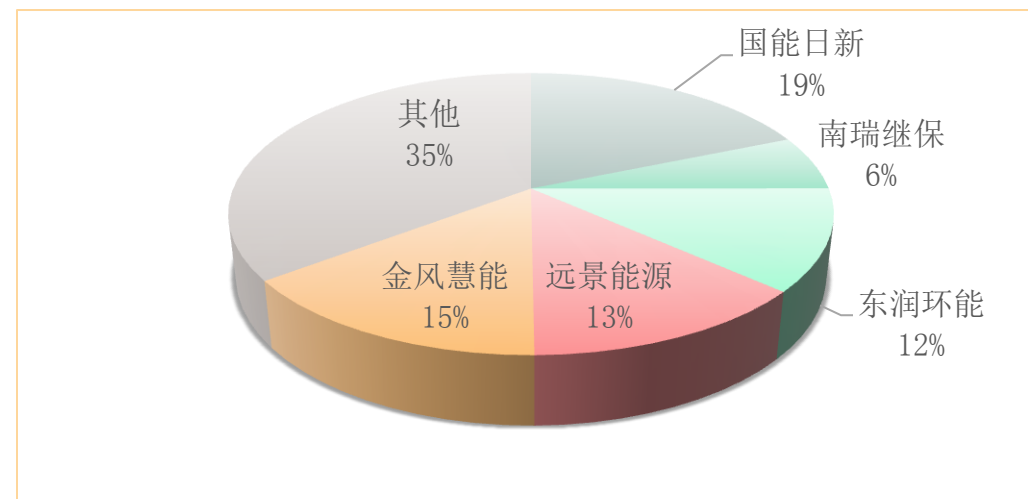
根据沙利文《中国新能源软件及数据服务行业研究报告》，2019年我国风力发电功率预测市场中，国能日新、金风慧能、远景能源、东润环能、南瑞继保的市场份额占比较大，分别为18.8%/14.9%/13.3%/11.7%/6.3%；光伏发电功率预测市场中，国能日新、南瑞继保、东润环能、中科伏瑞的市场份额占比较大，分别为 22.1%/17.7%/16.2%/6.9%。报告中同时提到，2019-2024年我国新能源发电功率预测市场年均复合增长率将达16.2%，2024 年预计市场规模将增至13.4亿元，功率预测市场保持较快增长。

图.光伏功率预测市场份额情况（2019年）



数据来源：沙利文《中国新能源软件及数据服务行业研究报告》

图.风电功率预测市场份额情况（2019年）



数据来源：沙利文《中国新能源软件及数据服务行业研究报告》

（二）输变电状态监控及智能运维

2022年4月国家发改委下发《电力可靠性管理办法（暂行）》，电力企业应当加强线路带电作业、无人机巡检、设备状态监测等先进技术应用，优化输变电设备运维检修模式。

输变电设备状态检测：山区输配电线路巡检困难；提高巡检频率，降低全覆盖巡查时间；异常状态智能诊断（雷击、放电、覆冰等）；高精度定位及故障原因辨识等。

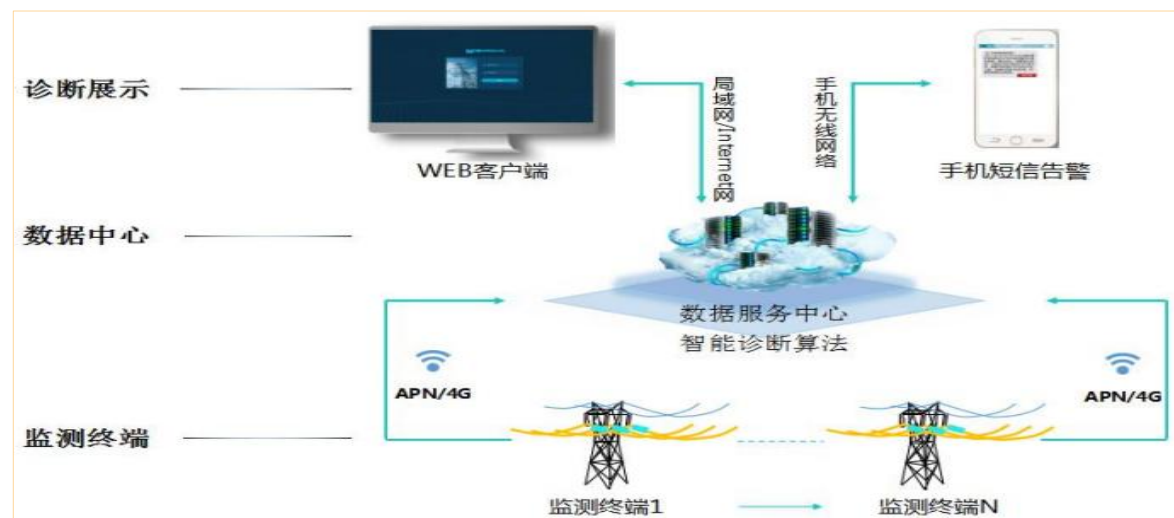
巡检、作业机器人：技术的快速发展，推动电力机器人从传统巡检突破到带电作业，拓宽应用场景。从功能定义上，**机器人从单一的巡视功能，向巡视和操作功能集成方向发展**。复合化、网络化、平台化将是未来巡检机器人重要发展方向。

图.电力领域机器人分类

| 机器人类型 | 作业类型 | 主要情景 |
|---|---|---|
| 巡检机器人 可自主采集数据、避障、充电等，替代人工实现远程巡检。完成红外、局放及表计识别等带电检测任务，全面替代人工实现远程例行巡查，或是在事故和特殊情况下实现特巡和定制性巡检。 |  |  |
| 操作机器人 紧急分闸操作、保护装置操作、倒闸操作、压板操作、间接验电。带电断/接引流线、带电加装接地环、带电加装故障指示器、带电更换避雷器、带电更换直线杆绝缘子。 |  |  |

数据来源：亿嘉和2022年半年报，英大证券研究所整理

图.输电线路状态监控示意图



数据来源：亿嘉和2022年半年报

（二）输变电状态监控及智能运维

从20世纪80年代开始，随着计算机、网络、电力电子及通信技术的快速发展，变电站的保护控制方式也不断迭代更新，逐步从传统变电站、综合自动化变电站、IEC61850变电站、数字化变电站，发展到**智能变电站**；**以无人值守为目标，运用智能化装备，实现全方位、无死角的变电站巡检，提高巡检全面性及效率。**

智能变电站的特点就是**一次设备智能化、设备检修状态化、二次设备网络化**，一、二次设备以高速网络通信平台为基础，通过对数字化信息进行标准化处理，实现站内外信息共享和互操作，对变电站进行测量监视、保护控制、信息管理。

2021年三部门发布《变压器能效提升计划》，到2023年，高效节能变压器在网运行比例提高**10%**，当年新增高效节能变压器占比达到**75%**以上。自2021年6月起，新增变压器须符合国家能效标准要求，鼓励使用高效节能变压器。**到2023年，逐步淘汰不符合国家能效标准要求的变压器。**根据前瞻研究院测算，2020-2025年中国智能变电站在线监测系统市场空间在540亿元。

图.变电站的发展历程



数据来源：智能变电站应用研究，云南电力技术，2022年

图.中国智能变电站在线监测系统市场

| 项目 | 110 kV | 220 kV | 330 kV | 500 kV | 750 kV | 合计 |
|------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 新增智能变电站数量（座） | 2,088 | 1,986 | 315 | 1,406 | 592 | 6,386 |
| 每个新增变电站的在线监测系统价格（万元/座） | 300 | 600 | 1,200 | 1,400 | 1,600 | - |
| 新增在线监测系统市场容量（亿元） | 62.64 | 119.16 | 37.80 | 196.84 | 94.72 | 511.16 |
| 改造智能变电站数量（座） | 354 | 530 | 56 | 74 | - | 1,014 |
| 每个改造变电站的在线监测系统价格（万元/座） | 100 | 400 | 600 | 700 | 900 | - |
| 传统变电站改造的在线监测系统市场容量（亿元） | 3.54 | 21.20 | 3.36 | 5.18 | - | 33.28 |
| 在线监测系统总需求量（亿元） | 66.18 | 140.36 | 41.16 | 202.02 | 94.72 | 544.44 |

数据来源：前瞻研究院《2020-2025年中国智能变电站行业市场前瞻与投资战略规划分析报告》

(三) 智能配电-一二次融合设备

一二次设备分开会存在一二次设备型号不匹配导致安装困难等问题。随电网对供电稳定性、可靠性要求不断提升，一二次融合（即在设计时将一次设备、二次设备的功能集成在一起）成为行业趋势。

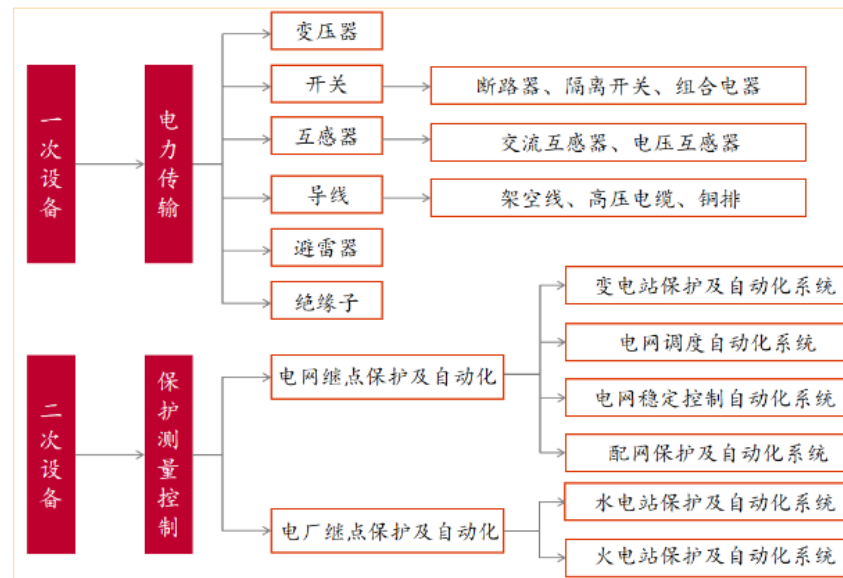
国家电网于2016年提出《配电设备一二次融合技术方案》，并分为“一二次成套阶段”和“一二次融合阶段”两个阶段推进。随着智能化设备需求不断增长，使得作为其关键支撑的一二次设备融合发展成为大势所趋。

图.传统自动化开关、一二融合智能开关对比

| | 传统自动化开关 | 一二次融合智能开关 |
|-----------|---|--|
| 短路故障选择性隔离 | 需整条线路的不同开关进行多次配合跳闸和重合，才能隔离故障 | 自动隔离出最小的故障区域，无故障区域的供电不受影响，有效地防止越级跳闸 |
| 线损采集功能 | 无 | 高精度线损分段式管理，可采集ABC三相电流(精度0.5S级)、ABC三相电压(精度0.5级) |
| 单相接地故障判断 | 无 | 实现80%以上单相接地故障的故障判断，并可自动选择性隔离 |
| 是否采用PT、CT | PT易产生铁磁谐振、二次侧短路产生过电流的问题；CT动态范围小、有磁饱和以及二次输出不能开路的问题 | 采用电压传感器替代PT；采用电流传感器替代CT，解决了相应问题 |
| 取电方式 | 电磁式取电PT，易被雷击损坏、电压二次侧短路产生过电流以及电磁谐振等安全问题 | 采用开关极柱内置取电传感器+太阳能取电方式，替代电磁式取电PT，解决了相应问题 |
| 一二次设备接口 | 一二次设备接口和线缆繁多，接口不匹配，可靠性差 | 只需一条控缆，可靠性高 |
| 调试和维护 | 需专业人员调试和维护 | 免调试和免维护 |
| 防水防尘等级 | IP54 | 开关本体和控制终端都达到IP66 |
| 结构和重量 | 结构松散，重量约150kg | 结构紧凑，重量约80kg |
| 机械寿命 | ≥10000次 | ≥20万次 |
| 使用寿命 | >20年 | >20年 |

数据来源：国网浙江电力，一二次融合智能开关应用成效报告

图.一二次设备产品分类

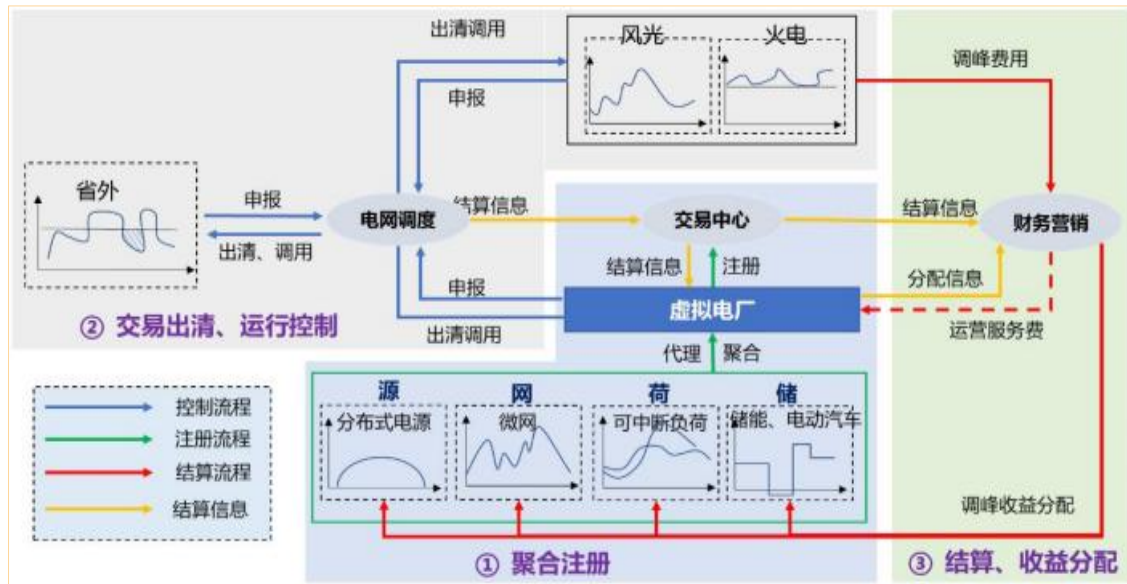


数据来源：公开资料整理

(四) 虚拟电厂等负荷侧管理

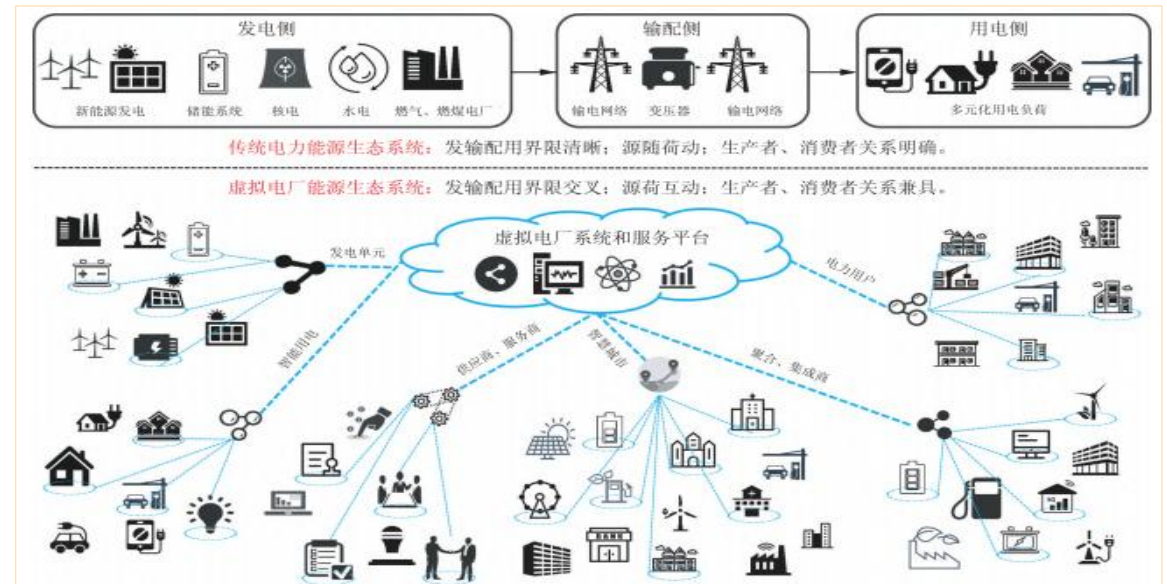
虚拟电厂是能源与信息技术深度融合的重要方向，基于先进的量测、通信和控制技术，将不同空间的可调负荷、储能、微电网、电动汽车、分布式电源等一种或多种可控资源聚合起来，实现对负荷侧可控资源的可观可测可控，可有效提升系统灵活性水平和电网调度机构对负荷侧资源的管理水平。**虚拟电厂属于需求侧响应的模式创新**，根据《“十四五”现代能源体系规划》，力争到2025年，电力需求侧响应能力达到最大负荷的3%~5%，其中华东、华中、南方等地区达到最大负荷的5%左右。根据中电联预测，2025年全国最大负荷16.3亿千瓦，以3%~5%计算，电力需求侧响应能力在5000万千瓦左右。

图. 虚拟电厂业务模式



数据来源：国能日新2022年年报

图. 虚拟电厂与传统电厂生态系统示意



数据来源：钟永洁等.虚拟电厂基础特征内涵与发展现状概述[J]. 综合智慧能源, 2022, 44 (6) : 25-36

（四）虚拟电厂等负荷侧管理

行业相关政策的不断出台和电力体制改革的推进为虚拟电厂的落地提供了可能性，如电力两个细则、全国统一电力市场建设、电力现货市场和辅助服务市场、分时电价机制等，各地加快推进虚拟电厂试点示范，推进虚拟电厂业务模式逐步具有商业可操作性。

虚拟电厂的核心是客户资源、控制与机制。虚拟电厂调度的基础是分布式光伏、智能微网、电动汽车充电平台、综合能源服务、用户侧需求侧响应等创新业务模式，其核心在于：**一是与负荷端充分对接**，具有客户资源优势，如电动汽车、分布式光伏等；**二是深植电力领域**，具有调度、控制、监测、优化、信息化等软硬件优势；**三是能够与调度、电力交易、结算等能源相关平台的广泛对接。**

表. 我国虚拟电厂规模及参与市场情况（国家电网经营区）

| 名称 | 聚合资源类型 | 容量 (万千瓦) | 运营主体 | 参与市场情况 |
|----|---------------------------|-------------|-----------------|---------------------|
| 冀北 | 可调节 工商业、蓄热式电锅炉、智慧楼宇、智能家居等 | 35.8 | 冀北综合能源服务公司 | 参与华北调峰辅助服务市场 |
| 上海 | 商业楼宇、5G基站等 | 7.17 | 上海综合能源服务公司 | 参与需求响应 |
| 河北 | 公交充电、石油化工、可控工业、电动汽车充电桩等 | 15 | 河北综合能源公司、电动汽车公司 | 参与河北调峰辅助服务市场 |
| 河南 | 新能源、储能、充电桩、可调节负荷等 | 6.18 | 河南综合能源服务公司 | 参与需求响应 |
| 浙江 | 分布式电源、储能、充电桩、光储充电站、可调负荷等 | 150 | 浙江综合能源服务公司 | 产能需求响应 |
| 山东 | 11个负荷聚合商代理425家电力用户 | 82 | 第三方主体 | 参与需求响应、参与山东调峰辅助服务市场 |

数据来源：国网能源研究院虚拟电厂攻关研究团队



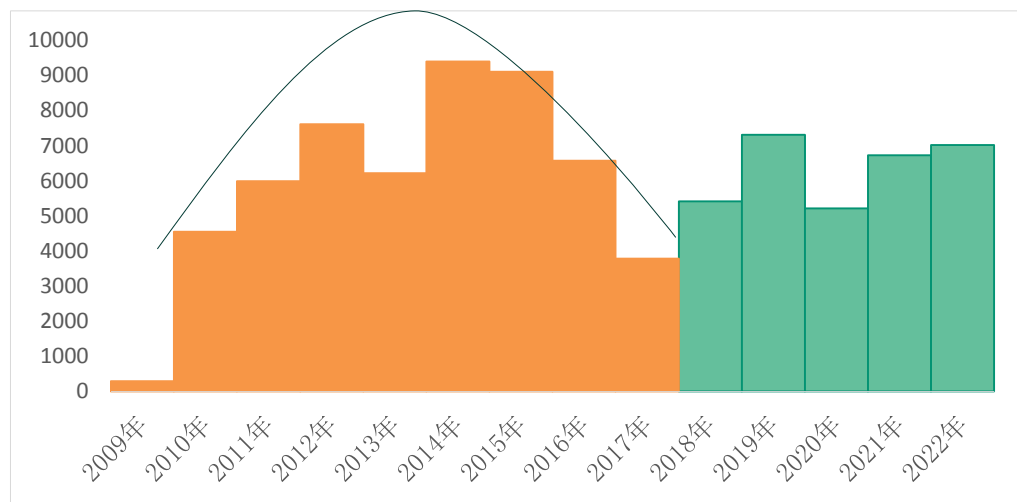
（五）以智能电表为代表的智能计量与采集

2009年以来，国网开始铺设智能电表；2014、2015年左右年度新增达到高点，其中2014年电能表招标数量9395万只，中标金额186亿元；2018年左右周期基本结束。

上一代智能电表寿命一般为8-10年，2019年以来上一轮周期大规模铺设的智能电表逐步进入集中更换阶段，驱动招标量回升，但受疫情扰动等因素影响2020年招标量出现短暂调整。随着双碳大背景下电网开启新型电力系统建设，2020年版智能电表8月发布，智能电表招标量价回升。

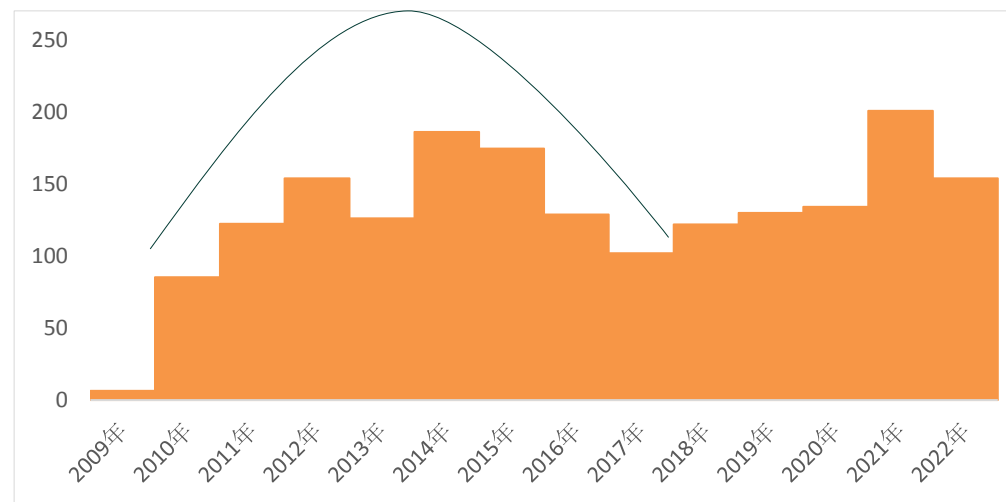
2021年智能电表招标量6726万只，中标金额201亿元，同比增长29.1%和49.7%。2022年国网共发布智能电表招标3个批次，合计7014万只，完成招标2个批次，合计金额154亿元。

图.2009年-2022年国家电网电能表招标数量-万只



数据来源：国网电商平台，英大证券整理

图.2009年-2022年国家电网电能表中标金额-亿元



数据来源：国网电商平台，英大证券整理

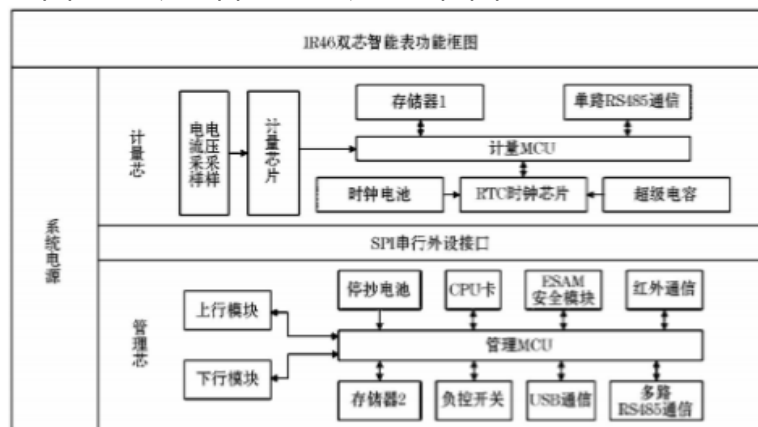


(五) 以智能电表为代表的智能计量与采集

现行智能电表主要为一体化设计，为了防止外界对电能表程序的篡改而导致的电能计量不准问题的发生，电能表内的软件不允许在线升级，当出现软件或硬件故障时，保障电力计量工作顺利进行的唯一可行措施即更换整个表；IR46突破了一体化设计思路，要求电能表电子设备与组件分离，计量功能与其他功能相互独立，非计量部分软件在线升级不影响计量部分的准确性和稳定性。根据国网2021年发布的智能物联电能表通用技术规范，**IR46主要包含计量模组、管理模组和拓展模组，相比上一代电表，除了实行“双芯”（计量芯片+管理芯片）外，还增加了远程抄表及电能质量监测等功能，单表价格普遍提升。**

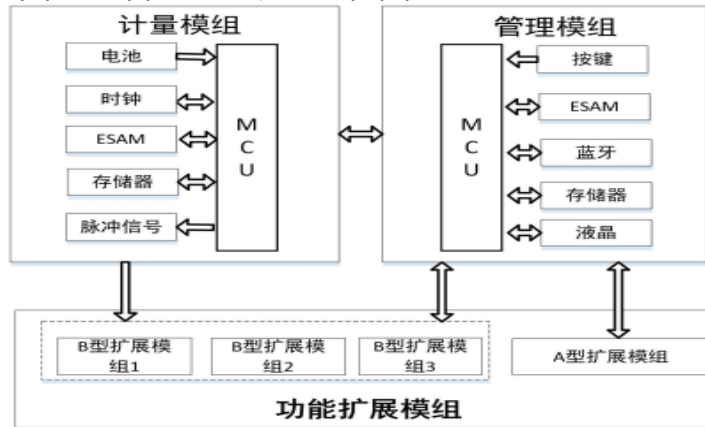
目前国网、南网采购以传统IEC标准智能电表为主，IR46标准智能电表逐步由试点到推广应用，根据根据南网科技2022年8月31日披露调研纪要，2022年上半年国家电网新一代智能电表招标规模为100万只左右，率先开展了规模化应用；新一代智能电表在南方电网尚处于试点应用阶段，前期试点的3万多只电表应用效果良好，得到用户的高度肯定，预计将逐步进入新一代智能电表规模化应用阶段。

图. IR46双芯智能电能表功能框图



数据来源：陈涛等. IR46标准下智能电能表研究初探[J]. 信息系统工程, 2018(9):162-166

图. 现行智能电能表功能框图



数据来源：国网电商平台《三相智能物联电能表通用技术规范》

表. IR46模块

| 模组 | 主要功能及要求 |
|------|---|
| 计量模组 | 能够实现电能计量，可不依赖其它模组独立工作；结构上应采用止逆设计，不可拆卸，不支持软件升级。 |
| 管理模组 | 包括管理MCU、液晶、蓝牙等部件，能够运行嵌入式实时多任务操作系统，具有数据路由分发和软件在线升级功能，负责电能表的数据管理、模组管理以及模组之间的数据交互。 |
| 拓展模组 | 分A型和B型，其中：A型主要用于电能表数据通信，支持载波、微功率无线等通信方式；利用载波方式还可以与电能表从设备通信，实现上行和下行通信功能复用 |

数据来源：国网电商平台

(六) 调度、网络安全、交易等系统

调度：随着大规模新能源电力和海量柔性负荷渗透率不断升高，电网调度控制面临“源-网-荷-储”协同运行导致的电源供给不确定性增加、逐级调度维度指数型增长、电力市场多方主体博弈不确定性增强等挑战，需要建设适应新能源发展的新型调度运行体系，提升新能源和配电网的可观、可测、可控能力，提升系统平衡能力，预计国家电网2023年配网透明化（含分布式电源）水平达到80%以上。

网络安全：电网控制功能由调控中心向配电、负荷控制以及第三方平台前移，电网的攻击暴露面大幅增加，电力系统已成为网络攻击的重要目标，网络安全防护形势更加复杂严峻，需要深化电力监控系统安全防护体系，前瞻应对新型电力系统新业态新技术带来的网络安全新风险。

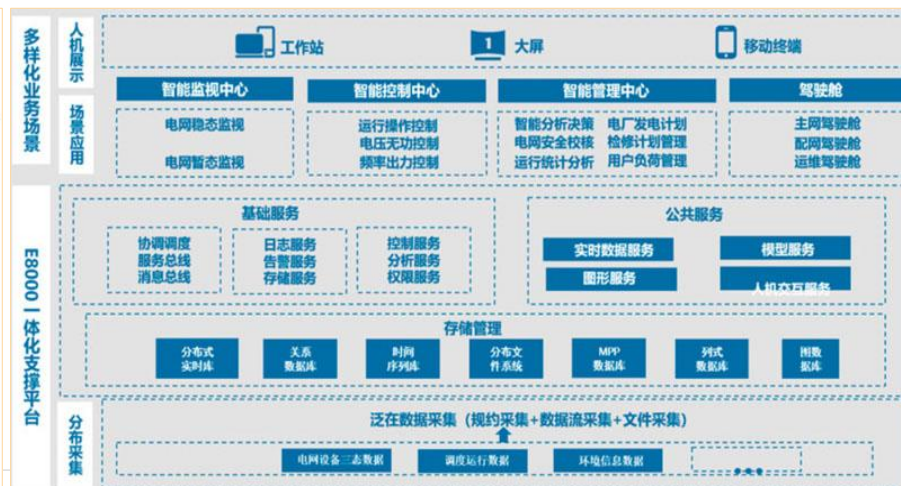
电力交易：电力体制改革的持续推进，全国+省级两级电力市场持续完善，规则存在较大差异；两批现货市场试点不断推进，新能源参与市场化程度不断提高；绿电交易和电碳协同不断深入。交易范围、交易规则和交易范畴不断扩大推动交易系统持续增长。

图.调度系统示意图



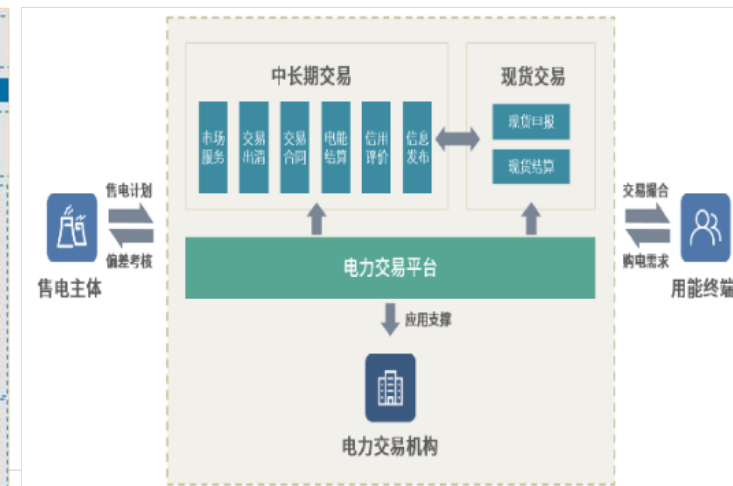
数据来源：国电南瑞2022年年报

图.地市级调度系统示意图



数据来源：东方电子官网

图.电力交易平台示意图



数据来源：国网信通官网



主要结论

碳达峰碳中和下，工业、交通等领域电气化水平提升，电力行业长周期可持续保持增长，推动新型电力系统相关设备、平台等投资建设长周期可持续稳定增长。

灵活智能是新型电力系统建设的重要内容，高比例可再生能源、高比例电力电子设备以及高比例新型负荷持续接入都需要通过发输配售用智能化优化解决；长期以来，我国电力行业“重发轻供不管用”，随着新型电力系统的深入推进，配电侧改造、智能化建设等逐步成为投资的重点。

新能源发展与消纳（从新增主体逐步转变为供给主体）、电力体制改革深入推进（现货、辅助服务、跨省跨区等推进绿电消纳以及用能侧创新）、迎峰度夏电力安全保供（全球气候异常导致电力安全保供周期拉长、挑战变大）三轮驱动电力系统智能化发展。

电力系统智能化关注新能源并网及功率预测；输变电状态监控及智能运维；智能配电一二次融合设备；虚拟电厂等负荷侧管理；以智能电表为代表的智能计量与采集；调度、网络安全、交易等系统等方面。



产业链相关公司

| 主要方面 | 核心因素 | 产业链主要公司 |
|------------------|----------------------------------|---|
| 新能源并网及功率预测 | 具有行业背景、长期数据积累以及数据模型搭建，且有行业内可复制性 | 国能日新、南瑞继保、东润环能、金风慧能、远景能源等 |
| 输变电状态监控及智能运维 | 高压、特高压、超高压等一二次设备以及变电智能运维装备等 | 国电南瑞、中国西电、特变电工、思源电气、许继电气、平高电气、四方股份、国电南自等；亿嘉和、申昊科技、国网智能、南网科技、金智科技等 |
| 智能配电以及一二次融合设备 | 二次龙头企业、配网一二次设备、一次设备智能化等 | 许继电气、宏发股份、思源电气、宏力达、威胜信息、杭州柯林、科林电气、泽宇智能、灿能电力、科润智能、金冠股份等 |
| 虚拟电厂等负荷侧管理 | 开展相关试点、具有电力智能化软硬件支撑、具有广泛需求侧可中断负荷 | 东方电子、国能日新、恒实科技、清大科越；国电南瑞、东润环能、国网信通、泽宇智能、威胜信息；朗新科技、特锐德等 |
| 以智能电表为代表的智能计量与采集 | 进入电网招投标、提供综合能源计量等 | 炬华科技、三星医疗、海兴电力、林洋能源等 |
| 调度、网络安全、交易等系统平台 | 具有行业背景和实践应用、长期深耕电力行业 | 国电南瑞、东方电子；国网信通、远光软件等 |



主要内容



智能化是新型电力系统重要建设内容



电力系统智能化主要框架、重点方向



风险提示



风险提示:

- ◆ 需求增速不达预期的风险。电力系统智能化发展可能受政治、经济、社会数字化以及新能源投产进度等不确定因素影响，实际投运增速低于预期。
- ◆ 政策落地不及预期的风险。虚拟电厂等受电力体制改革等体制机制影响，实际推进进度低于预期。
- ◆ 行业竞争加剧的风险。目前电力设备相关行业市场集中度相对较低，若更多企业参与到行业竞争，将对业内公司盈利造成不利影响。



风险提示及免责声明

股市有风险，投资需谨慎。本报告不构成个人投资建议，也没有考虑到个别客户特殊的投资目标、财务状况或需要。客户应考虑本报告中的任何意见、观点或结论是否符合其特定状况。据此投资，责任自负。

本报告中所依据的信息、资料及数据均来源于公开可获得渠道，英大证券研究所力求其准确可靠，但对其准确性及完整性不做任何保证。客户应保持谨慎的态度在核实后使用，并独立作出投资决策。

本报告为英大证券有限责任公司所有。未经本公司授权或同意，任何机构、个人不得以任何形式将本报告全部或部分刊载、转载、转发，或向其他人分发。如因此产生问题，由转发者承担相应责任。本公司保留相关责任追究的权利。

请客户注意甄别、慎重使用媒体上刊载的本公司的证券研究报告，在充分咨询本公司有关证券分析师、投资顾问或其他服务人员意见后，正确使用公司的研究报告。

根据中国证监会下发的《关于核准英大证券有限责任公司资产管理和证券投资咨询业务资格的批复》（证监许可[2009]1189号），英大证券有限责任公司具有证券投资咨询业务资格。

行业评级

- 强于大市：行业基本面向好，预计未来6个月内，行业指数将跑赢沪深300指数
- 同步大市：行业基本面稳定，预计未来6个月内，行业指数将跟随沪深300指数
- 弱于大市：行业基本面向淡，预计未来6个月内，行业指数将跑输沪深300指数

公司评级

- 买入：预计未来6个月内，股价涨幅为15%以上
- 增持：预计未来6个月内，股价涨幅为5-15%之间
- 中性：预计未来6个月内，股价变动幅度介于±5%之间
- 回避：预计未来6个月内，股价跌幅为5%以上