

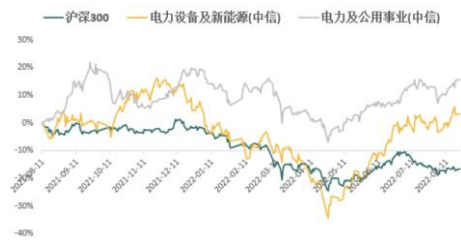


国网英大集团  
STATE GRID YINGDA GROUP  
英大证券有限责任公司  
YINGDA SECURITIES CO., LTD.

# 新型电力系统建设推动发输配用智能化发展

行业研究报告 | 2022. 9. 5

## 市场指数走势（最近 1 年）



行业评级：强于大市

重点公司评级：无

## 风险因素

需求增速不达预期、政策变动风险、产业链竞争格局恶化

研究员：刘杰

执业编号：S0990521100001  
电话：0755-83007043  
E-mail: liujie@ydzq.sgcc.com.cn

## 相关报告

- 电力设备行业研究报告：需求与成本共振，风电产业链有望反转
- 储能行业深度报告系列之一：六类储能的发展情况及其经济性评估
- 电力能源行业报告：海上风电发展趋势及产业链关键环节

## 核心观点

- ❖ “十四五”电网总体投资持续增长，高压特高压、智能化、配网侧是电网投资的重点。在国家“碳达峰、碳中和”战略目标的指引下，国网和南网陆续发布“十四五”相关电网投资规划，公开信息显示，“十四五”期间我国电网投资总额接近3万亿元，高于“十三五”、“十二五”期间2.57万亿元和2万亿元的全国电网投资额。其中：国家电网计划投入3500亿美元（约合人民币2.23万亿元），推进电网向能源互联网转型升级；南方电网将规划投资约6700亿元，以加快数字电网和现代化电网建设进程，推动以新能源为主体的新型电力系统构建。
- ❖ 从2022年迎峰度夏电力保供中，在极端天气下，智能化设备在巡检、作业、节能、安全中发挥作用愈发明显作用。发电端表现为智能电厂、新能源并网、储能接入等；输电端表现为输变电设备、输电线路状态检测等；变电表现为智能变电站、变电设备在线检测等；配电表现为配网自动化、虚拟电厂、智能微网等；用电侧表现为智能电表、用电信息采集、综合能源服务、车联网等。此外在智能化设备主要包括巡检机器人、作业机器人、无人机、一二次融合智能柱上开关、电动化系统及设备；信息化设备包括光纤通信、电力载波通信、无线通信、IGBT等；软件及平台涉及能源管理系统、变电及调度系统、安全软件等。
- ❖ 在发电端，围绕风电智能运维、风光出力预测及并网等方面，建议关注明阳智能、国能日新、南瑞继保、东润环能、金风慧能、远景能源等。在输变端，围绕特高压柔性直流、智能变电站、一二次设备融合、智能监控、机器人等，建议关注国电南瑞、中国西电、特变电工、思源电气、许继电气、平高电气、四方股份、宏发股份、东方电子、泽宇智能、杭州柯林、亿嘉和、申昊科技、国网智能等。围绕新一代调度系统等，关注国电南瑞、东方电子等。在配电端，围绕智能配网等，关注国电南瑞、思源电气、宏力达、威胜信息等。在用电端，围绕智能电表、综合能源、虚拟电厂等，关注炬华科技、三星医疗、海兴电力、林洋能源、苏文电能、南网能源、恒实科技、清大科越、泽宇智能、朗新科技、特锐德等。
- ❖ 风险提示：需求增速不达预期、政策变动风险、产业链竞争格局恶化

# 目 录

|    |                            |    |
|----|----------------------------|----|
| 一、 | 碳达峰碳中和核心在于清洁替代和电氢替代 .....  | 4  |
| 二、 | 构建以新能源为主体的新型电力系统 .....     | 5  |
| 三、 | 智能化设备在电力系统中发挥越来越突出作用 ..... | 7  |
| 1. | 发电端新能源接入及出力预测 .....        | 8  |
| 2. | 发电端新能源发电智能运维 .....         | 10 |
| 3. | 智能变电站及成套设备 .....           | 11 |
| 4. | 机器人及无人机 .....              | 12 |
| 5. | 智慧计量与采集 .....              | 13 |
| 6. | 虚拟电厂、综合能源服务等用电侧创新模式 .....  | 15 |
| 四、 | 电力系统智能化主要产业链及相关企业 .....    | 18 |

# 图表目录

|       |                                     |    |
|-------|-------------------------------------|----|
| 图 1:  | 双碳下新型电力系统建设逻辑 .....                 | 4  |
| 图 2:  | 不同阶段风光装机占比 .....                    | 4  |
| 图 3:  | 不同阶段风光发电量占比 .....                   | 4  |
| 图 4:  | 新型电力系统基本特征 .....                    | 5  |
| 图 5:  | 新型电力系统主要内涵 .....                    | 5  |
| 图 6:  | 新型电力系统显著特征 .....                    | 5  |
| 图 7:  | 新型电力系统建设目标及举措 .....                 | 5  |
| 图 8:  | 我国历年电网基本建设投资情况（亿元） .....            | 6  |
| 图 9:  | 智能电网建设周期各环节投资情况（亿元） .....           | 7  |
| 图 10: | 我国配电网建设投资变化情况 .....                 | 7  |
| 图 11: | 电力系统智能化建设 .....                     | 8  |
| 图 12: | 新能源功率预测意义 .....                     | 10 |
| 图 13: | 新能源并网成套系统 .....                     | 10 |
| 图 14: | 智能巡检机器人系统总体结构 .....                 | 10 |
| 图 15: | 海上风电机组无人机叶片巡检 .....                 | 10 |
| 图 16: | 海上风电运维成本构成 .....                    | 11 |
| 图 17: | 中国风电运维竞争现状 .....                    | 11 |
| 图 18: | 变电站的发展历程 .....                      | 11 |
| 图 19: | 电能表发展历程 .....                       | 14 |
| 图 20: | 2017 年-2022 年国家电网智能掉膘招标数量统计预测 ..... | 15 |
| 图 21: | 2021 年国网招标智能电表市场格局 .....            | 15 |
| 图 22: | 智能用电关键技术 .....                      | 16 |
| 图 23: | 虚拟电厂结构示意图 1 .....                   | 16 |
| 图 24: | 虚拟电厂结构示意图 2 .....                   | 16 |

表 1: 电力智能化设备在迎峰度夏中的应用场景 ..... 7

表 2: 新版两个细则光伏出力预测考核相关不完全政策 ..... 8

表 3: 中国智能变电站在线监测系统市场 ..... 12

表 4: 电力领域机器人分类 ..... 13

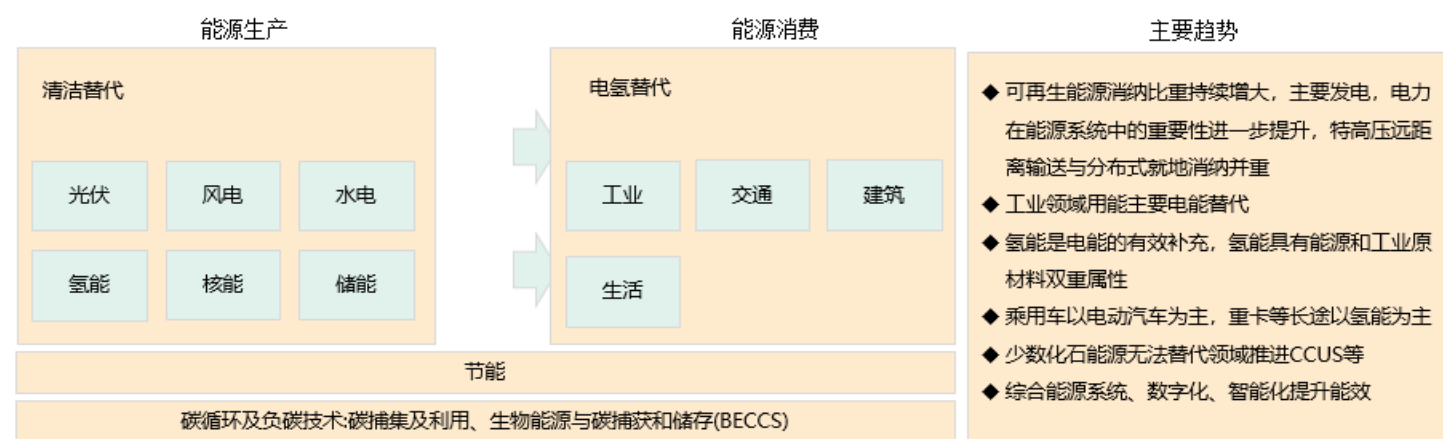
表 5: 虚拟电厂相关政策 ..... 17

表 6: 电力系统智能化主要产业链及主要相关企业 ..... 18

## 一、碳达峰碳中和核心在于清洁替代和电氢替代

2020年9月22日，国家主席习近平在第七十五届联合国大会一般性辩论上发表重要讲话时提出，中国将采取更加有力的政策和措施，二氧化碳排放力争于2030年前达到峰值，努力争取2060年前实现碳中和，为我国中长期能源发展指明了方向。2021年3月，国家主席习近平在中央财经委员会第九次会议上进一步强调，实现碳达峰碳中和是一场广泛而深刻的经济社会系统性变革，要把碳达峰碳中和纳入生态文明建设整体布局，其中十四五、十五五是碳达峰的关键期窗口期，要构建以新能源为主体的新型电力系统。碳达峰碳中和的核心是减少化石能源消费、发展可再生能源，由于可再生能源利用方式主要发电和制氢，因此，碳达峰碳中和需要构建以新能源为主体的新型电力系统，在能源生产侧实现“清洁替代”，在能源消费侧推进“电氢替代”。

图 1：双碳下新型电力系统建设逻辑

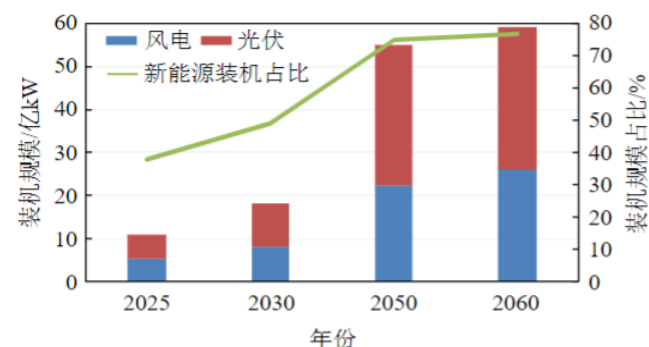


数据来源：英大证券研究所

在清洁替代和电氢替代下：

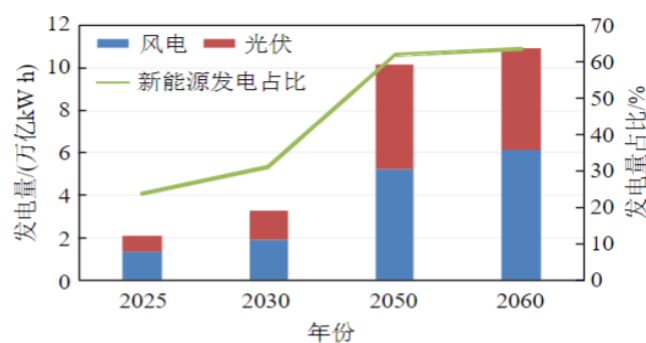
根据国网能源研究院预测，我国全社会用电量将从2020年的7.5万亿千瓦时增至2030年的11.8万亿千瓦时，于2045年前后趋于饱和，达到13.8-15.9万亿千瓦时。2020年-2030年、2030年-2045年电力需求年平均增速分别为4.4%-5.1%、1.2%-1.7%，比能源需求增速分别高2.2-2.6个、1.6-1.8个百分点。终端电气化水平将不断上升，2030年超过35%，达到35.0%-36.7%。

图 2：不同阶段风光装机占比



数据来源：电网技术，2022 年，英大证券研究所

图 3：不同阶段风光发电量占比



数据来源：电网技术，2022 年，英大证券研究所

根据全球能源互联网发展合作组织预计，2025、2030、2050和2060年风电和光伏新能源装

机分别为10.9、18.2、55.1和59.2亿kW，新能源装机占比分别为37.8%、49.2%、74.8%和77%。2025、2030、2050和2060年风电和光伏新能源发电量分别为2.1、3.3、10.2和10.9万亿kW h，新能源发电量占比分别为23.6%、31.0%、62.0%和63.5%，2045年风光新能源发电量占比超过50%。随着新能源渗透率不断提高，需要进一步依托“电转气”等技术联通电力系统与其他能源系统，构建广义储能系统，提高新能源利用率。

## 二、 构建以新能源为主体的新型电力系统

电网连接着电力生产和消费，处于能源转型的中心环节。

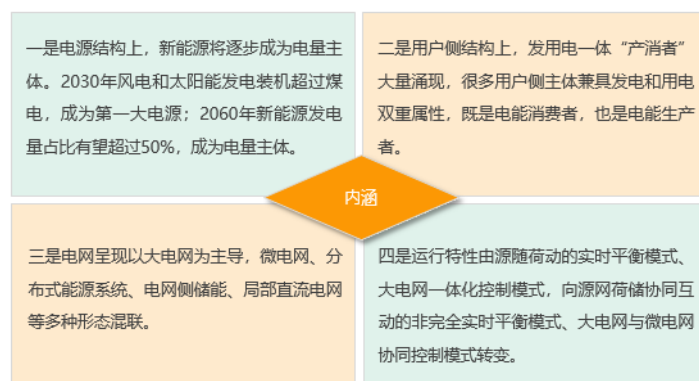
2021年3月，国家电网发布“碳达峰、碳中和”行动方案；2021年7月，发布构建以新能源为主体的新型电力系统行动方案（2021-2030年），提出新型电力系统具有清洁低碳、安全可控、灵活高效、智能友好、开放互动的基本特征。国家电网注重数字赋能，加强数字化建设统筹、大数据应用和数据管理，着力在新型电力系统数字技术支撑、企业中台建设运营、数据增值服务等方面取得实效，电力核心业务信息化及运营服务云化、网络安全方面的投资持续快速增长。

图 4：新型电力系统基本特征



数据来源：国家电网，英大证券研究所

图 5：新型电力系统主要内涵



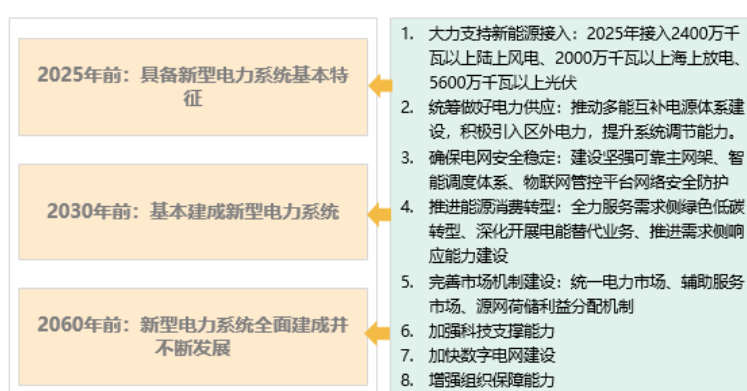
数据来源：国家电网，英大证券研究所

2021年5月南方电网发布建设新型电力系统行动方案（2021-2030年）白皮书》、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等。南方电网推进电网数字化、服务数字化、运营数字化和数字产业化，加快构建以数字电网为载体的新型电力系统；能源央企持续加大信息化投入，加快数字化转型，推动产业数字化、数字产业化升级。

图 6：新型电力系统显著特征



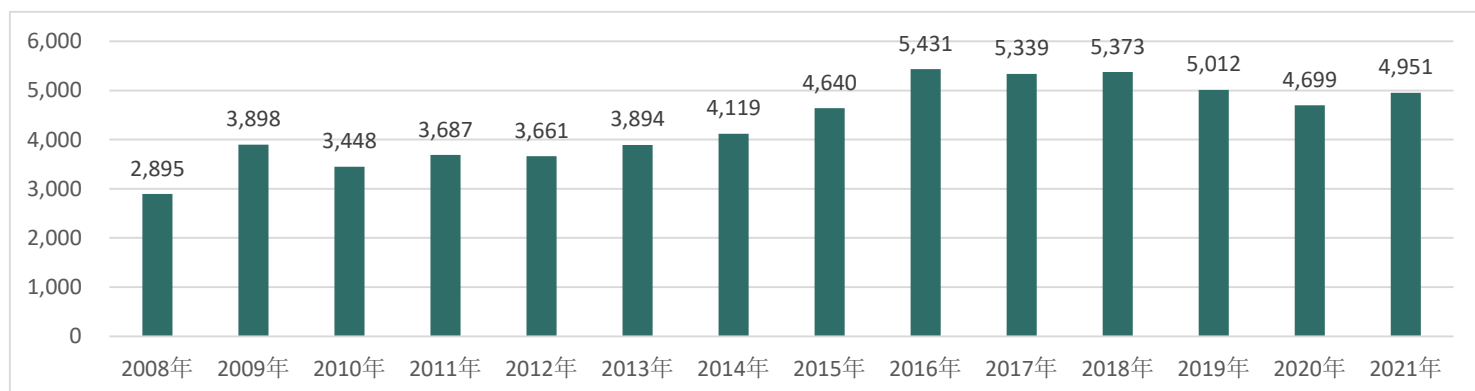
图 7：新型电力系统建设目标及举措



## 1. “十四五” 电网总体投资持续增长

能源电力在我国碳达峰碳中和战略中具有举足轻重的地位，“十四五”是碳达峰的关键期、窗口期，重点在于构建以新能源为主体的新型电力系统。在国家“碳达峰、碳中和”战略目标的指引下，国网和南网陆续发布“十四五”相关电网投资规划，公开信息显示，“十四五”期间我国电网投资总额接近3万亿元，高于“十三五”、“十二五”期间2.57万亿元和2万亿元的全国电网投资额。其中：国家电网计划投入3500亿美元（约合人民币2.23万亿元），推进电网向能源互联网转型升级，国家电网在其 2022 年度工作会议上提出，2022 年，在电网投资方面，国家电网计划投资金额为5012亿元，其年度电网投资计划首次突破 5000 亿元；南方电网“十四五”规划投资约6700亿元，以加快数字电网和现代化电网建设进程，推动以新能源为主体的新型电力系统构建。

图 8：我国历年电网基本建设投资情况（亿元）



数据来源：wind 终端，英大证券研究所

## 2. 特高压、智能化、配网侧是电网投资的重点

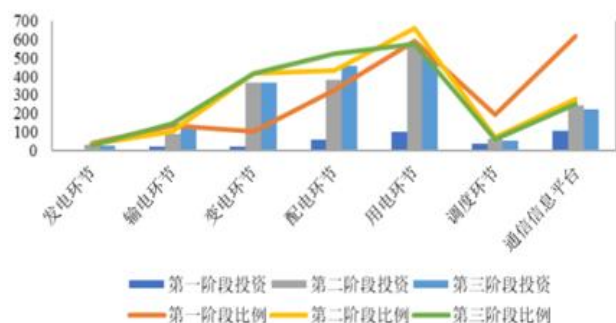
输变电线路建设持续加快。新能源供给消纳体系以大型风光电基地为基础、以其周边清洁高效先进节能的煤电为支撑、以稳定安全可靠的特高压输变电线路为载体。风光基地建设的加速需要电网建设的支撑。国家能源局6月份全国可再生能源开发建设形势分析视频会要求，要把握新增可再生能源消费不纳入能源消费总量控制的重大机遇，各电网企业要主动、超前做好电网规划，加快输电通道、主网架和配电网建设。根据国家电网官网信息，2022年电网投资5000亿元以上，达到历史最高水平，尽早开工川渝主网架、张北—胜利、武汉—南昌、黄石特高压交流，金上—湖北、陇东—山东、宁夏—湖南、哈密—重庆特高压直流等特高压工程，开工一批500千伏及以下重点电网项目。

智能配网适应能源接入。随着第三产业和居民生活用电负荷快速增长，分布式能源、电动汽车充电桩、储能等大量接入，大电网和多种电网形态相融并存，发用电一体产消者大量涌现，对电力系统运行机理和平衡模式产生重大影响。近期国家能源局发布《能源领域深化“放管服”改革优化营商环境实施意见》，提出电网企业要做好新能源、分布式能源、新型储能、微电网

和增量配电网等项目接入电网及电网互联服务。随着新型电力系统建设推进，风电、光伏发电等新能源电站普遍具有单机发电容量较小、分散布置的特点，通常在中、低压配电网侧接入电网，配电网将从传统意义上的无源配电网向有源配电网发展，从而将加强对配网结构、控制保护方式、运营管理模式等方面的改进和完善。随着风力发电和光伏发电的逆变控制系统和并网技术等一批核心、关键技术的突破，输配电及控制设备产品将面临新的增量需求。

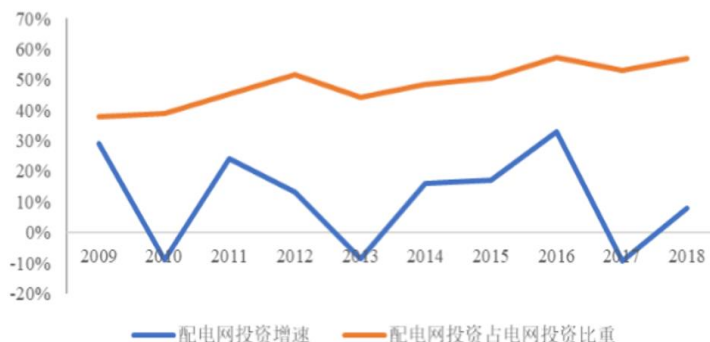
“十四五”时期配网主要面临扩容升级、一二次设备融合、智能化建设等投资重点。国家电网提出“十四五”配电网建设投资超过1.2万亿元，占电网建设总投资的60%以上。南方电网明确配电网建设列入“十四五”工作重点，规划投资达到3200亿元，接近电网投资的50%，主要致力配网智能化的建设，包括配电自愈100%及配网数字化相关建设等。

图 9：智能电网建设周期各环节投资情况（亿元）



数据来源：宏利达招股说明书，英大证券研究所

图 10：我国配电网建设投资变化情况



数据来源：宏利达招股说明书，英大证券研究所

### 三、 智能化设备在电力系统中发挥越来越突出作用

电力系统智能化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，可以更好地实现电力系统安全、可靠、经济、高效运行，适应各类能源随机接入等，从2022年迎峰度夏电力保供中，在极端天气下，智能化设备在巡检、作业、节能、安全中发挥作用愈发明显作用。

表 1：电力智能化设备在迎峰度夏中的应用场景

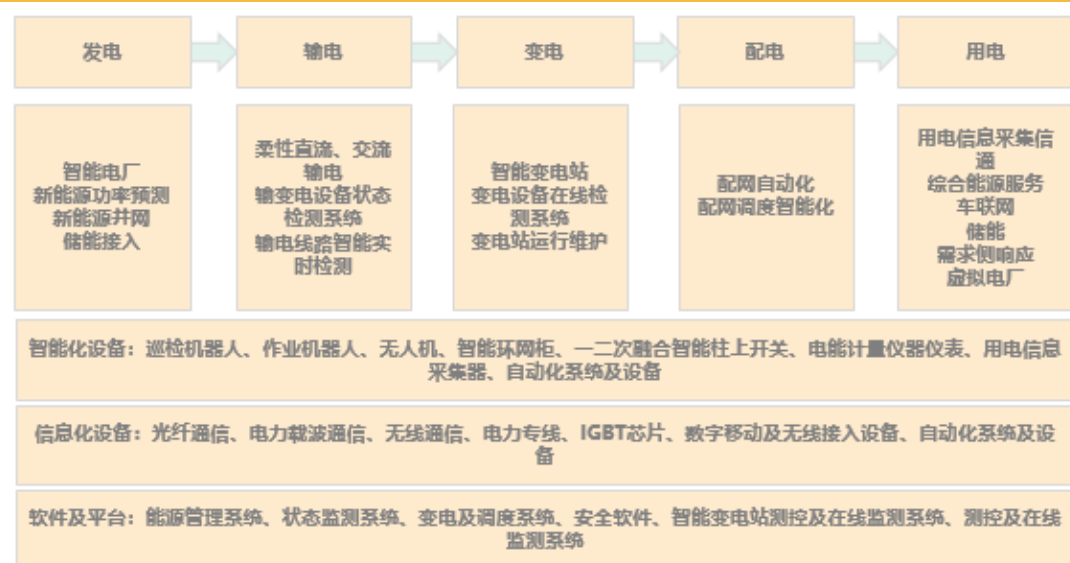
| 主要设备        | 主要场景                                                            |
|-------------|-----------------------------------------------------------------|
| 无人机         | 输电线路通道防山火巡检                                                     |
| 作业机器人       | 不停电利用机器人修补超高压交流输电线路地线断股工作                                       |
| 巡检机器人       | 500 千伏输电线路巡检<br>对重要输电线路基本实现了无人机自动巡检，巡检时间缩短三分之一，效率比传统人工巡检提高了 6 倍 |
| 杆塔可视化装置     | 实时监测通道环境异常情况                                                    |
| 物联网平台       | 重庆搭建物联网平台 统一调控楼宇中央空调                                            |
| 数字化安全管控智能终端 | 推动视频监控、智能分析、安全围栏、智能安全工具等新技术与新装备在电网作业现场应用                        |
| 智慧变电站一体化平台  | 布置在变电集控中心，实现对表计读数异常、硅胶筒破损、部件表面                                  |

|              |                                                                                                       |
|--------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|              | 油污等 21 类缺陷及隐患的高精度识别和告警<br>站内的高清视频和室内外的巡检机器人准确联动，对全站 4500 余处点位逐一开展远程巡检，系统后台部署的人工智能图像识别引擎同步对采集的图像进行智能分析 |
| 客户侧能源互联网智慧平台 | 实现了并网分布式光伏发电项目的可观、可测、可调、可控                                                                            |
| 新能源调度技术支持系统  | 使集中式新能源发电功率预测准确率超过 94%                                                                                |

数据来源：国家电网官网，英大证券研究所

智能化在发电端表现为智能电厂、新能源并网、储能接入；在输电端表现为输变电设备、输电线路状态检测；变电表现为智能变电站、变电设备在线检测等；在配电表现为配网自动化、虚拟电厂、智能微网等；用电侧表现为智能电表、用电信息采集、综合能源服务、车联网等。此外在智能化设备主要包括巡检机器人、作业机器人、无人机、一二次融合智能开关、电动化系统及设备；信息化设备包括光纤通信、电力载波通信、无线通信、IGBT等；软件及平台涉及能源管理系统、变电及调度系统、安全软件等。

图 11：电力系统智能化建设



数据来源：英大证券研究所

## 1. 发电端新能源接入及出力预测

一是并网的需要。由于发电的不稳定性，新能源大规模直接并网将打破电力系统的平衡，对电网造成严重的冲击。对新能源发电功率进行预测，可方便电网企业预先了解不同时间段内新能源电力的发电规模，通过提前作出发电规划，实时调节各类电力的发电量等保证电力系统的平衡和电网的稳定。2021年能源局新版两个细则出台后，各地区也陆续出台自身光伏并网实施细则，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。

表 2：新版两个细则光伏出力预测考核相关不完全政策

|           | 相关要求            | 考核要求               |
|-----------|-----------------|--------------------|
| 2021 年 12 | 新能源场站技术指导和管理内容： | 各省监管办可在所在区域实施细则的基础 |

|                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|----------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 月新版<br>《电力并<br>网运行管<br>理规定》                                                | 应开展功率预测工作,并按照有关<br>规定报送功率预测、单机文件、气<br>象信息、装机容量、可用容量、理<br>论功率、可用功率等,功率预测准<br>确性和各类数据完整性应满足国<br>家和行业有关标准要求。                                                                                                                          | 上,根据当地实际情况约定不同考核及返还<br>标准,修订辖区内实施细则,保持实施细则<br>在区域内的基本统一和相互协调。                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 2022 年 7<br>月华北区<br>域发布<br>《光伏电<br>站并网运<br>行管理实<br>施细则<br>(2022 年<br>修订版)》 | 新建和扩建光伏电站自首批光伏<br>单元并网后 3 个月起参与中短期<br>功率预测准确率和超短期功率预<br>测准确率考核。中短期预测是指预<br>测次日 0 时开始至未来 240 小时的<br>新能 源发电功率,超短期预测是<br>指预测自上报时刻起未来 15 分钟<br>至 4 小时的新能源发电功率。两者<br>时间分辨率均为 15 分钟。                                                     | 光伏电站中短期功率预测上报率应达到<br>100%,中短期功率预测中的日前预测准确率<br>应大于等于 85%,10 天预测平均准确率应大<br>于等于 75%。否则面临考核<br>光伏电站超短期功率预测上报率应达到<br>100%,预测准确率应大于等于 90%。否则面<br>临考核                                                                                                                                                                                 |
| 2022 年 7<br>月《山东<br>省光伏电<br>站并网运<br>行管理实<br>施细则<br>(2022 年修<br>订版)》        | 光伏电站应向电力调度机构报送<br>光伏功率预测结果,电力调度机构<br>对光伏电站上报光伏功率预测结<br>果进行考核。考核内容包括中期预<br>测、日前预测和超短期预测。中期<br>预测是指预测光伏电站次日 0 时<br>起至未来 240 小时的发电功率,日<br>前预测是指预测光伏电站次日 0<br>时起至 24 时的发电功率,超短期<br>预测是指预测光伏电站未来 15 分<br>钟至 4 小时的发电功率,时间分辨<br>率均为 15 分钟 | 考核包括上报率和准确率考核,其中中期预<br>测结果第十日(第 217 小时-240 小时)准确<br>率按日进行统计,按月进行考核,月平均准<br>确率不低于 70%,准确率小于 70%时,每降<br>低 1 个百分点扣罚当月全场上网电量的<br>0.1%,月度累计考核电量不超当月上网电量<br>的 1%;日前光伏功率准确率按照场站预测曲<br>线与实际出力曲线的偏差面积进行考核,允<br>许偏差为实际发电出力的 20%,考核电量为<br>预测曲线和实际出力曲线偏差电量的 2%(允<br>许偏差除外);超短期考核允许偏差为实际<br>发电出力的 15%,考核电量为预测曲线和实<br>际出力曲线偏差电量的 2%(允许偏差除外)。 |
| 2022 年 6<br>月《南方<br>区域光伏<br>发电并网<br>运行及辅<br>助服务管<br>理实施细<br>则》             | 光伏电站应按相关要求建设功率<br>预测系统。光伏电站应向调度机构<br>每日 9 时前上报一次中后期功率<br>预测结果(应含短期功率预测结<br>果),每 15 分钟向调度机构上报<br>超短期功率预测结果。                                                                                                                         | 考核包括上报率和准确率考核,光伏电站中<br>期功率预测结果第 4 日(第 73 小时-96 小时)<br>准确率应不低于 45%,每降低 1 个百分点按<br>当月装机容量*0.2*考核系数(默认为 1)小<br>时的标准进行考核;光伏电站短期功率预测<br>结果中日前预测准确率应不低于 65%,每降<br>低 1 个百分点按当月装机容量*1*考核系数<br>(默认为 1)小时的标准进行考核;光伏电站<br>超短期功率预测结果第 4 小时预测准确率应<br>不低于 70%,每降低 1 个百分点按当月装机<br>容量*1*考核系数小时的标准进行考核。                                         |

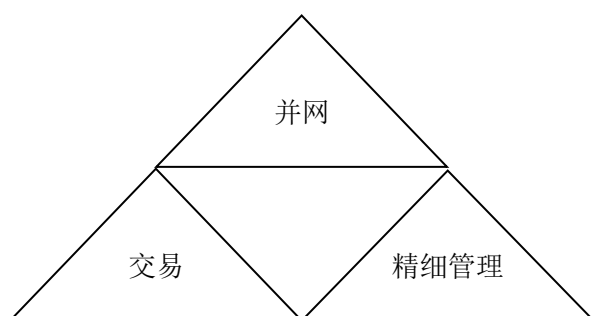
数据来源:政府官网机构,英大证券研究所整理

二是参与电力交易的需求。随着新能源平价低价上网,参与市场化交易的比重将持续提升。2021年5月国家发改委和国家能源局《关于进一步做好电力现货市场建设试点工作的通知》的发布,国家层面首次确认可再生能源能够参与现货市场交易。在新能源进入市场化交易后,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。

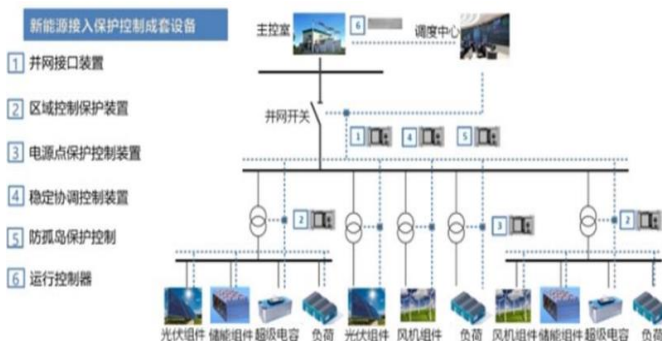
功率预测核心在于精准度，在于长期数据积累及挖掘。发电量预测解决方案一般会综合考虑季节、时间、天气变化、温度及相似日出力和发电历史的出力，通过算法根据历史出力数据，并结合多方面因素进行建模，利用人工智能技术进行出力预测，从而提高发电效率。光伏、风电等发电资产受天气影响较大，可依托大数据平台、人工智能等大量模型算法，以雷达产品数据为基础，进行信息数据分析、优化检测模型等，为风电、光伏电厂提供准确的气象预测。

图 12：新能源功率预测意义



数据来源：英大证券研究所

图 13：新能源并网成套系统

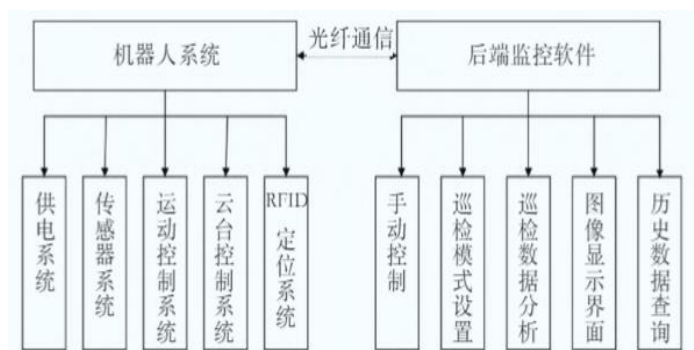


数据来源：国电南瑞年报，英大证券研究所

## 2. 发电端新能源发电智能运维

从目前看，传统火电、水电、核电智能化主要体现在存量智能化改造与升级，侧重安全和精细化管理，光伏发电相对简单，智能化主要体现在基于逆变器系统的智能管控、智能清洗，运维相对简单，风机相对复杂、零部件较多，部分风机地理位置偏僻，海上风电运维环境复杂，侧重智能化运维，海上风电运维成为新的增长点。

图 14：智能巡检机器人系统总体结构



数据来源：风能，英大证券研究所

图 15：海上风电机组无人机叶片巡检



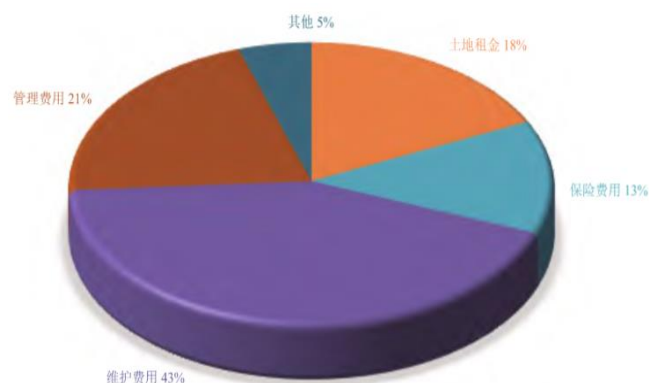
数据来源：网上公开资料，英大证券研究所

据全球能源咨询公司伍德麦肯兹预测，到2029年底，全球海上风电运维市场的投资规模将超过120亿美元，其中，中国海上风电运维市场规模将达到20亿美元左右。相比传统陆上风电机组，海上风电机组运行环境更加复杂，故障发生频率更高，运维难度更大。海上风机故障率更高，海上风电机组可用率在92%-95%，低于陆上风电机组97%-99%。海上风电场可达性较差，据统计，每年可接近海上风电机组的时间大约200天，并且会随海况的变化而减少。海上风电

运维成本较高，海上风电机组的运维成本相对陆上风电较高，大约是其3倍。随着物联网、大数据和人工智能技术发展，海上风电的智能化运维成为主要手段。

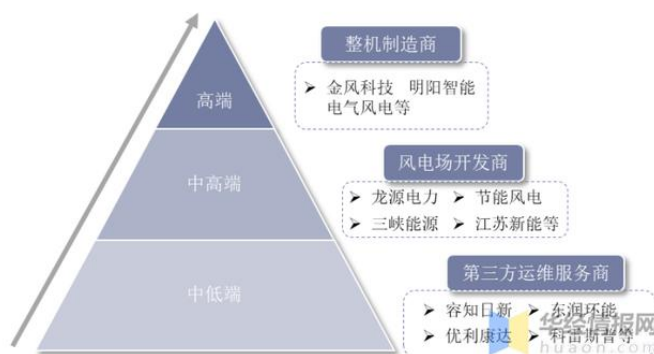
风电运维参与者包括三个阵营：风电场开发商、整机制造商和第三方运维公司。其中风电开发商主要参与风电运维的中、高端领域；整机制造商主要参与风电运维的高端领域；第三方运维公司主要参与风电运维的中低端领域。

图 16：海上风电运维成本构成



数据来源：船舶工程，2022，44（02），英大证券研究所

图 17：中国风电运维竞争现状



数据来源：网上公开资料，英大证券研究所

### 3. 智能变电站及成套设备

变电站是电力系统中变换电压、接受和分配电能、控制电力的流向和调整电压的电力设施，通过变压器将各级电压的电网联系起来。根据变电站在电力系统中的地位和作用，变电站可以分为枢纽变电站、中间变电站、地区变电站、企业变电站和终端变电站。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、智能变电站，电网向着安全、可靠、绿色、高效、智能的现代化电网迈进。

图 18：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；英大证券研究所整理

智能变电站的特点就是一次设备智能化，二次设备网络化，可结合多个专业的新兴技术，如智能设备、先进的传感器技术、信息标准接口和信息平台、坚强可靠通信技术等，提高设备的智能化水平和运行可靠性，提高了资源使用和生产管理效率。智能变电站近年来得到了高速发展，通过应用隔离式断路器，集成电子式互感器，一次设备充分融合，数字化或者智能化，占用空间显著减小，可靠性大大提高，建设和维护工作量显著降低；二次设备功能充分融合，合并单元、智能终端一体化，保护、测控一体化。如今，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。

**表 3：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    | <b>6,386</b>  |
| 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  | <b>511.16</b> |
| 改造智能变电站数量（座）           | 354    | 530    | 56     | 74     | -      | <b>1,014</b>  |
| 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   | -      | <b>33.28</b>  |
| 在线监测系统总需求量（亿元）         | 66.18  | 140.36 | 41.16  | 202.02 | 94.72  | <b>544.44</b> |

数据来源：前瞻研究院，英大证券研究所整理

根据前瞻研究院《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》的测算分析，2020-2025 年中国智能变电站在线监测系统市场空间在540亿元。变电类产品的核心是变压器，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。

#### 4. 机器人及无人机

机器人及无人机主要用于电力行业智能巡检运维，解决变电站和输电线路巡检场景下，人工巡检重复性强、劳动强度大、人身风险高等问题，实现巡检作业代替人、辅助人、拓展人的高阶应用，减少基层班组用工，减少安全事故，减少人为因素失误率，提高劳动生产率。根据运用场景不同，电力巡检机器人可分为室外电力巡检机器人、室内电力巡检机器人、带电作业机器人、消防机器人等。根据国网台州供电公司资料，通过配网架空线路全自动巡检模式，完成石塘供电所下去内25条10千伏线路的巡检任务，效率较传统人工巡检提升40倍。

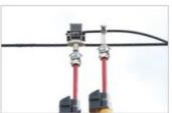
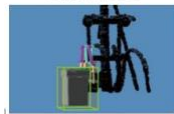
2021 年，国家发改委发布关于对《电力可靠性管理办法（暂行）（征求意见稿）》公开征求意见的公告中提出，电力企业应当加强线路带电作业、无人机巡检、设备状态监测等先进技术应用，优化输变电设备运维检修模式，提升运维效率。2021年12月，国家能源局印发《电力安全生产“十四五”行动计划》（国能发安全〔2021〕62号），逐步推进高危作业人工替代技

术，开发应用带电作业机器人等新技术。在上述产业政策及电网公司大力推广下，对智能机器人、智能电力监测及控制设备等产品和服务的市场需求将形成有力的拉动。

随着我国电网规模日趋庞大，输变电设备存量逐步增加，借助智能化信息技术对电力各环节进行实时监测和日常巡检、保证整体电力系统运行安全健康的作用凸显。对于电力行业，传统的人工巡检除了风险系数高，还存在人力成本日渐增加、工作效率存在瓶颈等众多问题。充分应用人工智能、云计算、大数据等时代技术，用无人化的智能巡检替代传统单一的人工巡检是行业发展趋势。

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。带电作业机器人是利用智能感知、智能规划、运动控制、高压绝缘与电磁兼容等技术，采用平台化设计，通过多自由度柔性机械臂搭载面向带电作业的特种作业工具，实现机器替人登高开展树障清理、拆接引线等输配电线路带电作业任务，技术复杂性高、作业特定性强。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。

**表 4：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。<br>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。<br>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。         |  更换末端工具<br> 双臂协同安装线夹<br> 建模<br> 剥线 |

数据来源：亿嘉和 2022 年半年报，英大证券研究所整理

## 5. 智慧计量与采集

智能电表是构建智能电网的核心部件产品之一，是采集分析用户用电信息的智能电表等终端设备，是用户同电力能源之间交互互动的关口计量设备，区别于传统电能表，智能电表在具备了最基本的用电量计量功能的基础上，还具有双向多种费率计量功能、用户端控制功能、多种数据传输模式的双向数据通信功能、防窃电功能等智能化功能。

图 19：电能表发展历程



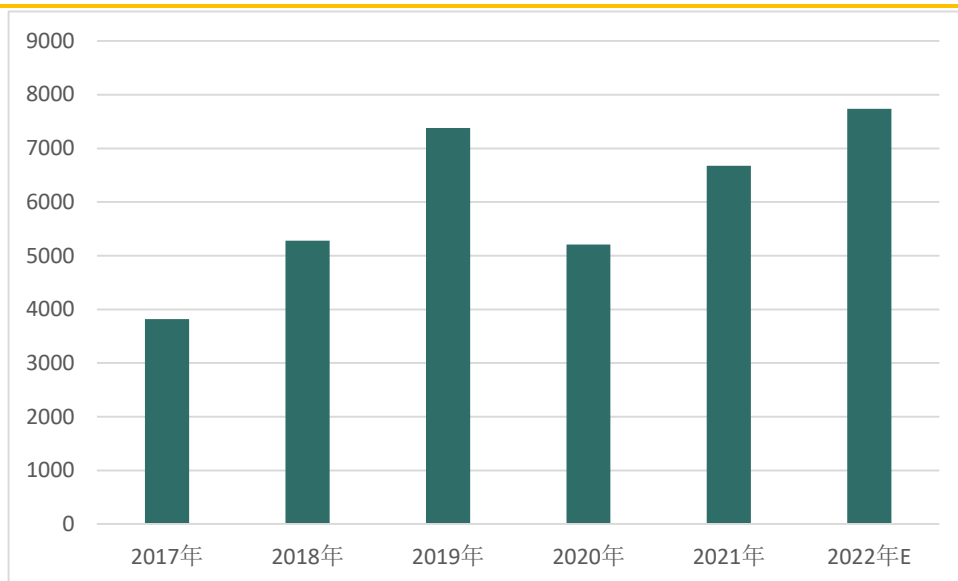
数据来源：华经情报网，英大证券研究所整理

在新型电力系统构建进程中，新能源并网运行、市场化电价机制调整形成新的应用场景和计量需求，对电能量测设备提出了更加全方位的要求(如双向计量、在线监测、负荷管理等)。2012年OIML在IEC基础上制定了IR46标准。整体结构上，IR46对不同原理电表提出统一标准，在计量精度、功率因数、谐波影响、环境适应性等方面均有更高要求。IR46“多芯模组化”设计理念，要求计量芯与管理芯相对独立。同时配备上下行通信模块以及各类业务应用模块，各类业务应用模块灵活配置，实现多种信息的输入输出，实现客户侧和配电侧计量与感知设备的灵活接入，满足满足电能计量、时钟、费率和时段、电表清零、数据存储、冻结、事件记录、通信、信号输出、显示、测量及检测、负荷记录、费控功能、停电抄表及显示、报警、安全保护及认证等功能，同时在确保计量功能准确、可靠的前提下为未来所需要拓展的业务需求预留充分的空间。

智能电表属于强制检定设备，更换周期为6-8年，从2008年到2010年期间大规模铺设的智能电表陆续进入集中更换期，需逐年进行轮换，智能电表招标整体处于上升通道。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。根据三星医疗2022年半年报，2022年上半年，国家电网在常规的2批次招标外新增1批次，已完成的新增批次以及第一批招标总量达到 4230 万台，招标总金额同比增长约36%；南方电网方面，2022年1批电表招标总金额约10.7亿，同比增长约 60%。

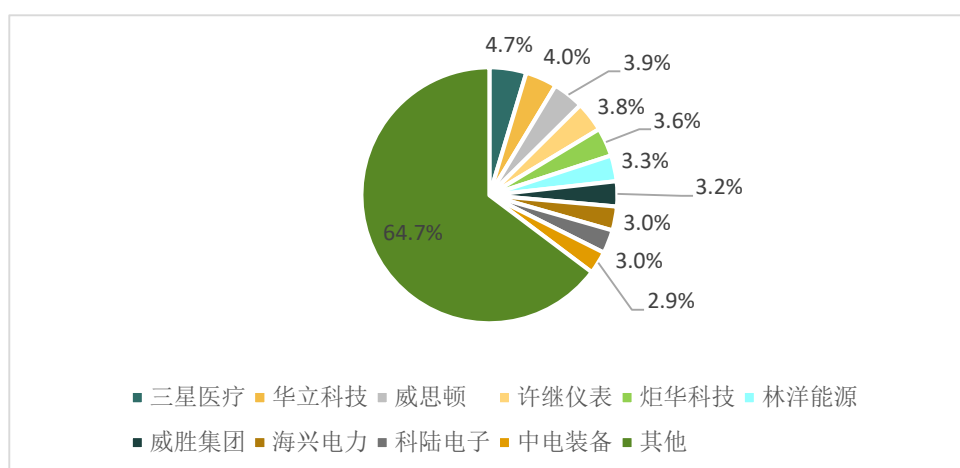
目前看智能电表市场集中度较低，从国网2021年招投标结果看三星医疗、华立科技、威思顿、许继仪表、炬华科技、林洋能源、威胜集团、海兴电力、科陆电子、中电装备等前十大企业合计低于40%。新标准实行后，行业门槛提升，优势企业份额将有所提升。

图 20：2017 年-2022 年国家电网智能掉膘招标数量统计预测



数据来源：中商情报网，英大证券研究所整理

图 21：2021 年国网招标智能电表市场格局

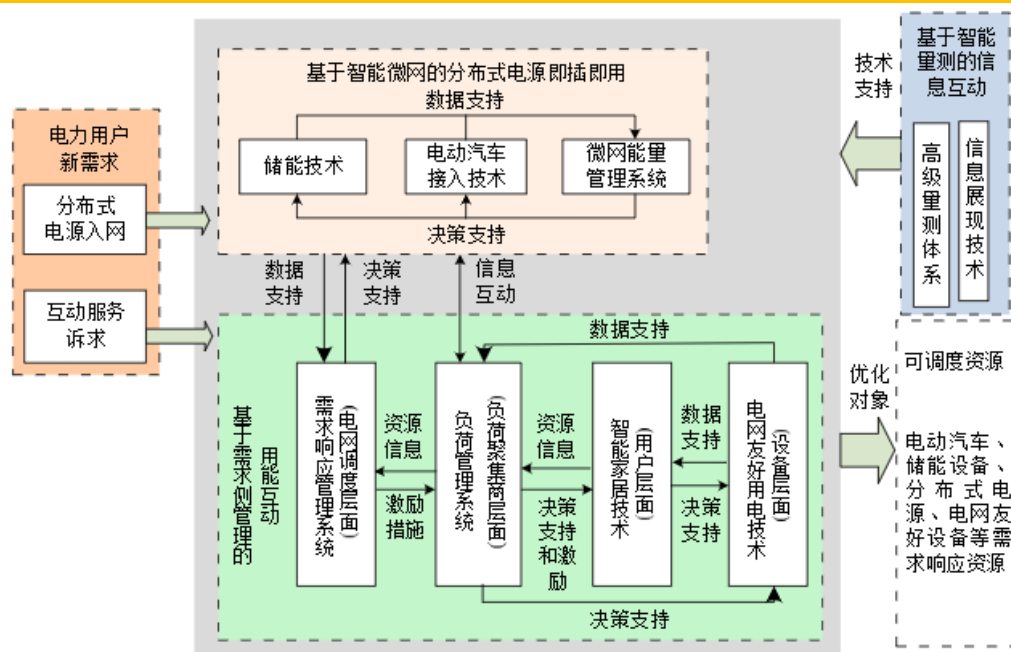


数据来源：华经产业研究院，英大证券研究所

## 6. 虚拟电厂、综合能源服务等用电侧创新模式

随着新型电力系统建设的推进，为适应新能源规模化消纳，业务模式创新主要体现在用电侧，主要业务模式包括虚拟电厂、智能微网以及综合能源服务。2021年工信部等八部门联合印发《物联网新型基础设施建设三年行动计划（2021-2023年）》，加快电网基础设施智能化改造和智能微电网建设，部署区域能源管理、智能计量体系、综合能源服务等典型应用系统。结合5G等通信设施的部署，搭建能源数据互通平台，提高电网、燃气网、热力网柔性互联和联合调控能力，推进构建清洁低碳、安全高效的现代能源体系。

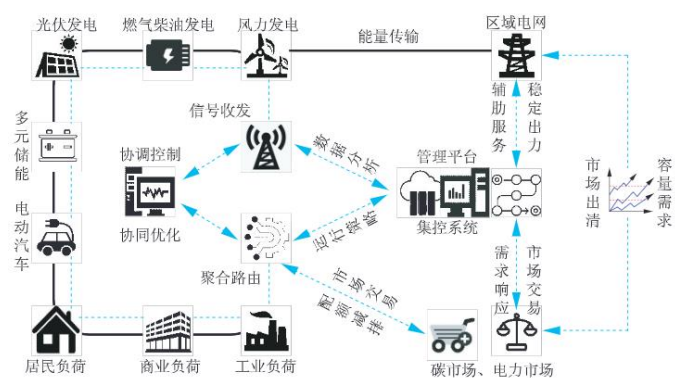
图 22：智能用电关键技术



数据来源：电网技术杂志 英大证券研究所整理

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。

图 23：虚拟电厂结构示意图 1



数据来源：综合智慧能源，2022 年第 6 期，英大证券研究所

图 24：虚拟电厂结构示意图 2



数据来源：电享科技官网，英大证券研究所

虚拟电厂作为实现需求响应项目落地应用的主体之一，既可作为“正电厂”向系统供电或控制可调负荷调峰，又可作为“负电厂”加大负荷消纳，配合填谷。“虚拟”主要体现可控资源是分散的，而不是一个集中的物理实体，“电厂”主要体现在通过信息技术手段实现可控资源的协同一致，接受电网整体调度安排，并可以参与电力市场交易。

根据虚拟电厂对外特征，不同类型特征的虚拟电厂具有不同的服务能力。（1）电源型虚拟电厂：具有能量出售的能力，可以参与能量市场，并视实际情形参与辅助服务市场。（2）负荷型虚拟电厂：具有功率调节能力，可以参与辅助服务市场，能量出售属性不足。（3）储能型虚拟电厂：可参与辅助服务市场，也可以部分时段通过放电来出售电能。（4）混合型虚拟电厂：全能型角色。

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，2021年新版两个细则将并网及辅助服务主体范围由发电厂扩大到包括新型储能、自备电厂、传统高载能工业负荷、工商业可中断负荷、电动汽车充电网络、聚合商、虚拟电厂等主体，赋予虚拟电厂合格市场主体地位；电力市场及分时电价机制以及全国统一电力市场建设则不断完善虚拟电厂商业模式和业务模式。

**表 5：虚拟电厂相关政策**

| 时间             | 政策                                 | 涉及内容                                                                                                              |
|----------------|------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2021 年<br>3 月  | 发改委、能源局《关于推进电力源网荷储一体化和多能互补发展的指导意见》 | 依托“云大物移智链”等技术，进一步加强源网荷储多向互动，通过虚拟电厂等一体化聚合模式，参与电力中长期、辅助服务、现货等市场交易，为系统提供调节支撑能力。                                      |
| 2021 年<br>7 月  | 发改委、能源局《关于加快推动新型储能发展的指导意见》         | 鼓励聚合利用不间断电源、电动汽车、用户侧储能等分散式储能设施，依托大数据、云计算、人工智能、区块链等技术，结合体制机制综合创新，探索智慧能源、虚拟电厂等多种商业模式                                |
| 2021 年<br>10 月 | 国务院《关于印发 2030 年前碳达峰行动方案的通知》        | 加快灵活调节电源建设，引导自备电厂、传统高载能工业负荷、工商业可中断负荷、电动汽车充电网络、虚拟电厂等参与系统调节，建设坚强智能电网，提升电网安全保障水平                                     |
| 2021 年<br>12 月 | 能源局《电力并网运行管理规定》《电力辅助服务管理办法》        | 并网主体在常规电源的基础上进一步拓展到风电、光伏发电、光热发电、抽水蓄能、自备电厂等，纳入新型储能以及负荷侧可调节负荷等，新增新能源、新型储能和能够响应电力调度指令的可调节负荷（含通过聚合商、虚拟电厂等形式聚合）等负荷侧主体。 |
| 2022 年<br>1 月  | 发改委、能源局《关于加快建设全国统一电力市场体系的指导意见》     | 鼓励抽水蓄能、储能、虚拟电厂等调节电源的投资建设。                                                                                         |
| 2022 年<br>2 月  | 发改委、能源局《关于完善能源绿色低碳转型体制机制和政策措施的意见》  | 拓宽电力需求响应实施范围，通过多种方式挖掘各类需求侧资源并组织其参与需求响应，支持用户侧储能、电动汽车充电设施、分布式发电等用户侧可调节资源，以及负荷聚合商、虚拟电厂运营商、综合能源服务商等参与电力市场交易和系统运行调节。   |
| 2022 年<br>3 月  | 发改委、能源局《“十四五”现代能源体系规划》             | 开展工业可调节负荷、楼宇空调负荷、大数据中心负荷、用户侧储能、新能源汽车与电网（V2G）能量互动等各                                                                |

|  |  |                                                                          |
|--|--|--------------------------------------------------------------------------|
|  |  | 类资源聚合的虚拟电厂示范。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 |
|--|--|--------------------------------------------------------------------------|

数据来源：WIND 英大证券研究所整理

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，如：2021 年 7 月广州印发实施《广州市虚拟电厂实施细则》明确了虚拟电厂的参与规则，并在开展初期对参与需求响应的电力用户、负荷聚合商给予财政补贴，补贴年限为三年，共计划安排补贴资金 3000 万元；2022 年 5 月浙江省发布 2022 年新型电力系统试点项目计划，包含 3 个虚拟电厂项目，并计划在十四五期间推进 10 个左右虚拟电厂试点；2022 年 6 月山西省能源局发布《虚拟电厂建设与运营管理实施方案》，明确了负荷类和源网荷储一体化两类虚拟电厂，明确了虚拟电厂并网运行技术规范和营管理规范；2022 年 8 月深圳成立国内首家虚拟电厂管理中心，根据新闻报道，预计到 2025 年，深圳将建成具备 100 万千瓦级可调节能力的虚拟电厂，逐步形成年度最大负荷 5% 左右的稳定调节能力。随着电力系统电源侧和负荷侧双向波动矛盾的日益突出，预计虚拟电厂将步入快速发展阶段。

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。

虚拟电厂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、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。

#### 四、 电力系统智能化主要产业链及相关企业

在发电端，围绕风电智能运维、风光出力预测及并网等方面，建议关注明阳智能、国能日新、南瑞继保、东润环能、金风慧能、远景能源等。

在输变端，围绕特高压柔性直流、智能变电站、一二次设备融合、智能监控、机器人等，建议关注国电南瑞、中国西电、特变电工、思源电气、许继电气、平高电气、四方股份、宏发股份、东方电子、泽宇智能、杭州柯林、亿嘉和、申昊科技、国网智能等。

围绕新一代调度系统等，关注国电南瑞、东方电子等。

在配电端，围绕智能配网等，关注国电南瑞、思源电气、宏力达、威胜信息等。

在用电端，围绕智能电表、综合能源、虚拟电厂等，关注炬华科技、三星医疗、海兴电力、林洋能源、苏文电能、南网能源、恒实科技、清大科越、泽宇智能、朗新科技、特锐德等。

表 6：电力系统智能化主要产业链及主要相关企业

| 环节 | 主要领域              | 主要相关企业                         |
|----|-------------------|--------------------------------|
| 发电 | 风电智能运维、风光出力预测及并网等 | 明阳智能；国能日新、南瑞继保、东润环能、金风慧能、远景能源等 |

|    |                                 |                                                                         |
|----|---------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|
| 输变 | 特高压柔性直流、智能变电站、一二次设备融合、智能监控、机器人等 | 国电南瑞、中国西电、特变电工、思源电气、许继电气、平高电气、四方股份等；宏发股份、东方电子、泽宇智能、杭州柯林等；亿嘉和、申昊科技、国网智能等 |
| 调度 | 新一代调度系统等                        | 国电南瑞、东方电子等                                                              |
| 配电 | 智能配网等                           | 国电南瑞、思源电气、宏力达、威胜信息等                                                     |
| 用电 | 智能电表、综合能源、虚拟电厂等                 | 炬华科技、三星医疗、海兴电力、林洋能源等；苏文电能、南网能源等；恒实科技、清大科越、泽宇智能、朗新科技、特锐德等                |

数据来源：政府官网机构，英大证券研究所整理

## 风险提示及免责条款

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     |