

电力设备与新能源行业研究 买入（维持评级）

行业深度研究

证券研究报告

新能源与电力设备组
分析师：姚遥（执业 S1130512080001）
yaoy@gjq.com.cn

AI+电力场景明晰，新能源功率预测及电网运维有望率先落地

投资逻辑：

- **发电侧、电网侧、用电侧 AI 赋能场景明晰：**国家能源局发布《关于加快推进能源数字化智能化发展的若干意见》，电力领域主要提出以数字化智能化技术，支撑发电清洁低碳转型、新型电力系统建设、电力消费节能提效，我们由此梳理出以下行业应用场景：发电侧——①新能源发电功率预测；②电力 BIM 设计软件。电网侧——③电网智能调度自动化；④输变电线路智能运维与巡检。用电侧——⑤虚拟电厂、微电网。
- **针对电力领域，我们提出面向细分行业和公司的“AI 应用可行性分析框架”。**
 - 面向细分行业的分析维度包括：①能否解决行业长期痛点问题？②行业数据是否具有较低敏感性和安全性风险？③行业是否已较早应用布局 AI/技术实践？④已有华为等厂商开发出行业相关大模型？
 - 面向公司的分析维度包括：①公司拥抱 AI 的积极性？②公司积累数据的规模与质量？③公司是否拥有某些数据的优先使用权？④公司是否重视信息化建设基础？⑤公司是否具备开发实力/和大模型厂商深度合作？
- **我们认为 AI 有望率先赋能的行业应用场景：1) 新能源发电功率预测；2) 输变电线路智能运维与巡检。**
 - 新能源发电功率预测：1) 行业痛点：新能源发电间歇性和波动性大，功率预测难度高，对电力消纳与调度造成较大冲击，同时各地“双细则”考核趋于严格，预测精度会直接影响电站运营和盈利。2) 行业数据：气象数据的较容易获得，敏感性较低，可直接用于模型训练。3) AI 布局/技术实践：2021 年国网调控 AI 创新大赛--新能源发电预测赛道，深度学习模型在实际应用中表现突出；产业内国能日新、国电南瑞等超过 10 家研究中心与企业已推出成熟的组合建模功率预测系统。4) 厂商相关大模型：华为云发布了盘古气象大模型，中长期预测精度首次超过传统数值方法，速度提升 10000 倍。
 - 输变电智能运维与巡检：1) 行业痛点：我国输电线回路与变电设备存量规模大，投运规模逐年增长，巡检需求强烈，而人工巡检存在诸多劣势，AI 替代是大势所趋。2) 数据：相较于用电侧数据，电力设备故障缺陷等数据安全性风险小，数据质量与规模往往取决于企业自身积累情况。3) AI 布局/技术实践：自 2013 年起东方电子、亿嘉和、申昊科技、泽宇智能等近 10 家上市公司已布局输变电线路智能运维、巡检机器人、巡检无人机业务，参与者众多且产品多样。4) 厂商相关大模型：华为在 L2 级细分场景模型上，已推出基于电力大模型的无人机电力巡检、电力缺陷识别等场景模型，平均精度提升 18.4%、模型开发成本降低 90%。
- **中长期看好 AI 赋能的行业应用场景：1) 电力 BIM 设计软件；2) 电网智能调度自动化；3) 虚拟电厂、微电网。**
 - 电力 BIM 设计软件：三维设计软件国产化替代需求强烈，AI 有望深度赋能设计-施工-运维环节。
 - 电网智能调度自动化：新一代调度系统为 AI 应用奠定了模型和数据基础，有望实现电网智能决策和控制。
 - 虚拟电厂、微电网：技术核心为聚合和调度，与 AI 匹配性强，大模型接入将大幅提升分析效率和准度。

投资建议

重点推荐：1) 发输变配用及调度全环节覆盖的电力智能化龙头：国电南瑞；2) 风光发电功率预测龙头：国能日新；同时建议关注：输变电线路智能运维和智能巡检：申昊科技、智洋创新、东方电子。（完整推荐组合详见报告正文）

风险提示

AI 技术进展不及预期；电网智能化投资不及预期；行业竞争加剧；政策推进不及预期

内容目录

一、针对 AI 在电力领域的应用场景、我们提出“应用可行性分析框架”	5
二、发电功率预测、输变电智能运维巡检，有望成为 AI 率先赋能方向	8
2.1 智慧融合为新型电力系统建设推进基础保障，国网智能化投资维持较高增长。	8
2.2 发电功率预测：基于 AI 的预测模型为当前研究主线，旨在提高预测精度	10
2.3 智能运维与巡检：AI 有望全面升级巡检产品，行业空间预计突破百亿	14
三、中长期看好 BIM、电网智能调度、虚拟电厂和微电网 AI 赋能落地	20
3.1 电力行业 BIM 设计软件：国产化替代需求强烈，AI 赋能贯穿设计-施工-运维环节	20
3.2 电网智能调度自动化：AI 驱动新一代调度系统实现电网智能决策和智能控制	22
3.3 虚拟电厂、微电网：AI 与虚拟电厂技术核心匹配性强	25
四、相关公司	29
4.1 国电南瑞	29
4.2 国能日新	30
4.3 泽宇智能	30
4.4 申昊科技	31
4.5 智洋创新	32
4.6 东方电子	32
五、风险提示	33

图表目录

图表 1：AI +电网应用场景涵盖用电侧、电网侧、用电侧	5
图表 2：《意见》提出的四项基本要求	5
图表 3：AI 大模型在学界和业界持续拓展	6
图表 4：2022-2027 中国 AI 市场 CAGR 为 25.6%（亿元）	6
图表 5：AI+电网“应用可行性分析框架”	7
图表 6：新能源发电功率预测，输变电线路智能运维与巡检，具有较高 AI 应用落地可能性	8
图表 7：新型电力系统的四大基本特征	8
图表 8：新型电力系统中数字与物理系统深度智慧融合	9
图表 9：新能源系统电力的平衡难度升级	9
图表 10：系统友好型电站示意图	9
图表 11：预计 23-25 年国网投资完成额增速为 3-5%	9
图表 12：预计 23-25 年国网智能化投资金额增速为 5-7%	9
图表 13：日间风电、光伏出力和负荷不平衡	10

图表 14:	新能源功率预测产品应用情况 (国能日新)	10
图表 15:	功率预测相关政策趋于严格	10
图表 16:	“双细则”功率上报率和准确率要求高	10
图表 17:	短期、超短期预测用于电网调度	11
图表 18:	基于 AI 的新能源功率预测技术框架图	11
图表 19:	AI 在功率预测领域的应用: 模型输入、模型构建、参数优化	12
图表 20:	新能源功率预测产品技术路线 (以国能日新为例)	12
图表 21:	功率预测产品每日工作流程 (以国能日新为例)	13
图表 22:	线性回归和树模型应用效果好 (GEFCOM 大赛)	13
图表 23:	深度学习模型崭露头角 (国网调控 AI 创新大赛)	13
图表 24:	业内成熟的功率预测系统主要采用组合建模方法	13
图表 25:	国内新能源功率预测相关公司中, 国能日新市占率最高 (2019 年)	14
图表 26:	华为盘古气象大模型精度首次超过传统数值方法	14
图表 27:	2022 年 220 千伏及以上变电设备新增容量增速为 5%左右 (万千伏安)	15
图表 28:	2022 年 220 千伏及以上输电线路回路新增长度增速为 4%左右 (千米)	15
图表 29:	“状态检修”运维策略及时性和可靠性高	16
图表 30:	人工巡检诸多劣势, AI 替代人工性价比更高	16
图表 31:	输电线路智能运维管理主要方式	17
图表 32:	输电线路智能运维管理方式具体情况	17
图表 33:	电力巡检机器人行业规模测算 (亿元)	18
图表 34:	NERF 模型训练: 训练前后对比	18
图表 35:	AI 辅助拍摄提升图像清晰度	18
图表 36:	输电线图像检测方法流程图	19
图表 37:	无人机航拍识别电力设备缺陷	19
图表 38:	基于大模型的无人机电力巡检, 筛选效率提升 30 倍、筛选质量提升 5 倍	19
图表 39:	电力缺陷识别模型代替 20 多个传统小模型	19
图表 40:	可视化是 BIM 的显著特征	20
图表 41:	有关人员可借助 BIM 平台及时沟通	20
图表 42:	2020 年全球 BIM 市占率情况	20
图表 43:	Autodesk REVIT 为全球主流 BIM 软件	20
图表 44:	BIM 支持政策梳理 (2020 年至今)	21
图表 45:	BIM 为发电侧建设必要设计工具	21
图表 46:	BIM 被用于输电环节设计	21
图表 47:	AI+BIM 技术展望	22
图表 48:	电网调度自动化系统概况	22

图表 49: 电网调度自动化系统的三个组成部分	22
图表 50: 我国电力调度机构分五级设置	23
图表 51: 电力调度自动化系统年化需求空间测算	23
图表 52: 电力调度系统市场竞争情况	23
图表 53: 国电南瑞新一代调度技术支持系统示意图	24
图表 54: 新一代调度系统已建成的两级调控云	24
图表 55: 新一代调度系统覆盖电力调控、发展、生产、经营和能源领域数据	24
图表 56: AI 用于电网智能决策	25
图表 57: AI 用于电网自适应控制	25
图表 58: 虚拟电厂结构示意图	26
图表 59: 微电网示意图	26
图表 60: 微电网可以并网运行、也可以离网运行	26
图表 61: 虚拟电厂和微电网的不同	27
图表 62: 传统电力能源生态系统和虚拟电厂能源生态系统对比	27
图表 63: 冀北虚拟电厂示范工程	28
图表 64: 国内首家虚拟电厂管理中心	28
图表 65: 2025 年虚拟电厂投资规模达到 800 亿元	28
图表 66: 2025 年虚拟电厂运营规模达到 50 亿元	28
图表 67: 虚拟电厂数字孪生总体架构	29
图表 68: 数字孪生虚拟电厂优化调度框架	29
图表 69: 相关推荐公司	29
图表 70: 国能日新主要业务和产品	30
图表 71: 业务涵盖电力设计、系统集成和工程施工运维	31
图表 72: 2022 年江苏省省外业务加速拓展 (亿元)	31
图表 73: 公司产品包括智能机器人和智能监测检测及控制设备	31
图表 74: 公司主要面向电力、水利、轨交领域提供 AI 产品与解决方案	32
图表 75: 公司携手昇腾 AI 推动无人变电站规模化应用	33

一、针对 AI 在电力领域的应用场景、我们提出“应用可行性分析框架”

3月31号，国家能源局发布《关于加快推进能源数字化智能化发展的若干意见》，针对电力、煤炭、油气等行业数字化智能化转型发展需求，提出若干建议，以把握新一轮科技革命和产业变革新机遇。

其中电力行业方面，主要提出利用数字化智能化技术支撑：发电清洁低碳转型、新型电力系统建设、电力消费节能提效。我们由此梳理出以下5项AI+电力应用场景：

- 1) 发电侧---发电清洁化智慧化转型：①新能源发电功率预测；②电厂 BIM 智能化设计
- 2) 电网侧---新型电力系统建设：③电网智能调控和辅助决策；④输电线路智能巡检、变电站智能运检、配电智能运维
- 3) 用电侧---电力消费节能提效：⑤虚拟电厂、微电网

图表1: AI +电网应用场景涵盖用电侧、电网侧、发电侧



来源：国家能源局《关于加快推进能源数字化智能化发展的若干意见》、国金证券研究所

《意见》提出的四项基本要求包括需求牵引、数字赋能、协同高效、融合创新。推动数字化智能化技术与能源产业发展深度融合，加快人工智能、数字孪生、物联网、区块链等数字技术在能源领域的创新应用，最终为构建清洁低碳、安全高效的能源体系，为积极稳妥推进碳达峰碳中和提供有力支撑。

图表2: 《意见》提出的四项基本要求

基本原则	主要内容
需求牵引	针对电力、煤炭、油气等行业数字化智能化转型发展需求，通过数字化智能化技术融合应用，急用先行、先易后难，分行业、分环节、分阶段补齐转型发展短板，为能源高质量发展提供有效支撑。
数字赋能	发挥智能电网延伸拓展能源网络潜能，推动形成能源智能调控体系，提升资源精准高效配置水平；推动数字化智能化技术在煤炭和油气产供储销体系全链条和各环节的覆盖应用，提高行业整体能效、安全生产和绿色低碳水平。
协同高效	推动数据资源作为新型生产要素的充分流通和使用，打通不同主体间的信息壁垒，带动能源网络各环节的互联互动互补，提升产业链上下游及行业间协调运行效率，以数字化智能化转型促进能源绿色低碳发展的跨行业协同。
融合创新	聚焦原创性、引领性创新，加快人工智能、数字孪生、物联网、区块链等数字技术在能源领域的创新应用，推动跨学科、跨领域融合，促进创新成果的工程化、产业化，培育数字技术与能源产业融合发展新优势。

来源：国家能源局《关于加快推进能源数字化智能化发展的若干意见》、国金证券研究所

图表5: AI+电网“应用可行性分析框架”

可行性分析维度（细分行业）	对 AI 落地行业的促进作用		
	低	中	高
能否解决行业长期痛点问题？			
行业数据是否具有较低敏感性和安全性风险？			
行业是否已较早应用布局 AI/技术实践？			
已有华为等厂商开发出行业相关大模型？			
可行性分析维度（相关公司）	对 AI 落地公司的促进作用		
	低	中	高
公司拥抱 AI 的积极性？			
公司积累的数据规模与数据质量？			
公司是否享有某些数据的优先使用权？			
公司是否重视信息化建设基础？			
公司是否具备开发实力/是否和大模型厂商深度合作？			

来源：国金证券研究所

新能源发电功率预测，输变电线路智能运维与巡检是我们最看好的两个方向。

➤ 新能源发电功率预测：

- 1) 痛点问题：对于电网调度部门，由于新能源发电间歇性和波动性的特点，功率预测难度较大，新能源大规模集中并网会对电网稳定运行造成冲击；对于电站运营商，各地“双细则”考核罚款标准趋于严格，预测精度可直接影响电站运营和盈利。
- 2) 数据敏感性：气象数据的可获得性较高，数据敏感性较低，公开信息可以直接用于大规模模型训练。
- 3) AI 布局/技术实践：自 2012 年起，全球能源预测大赛（GEFCOM）已举办过三届，有超 60 个国家的数百支队伍参赛；2021 年国网调控 AI 创新大赛—新能源发电预测赛道中，已有深度学习模型在实际应用中脱颖而出；产业中已有国能日新、国电南瑞等超过 10 家研究中心与企业推出了成熟的组合建模功率预测系统。
- 4) 厂商相关大模型：华为云发布了盘古气象大模型，预测精度首次超过传统数值方法，速度提升 10000 倍

➤ 输变电线路智能运维与巡检：

- 1) 痛点问题：我国输电线路回路与变电设备存量规模大，投运规模逐年增长，巡检需求强烈，而人工巡检存在诸多劣势，AI 替代是大势所趋。
- 2) 数据敏感性：相较于用电侧数据，设备故障缺陷相关数据敏感性较低，数据质量与规模取决于企业自身积累情况。
- 3) AI 布局/技术实践：自 2013 年起东方电子、亿嘉和、泽宇智能等诸多企业已经布局输变电线路智能运维、智能巡检机器人、巡检无人机业务，参与者众多、产品多样。
- 4) 厂商相关大模型：华为在 L2 级细分场景模型上，已经推出基于电力大模型的无人机电力巡检、电力缺陷识别等场景模型，例如电力缺陷识别模型可以替代原有的 20 多个小模型，做到平均精度提升 18.4%、模型开发成本降低 90%。

图表6: 新能源发电功率预测, 输变电线路智能运维与巡检, 具有较高AI应用落地可能性

新能源发电功率预测	可行性分析维度 (细分行业)	对 AI 落地行业的促进作用		
		低	中	高
	能否解决行业长期痛点问题?			✓
	行业数据是否具有较低敏感性和安全性风险?			✓
	行业是否已较早应用布局 AI?			✓
	已有华为等厂商开发出行业相关大模型?		✓	
输变电线路智能运维、智能巡检	可行性分析维度 (细分行业)	对 AI 落地行业的促进作用		
		低	中	高
	能否解决行业长期痛点问题?		✓	
	行业数据是否具有较低敏感性和安全性风险?		✓	
	行业是否已较早应用布局 AI?			✓
	已有华为等厂商开发出行业相关大模型?			✓

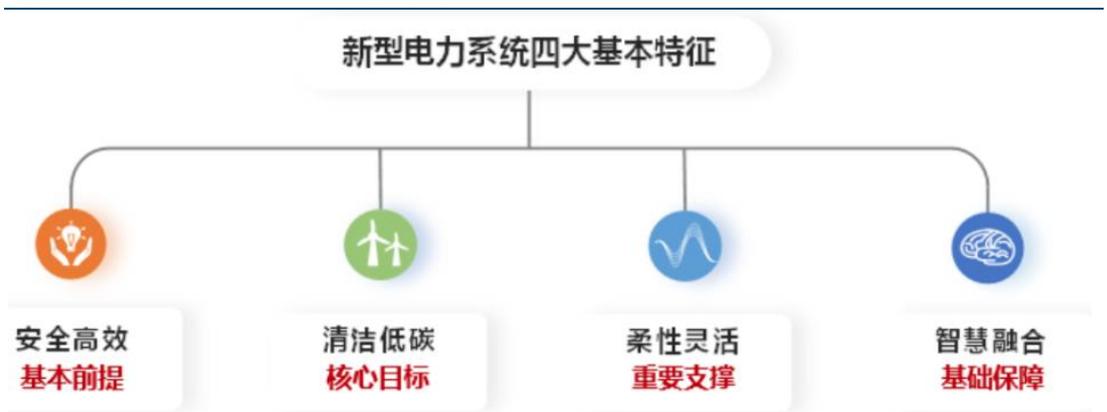
来源: 国金证券研究所

二、发电功率预测、输变电智能运维巡检, 有望成为 AI 率先赋能方向

2.1 智慧融合为新型电力系统建设推进基础保障, 国网智能化投资维持较高增长。

安全高效、清洁低碳、柔性灵活、智慧融合为新型电力系统基本特征。1月6日, 国家能源局发布《新型电力系统发展蓝皮书(征求意见稿)》, 以新能源为主体的新型电力系统是以新能源为供给主体, 以确保能源电力安全为基本前提, 以满足经济社会发展电力需求为首要目标, 以坚强智能电网为枢纽平台, 以源网荷储互动与多能互补为支撑, 具有安全高效、清洁低碳、柔性灵活、智慧融合基本特征的电力系统。

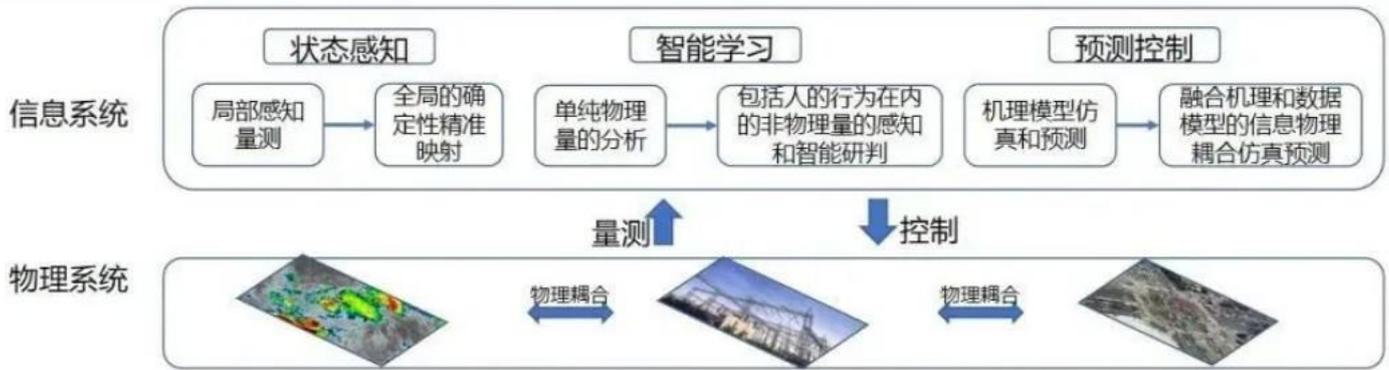
图表7: 新型电力系统的四大基本特征



来源: 《新型电力系统发展蓝皮书(征求意见稿)》、国金证券研究所

智慧融合是构建新型电力系统的基础。新型电力系统以数据为核心驱动, 呈现数字与物理系统深度融合特点, 系统控制运行由“量测-控制”模式向多物理系统的状态感知、智能学习和预测控制等方式转变。1) 状态感知: 电网内外参与耦合运行的物理系统, 将从局部的感知量测, 向全局的确定性精准映射转变。2) 智能学习: 由于参与要素的多样性, 将从单纯物理量的分析, 向包括人的行为在内的非物理量的感知和智能研判进行转变。3) 预测控制: 将从电力物理系统的机理模型仿真和预测, 向融合机理和数据模型的信息物理耦合仿真预测转变, 提升随机变量的预测精度, 并应用于电网逐级调控和控制引导。

图表8: 新型电力系统中数字与物理系统深度融合



来源: 国家电网、国金证券研究所

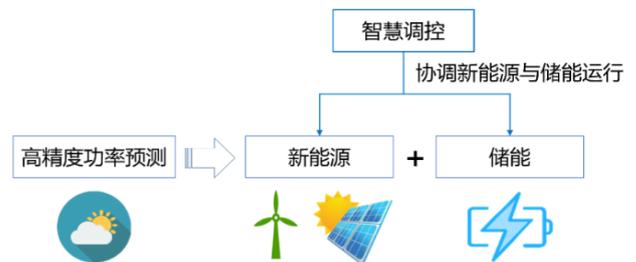
新型“源网荷储”协同调控，保障电力可靠供应。传统电力系统可根据用电侧的负荷来调整电源的发电量，其前提是用可控的发电系统去匹配波动幅度不大且可测的负荷端，在运行过程中滚动调节，从而实现电力系统安全可靠运行。在新型电力系统下，由于随机变化、弱可控的电源并不容易直接跟随可测性降低的负荷做出调整，电力系统需要从“被动”的跟随调控，转化为“主动”的协同调控。通过源源互补、源网协调、网荷互动、网储互动和源荷互动等多种交互形式，充分发挥发电侧、负荷侧的调节能力，促进供需两侧精准匹配，保障电力可靠供应。

图表9: 新能源系统电力的平衡难度升级

图表10: 系统友好型电站示意图



来源: 国家电网、国金证券研究所



来源: 《新型电力系统发展蓝皮书(征求意见稿)》、国金证券研究所

预计 23-25 年国网智能化投资为 893、954、1008 亿元，每年维持 5-7% 较高速增长。2023 年国网计划投资超 5200 亿元，同比 2022 年的计划投资 5012 亿元增长 3.8%。“十四五”初期规划 2.6 万亿，当前 21-23 投资额已达成 15200 亿元，考虑到特高压直流建设加速等因素，“十四五”期间实际投资额有望超预期。我们预计 23-25 年实际投资规划为 5250 亿元、5450 亿元、5600 亿元，每年增速为 3-5%。智能化投资占比方面，根据《国家电网智能化规划报告》，“十三五”智能化投资占比为 12.5%，预计“十四五”期间整体智能化投资占比 17%，我们假设 23-25 年智能化投资占比为 17%、17.5%、18%，则对应投资金额 893、954、1008 亿元，每年增速 5-7%。

图表11: 预计 23-25 年国网投资完成额增速为 3-5%

图表12: 预计 23-25 年国网智能化投资金额增速为 5-7%



来源: wind、国家电网、国金证券研究所

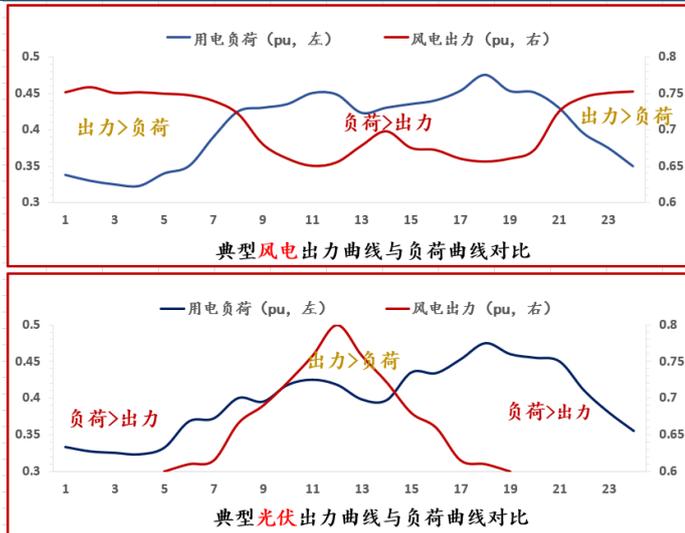


来源: wind、国家电网、国金证券研究所

2.2 发电功率预测：基于 AI 的预测模型为当前研究主线，旨在提高预测精度

发电功率可靠预测是新能源大规模有序并网的关键。新能源发电对天气依赖较强，具有间歇性和波动性特征，因此发电电量较难预测，大规模集中并网会对电网的稳定运行产生较大的冲击。因此新能源发电的准确预测可帮助电网调度部门提前做好传统电力与新能源电力的调控计划，改善电力系统调峰能力，增加新能源并网容量。

图表13：日间风电、光伏出力与负荷不平衡



图表14：新能源功率预测产品应用情况（国能日新）



来源：《大规模新能源发电基地出力特征研究》、国金证券研究所

来源：国能日新官网、国金证券研究所

功率预测相关政策趋于严格，“双细则”加强考核。2018年3月，国家能源局印发《关于提升电力系统调节能力的指导意见》，要实施风光功率预测考核，将风电、光伏等发电机组纳入电力辅助服务管理。各地区能源局随后纷纷发布了本区域《发电厂并网运行管理实施细则》和《并网发电厂辅助服务管理实施细则》（“双细则”），加强对新能源发电功率预测的考核，明确和加强考核罚款机制，发电功率预测精度直接影响到电站的运营与盈利。

图表15：功率预测相关政策趋于严格

相关政策	发布机构	时间	主要相关内容
《风电场功率预测预报管理暂行办法》	国家能源局	2011.09	所有并网运行的风电场均应具备风电功率预测预报的能力，并按要求开展风电功率预测预报。
《光伏电站接入电力系统技术规定》	国家标准委	2012.12	装机容量10MW及以上的光伏发电站应配置光伏发电功率预测系统，系统具有0h-72h短期光伏发电功率预测以及15min-4h超短期光伏发电功率预测功能。
《关于提升电力系统调节能力的指导意见》	国家能源局	2018.03	实施风光功率预测考核，将风光发电机组纳入电力辅助服务管理，承担辅助服务费用，实现省级及以上电力调度的发电机组全覆盖。

来源：国家能源局、国家标准委、国金证券研究所

图表16：“双细则”功率上报率和准确率要求高

文件	时间	上报率	风电精度		光伏精度	
			超短期准确率	短期准确率	超短期准确率	短期准确率
《华东地区双细则》	2018.01	100%	≥85%	≥80%	≥85%	≥80%
《西北地区双细则》	2018.12	95%	≥75%	≥75%	≥80%	≥80%
《华北地区双细则》	2019.09	100%	≥90%	≥85%	≥90%	≥85%
《东北地区双细则》	2020.09	100%	≥75%	≥75%	≥85%	≥85%
《华中地区双细则》	2020.09	-	≥85%	≥80%	≥90%	≥85%
《南网地区双细则》	2020.12	100%	≥85%	≥80%	≥90%	≥85%

来源：国家能源局、国家标准委、国金证券研究所

新能源功率预测分类：(1) 按照时间尺度：分为超短期、短期、中长期预测；(2) 按照空间尺度：分为单机预测、单场站预测、区域预测；(3) 按照建模方法：分为物理建模方法、时间序列建模方法、基于机器学习和深度学习等的人工智能建模方法。

超短期和短期预测均用于电网调度。根据各能源局《发电厂并网运行管理实施细则》：(1) 电站必须于每天早上9点前向电网调度部门报送短期功率预测数据，用于电网调度做未来1天或数天的发电计划；(2) 每15分钟向电网调度部门报送超短期功率预测数据，用于电网调度做不同电能发电量的实时调控。

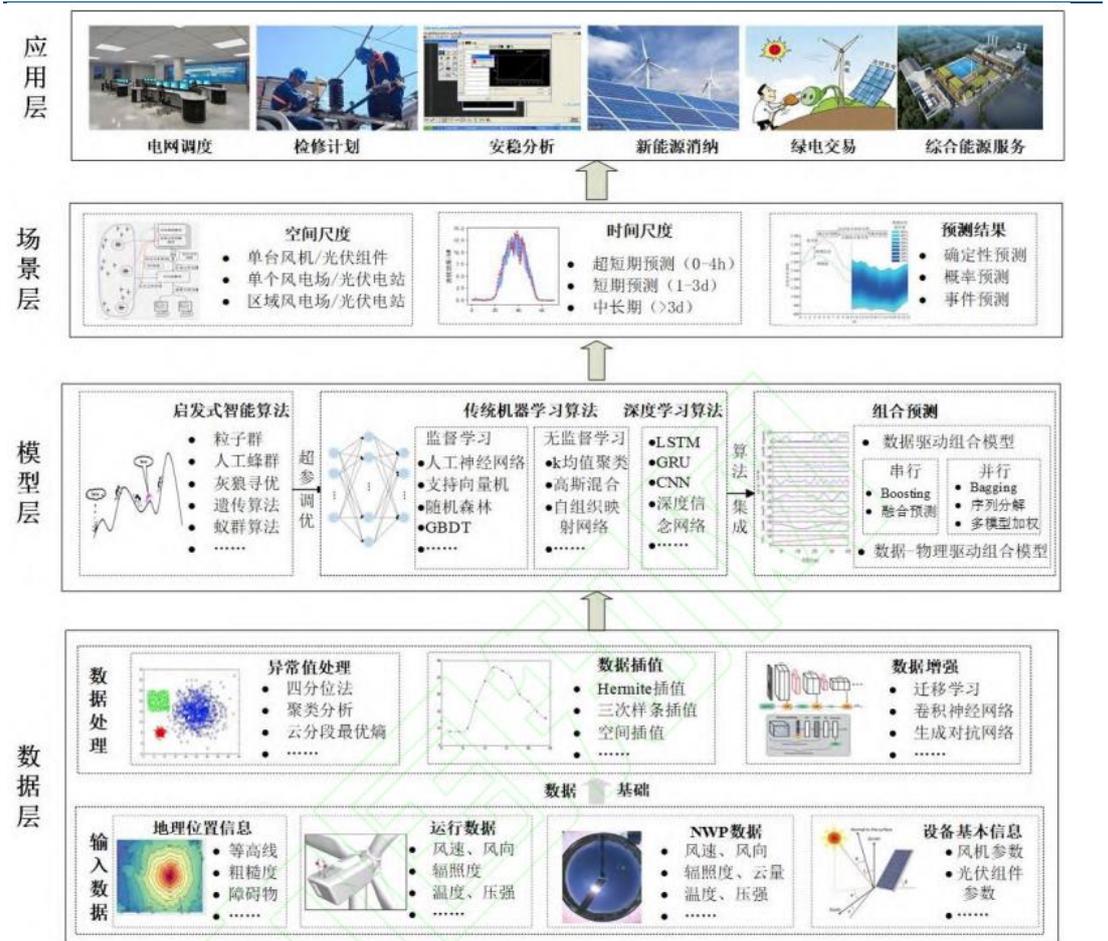
图表17: 短期、超短期预测用于电网调度

预测类型	报送时间	报送目的	分辨率
超短期预测	自报送时刻起未来15分钟至4小时的发电预测功率	用于电网调度做不同电能发电量的实时调控	15min
短期预测	次日0时起至未来24小时或72小时的发电预测功率	用于电网调度做未来1天或数天的发电计划	15min

来源：《发电厂并网运行管理实施细则》、国金证券研究所

基于人工智能的预测模型具有诸多优点，为当前主流研究领域。相比物理建模、时间序列建模等传统方法，基于AI的预测模型对于高维非线性样本空间具有良好的拟合能力；模型参数基于数据训练得到，更容易获取；模型的输入特征亦可灵活构建；结合智能优化算法还可进行参数自动寻优，进一步省去了人工调参的工作量。

图表18: 基于AI的新能源功率预测技术框架图



来源：中国知网：《人工智能技术在新能源功率预测的应用及展望》、国金证券研究所

当前AI在功率预测领域的应用主要包括：模型输入、模型构建和参数优化。(1) 模型输入：包括数据预处理、数据增强和特征构建；(2) 模型构建：包括ANN、SVM、决策树模型为代表的传统机器学习算法，基于深度学习的新一代AI技术，以及融合多种模型的组合预测技术；(3) 参数优化算法：包括进化算法、群智能优化算法等静态优化算法和强化学习等动态优化算法，主要用于模型训练和组合参数优化。

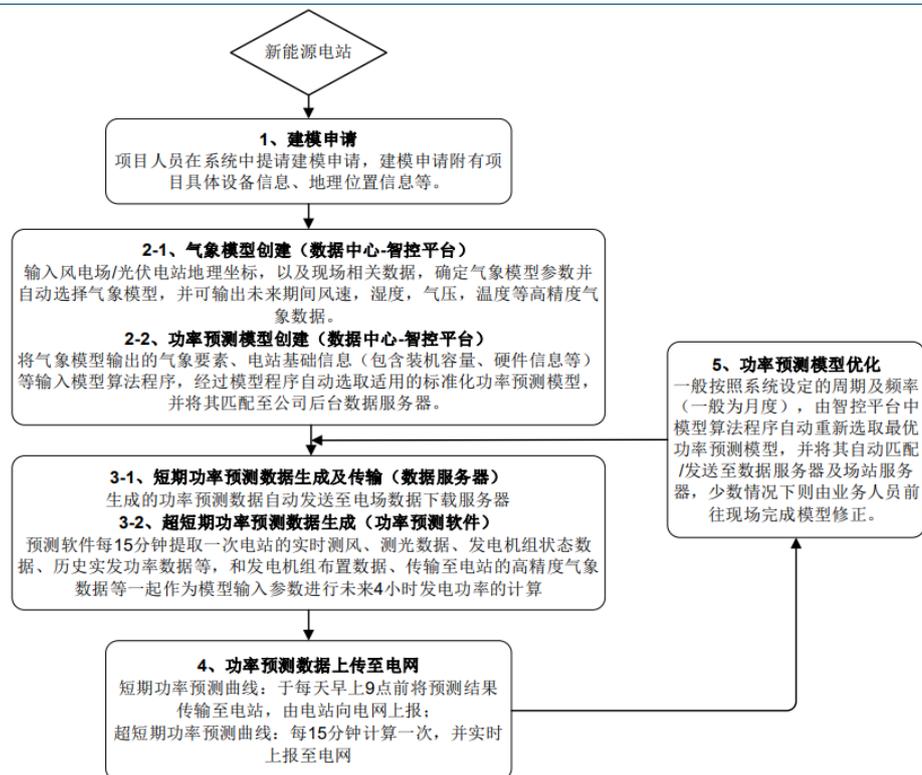
图表19: AI 在功率预测领域的应用: 模型输入、模型构建、参数优化

AI 应用领域	细分方向	相关介绍
模型输入	数据预处理	功率预测前要对原始数据进行预处理, 包括数据异常值处理和缺失值补全。
	数据增强	对于数据驱动的功率预测方法, 高度依赖大量历史数据对模型进行训练, 当前针对新能源预测采用的数据增强方法主要有迁移学习、深度学习、生成对抗网络。
	特征构建	模型训练要利用收集到的历史数据, 直接利用所有特征进行训练会导致模型训练困难。因此在训练前需进行特征构建, 主要包括特征选择和特征降维。
模型构建	传统机器学习算法	根据训练数据是否有标签, 传统机器学习算法可分为有监督学习、无监督学习和半监督学习。其中监督学习和无监督学习在新能源功率预测领域已广泛应用。
	深度学习	深度学习算法由浅层的人工神经网络演化而来, 通过组合多个非线性表征层构建深层网络模型, 利用逐层抽象、逐层迭代的机制, 实现对数据特征更高阶的提取。
	组合预测	预测受多种因素影响, 采用单一的预测模型对新能源功率进行预测, 可能出现较大误差。为了更好地利用不同模型的优势, 综合利用多种预测模型构建组合预测模型, 能有效克服单一预测模型的固有局限。
参数优化	静态优化算法	遗传算法、群智能优化算法等属于静态类智能优化算法, 但由于不能和环境实时交互, 难以实现模型参数的动态学习。
	动态优化算法	强化学习等一类动态优化算法, 考虑的是智能体与环境的交互问题, 目的是使智能体在与环境的交互过程中, 通过学习策略达成回报最大化或实现特定目标。

来源: 中国知网:《人工智能技术在新能源功率预测的应用及展望》、国金证券研究所

功率预测技术路线主要包含数据计算、传输及模型优化。以国能日新为例, 公司基本实现功率预测算法模型的自动匹配及预测数据的自动计算发送, 因此在项目日常运营端, 人力投入较少, 仅在少数场站模型远程匹配失败的情况下, 由业务人员前往现场完成模型修正。在模型优化方面, 一般会按照设定的周期, 由智控平台中的模型算法程序自动重新选取最优功率预测模型, 并将其自动匹配至站场服务器。

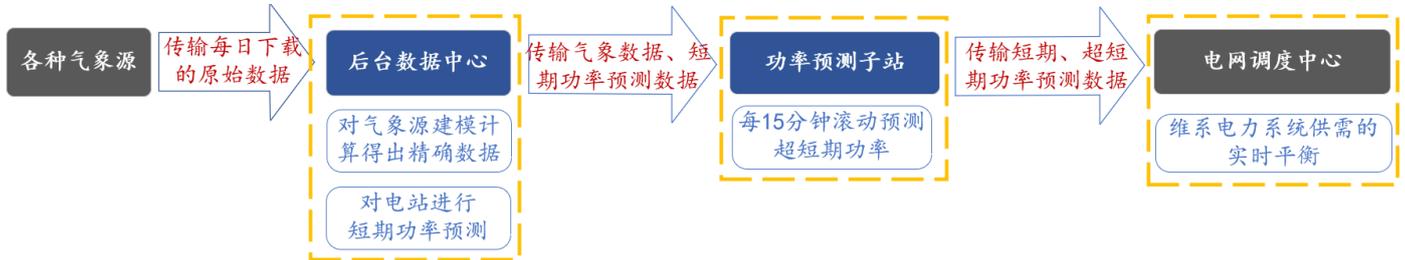
图表20: 新能源功率预测产品技术路线 (以国能日新为例)



来源: 国能日新招股说明书、国金证券研究所

新能源功率产品每日工作流程（以国能日新产品为例）：①获得原始气象预报数据、②通过建模计算后得到更高精度的气象预测数据、③进行短期功率预测数据计算、④传输短期功率数据到所服务电站、⑤在电站软件中进行超短期功率预测、⑥报送数据至电网调度部门。

图表21：功率预测产品每日工作流程（以国能日新为例）

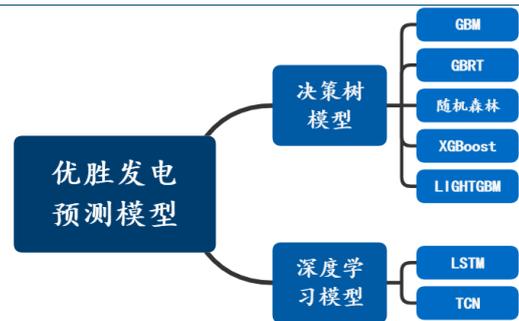


来源：国能日新公司公告、国金证券研究所

当前线性回归模型和树模型实际应用效果好，深度学习类模型表现亮眼。全球能源预测大赛（GEFCOM）至今已经举办过三届，有超过60个国家的数百支队伍参赛，在历届优胜算法中，线性回归模型和树模型实际应用效果最好。此外，在2021年国家电网调控AI创新大赛，新能源发电预测赛道中，基于决策树的同质集成算法在实际应用中效果较好，还有优胜队伍使用了深度学习类模型，表明深度学习模型逐渐在实际应用中崭露头角。

图表22：线性回归和树模型应用效果好（GEFCOM大赛） 图表23：深度学习模型表现亮眼（国网调控AI创新大赛）

- ANN
- SVM
- 树模型
- 线性回归
- 时间序列模型
- 贝叶斯
- KNN
- 其他



来源：全球能源预测大赛（GEFCOM）、国金证券研究所

来源：国家电网（2021年国家电网调控AI创新大赛）、国金证券研究所

业内成熟的功率预测系统主要采用组合建模方法。实际功率预测系统采用的技术路线由早期的物理建模方法，过渡到以数据驱动方法为主，且几乎全部为组合建模方法。组合建模可通过串行和并行两种方式分别减少模型的偏差和方差，从而提高预测精度。

图表24：业内成熟的功率预测系统主要采用组合建模方法

	预测系统	年份	采用方法	开发者
光电功率预测系统	SPFS	2010	组合方法	国网电力科学研究院
	SPSF-3000	2011	组合方法	北京国能日新
	NSF3200	2012	组合方法	国电南瑞科技
	光伏发电功率预测预报系统 V2.0	2013	组合方法	湖北省气象服务中心
风电功率预测系统	WPFS	2008	组合方法	中国电科院
	FR3000F	2010	组合方法	北京中科伏瑞
	NSF 3100	2011	组合方法	国网电力科学研究院
	WINPOP	2011	组合方法	中国气象局公共服务中心
	高精度风电功率预测系统	2017	组合方法	北京国能日新科

来源：中国知网：《人工智能技术在新能源功率预测的应用及展望》、国金证券研究所

2024年新能源功率预测市场规模13.4亿元，国能日新为行业龙头。根据沙利文报告，2019年我国发电功率预测市场的市场规模约6.3亿元，到2024年市场规模将增长至约13.4亿元，2019至2024年均复合增长率将达16.2%，其中光伏发电功率预测市场规模预计为6.5亿元，风力发电功率预测市场规模预计为6.9亿元。市场格局方面，国能日新为行业

龙头，2019 年公司在光伏和风电发电功率预测市场的占有率分别为 22.3%和 18.8%。

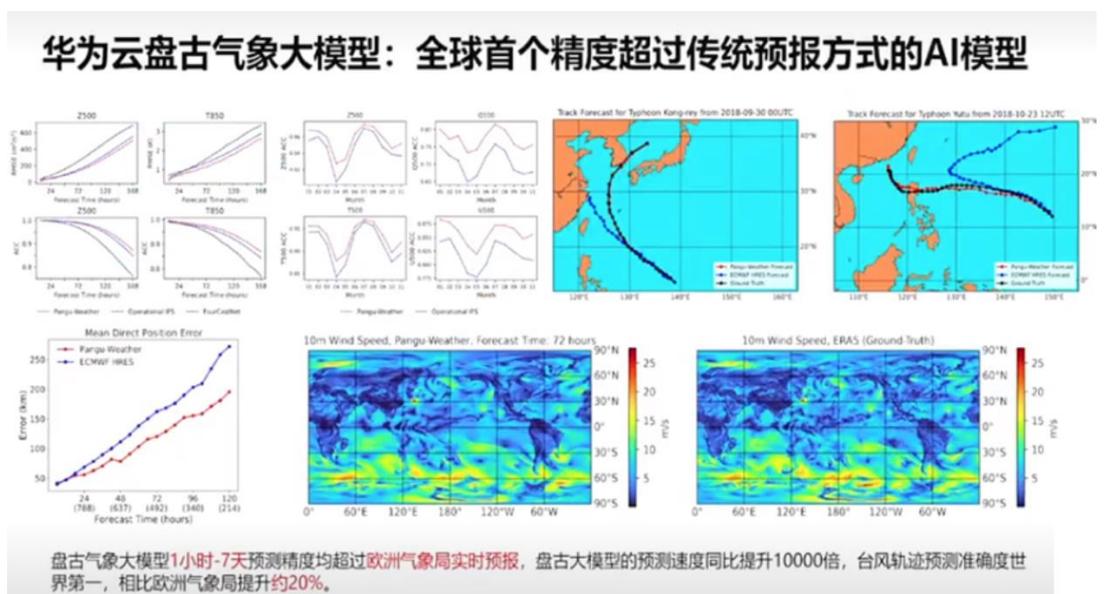
图表25：国内新能源功率预测相关公司中，国能日新市占率最高（2019年）

公司	相关产品名称	提供服务	光伏市占率	风能市占率
国能日新	光伏/风电场发电量预测系统	提供超短期-短期-中长期/单站-集中电站功率预测	22.1%	18.8%
南瑞继保	PCS 9700WF/PF 新能源功率预测系统	预测光伏电站未来 4 小时和未来 72 小时内的有功功率	17.7%	6.3%
东润环能	东润天问新能源功率预测系统	提供超短期-短期-中期功率-理论-可用功率预测、发电量预测	16.2%	11.7%
金风慧能	新能源智慧运营系统 SOAM	预测未来一定时间内的风电场风速、温度和功率，精度达 85%	-	14.9%
远景能源	孔明	预测风电场每台机位超短期-短期-中期的风速及理论功率	-	13.3%
中科伏瑞	风光储一体化发电场站能量管理	-	6.9%	-

来源：各公司官网、国能日新招股说明书、沙利文、国金证券研究所

华为盘古气象大模型精度首次超过传统数值方法，速度提升 10000 倍以上。华为云发布的盘古气象大模型 1 小时-7 天预测精度均高于传统数值方法，同时预测速度提升 10000 倍，能够提供秒级的全球气象预报（传统数值预测方法无法做到），包括位势、湿度、风速、温度、海平面气压等。同时，盘古气象大模型在一张 V100 显卡上，只需要 1.4 秒就能完成 24 小时的全球气象预报。

图表26：华为盘古气象大模型精度首次超过传统数值方法

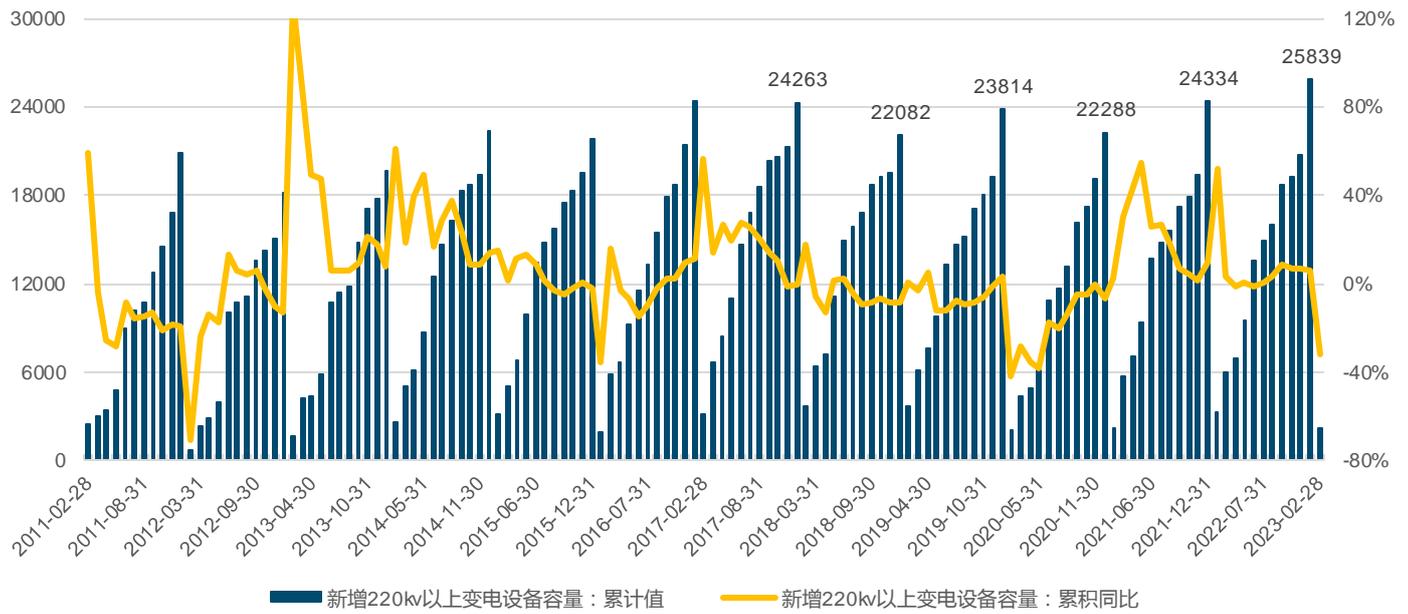


来源：华为，国金证券研究所

2.3 智能运维与巡检：AI 有望全面升级巡检产品，行业空间预计突破百亿

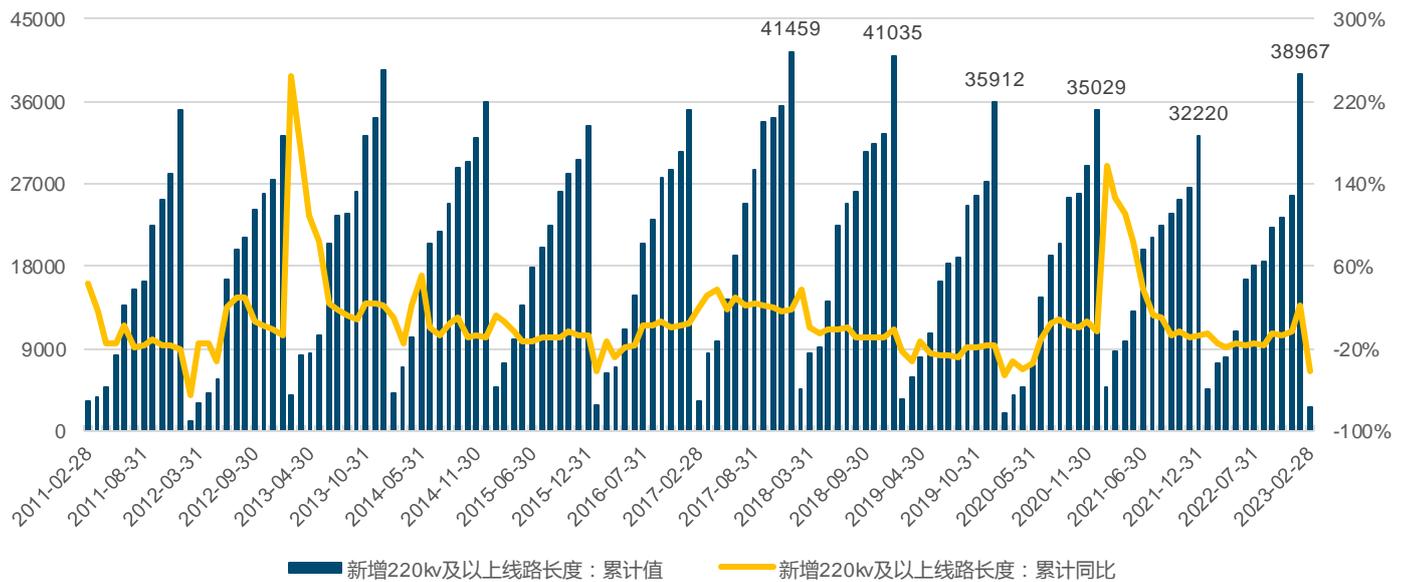
我国输电线回路与变电设备存量规模大，投运总规模平稳增长。根据中电联数据，截止 2022 年，全国电网 220 千伏及以上变电设备容量共 51.98 亿千伏安，同比增长 5.2%；220 千伏及以上输电线路回路长度共 88.2 万千米，同比增长 4.6%。从新增量看，2022 年全国新增 220 千伏及以上变电设备容量 25839 万千瓦伏安，同比增长 6.3%；新增 220 千伏及以上输电线路长度 38967 千米，同比增长 21.2%。2021 年、2022 年，220 千伏及以上变电设备容量增速维持在 5%左右，220 千伏及以上输电线路回路长度增速维持在 4%。新增规模中，变电设备容量增量位于近十年次高点，输电线路回路长度增量为近十年第三高点。

图表27: 2022年220千伏及以上变电设备新增容量增速为5%左右(万千伏安)



来源：中电联、wind、国金证券研究所

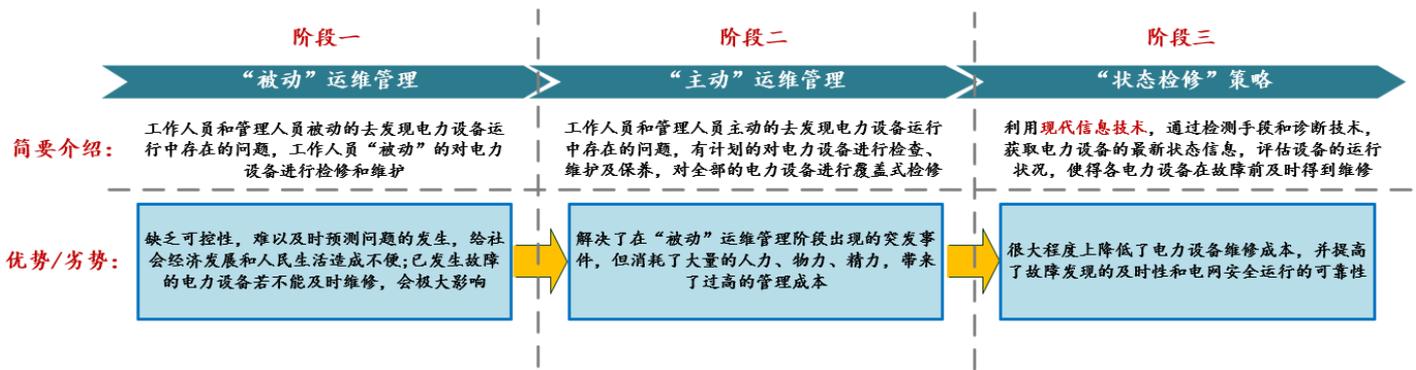
图表28: 2022年220千伏及以上输电线路回路新增长度增速为4%左右(千米)



来源：中电联、wind、国金证券研究所

电力系统运维管理分为：“被动”-“主动”-“状态检修”三个阶段，“状态检修”策略及时性和可靠性高。由于输变电线路架设在各种自然环境中，常年经受日晒雨淋，难免会造成电力设备缺失或损坏，应当及时发现各种劣化过程的发展状况，并在可能出现故障或性能下降前，进行维修更换。电力系统运维管理主要包括“被动”运维、“主动”运维、“状态检修”策略三个发展阶段，其中“状态检修”策略提高了故障发现的及时性和电网运行的可靠性。

图表29：“状态检修”运维策略及时性和可靠性高



来源: 智洋创新公司公告、国金证券研究所

人工巡检诸多劣势, AI 替代是大势所趋。电力行业有大量巡检工作条件恶劣, 传统人工巡检的工作难度大、危险指数高、及时性低、工作量大; 采用智能巡检, 既具有人工巡检的灵活性和智能性, 同时响应更加及时、效率更高、成本更低, 随着技术的发展, 智能机器人技术具有广阔的应用前景, 未来电气行业无人化巡检将成为行业常态。

AI 替代人工性价比更高。以 500kv 变电站为例, 人工巡检模式下需要 4 个工人耗费一个礼拜的工时才能进行一次全面检查, 假设每位工人年薪约 8 万, 而同样的工作量, 一台巡检机器人能在更短的时间内完成, 其平均成本为 65 万/台, 计提折旧后约 16 万/年, 使用巡检机器人比人工巡检能节约 16 万/年。

图表30: 人工巡检诸多劣势, AI 替代人工性价比更高

	人工巡检	机器人巡检	对比总结
巡检方式	手持式红外热像仪测温、人工表计抄录, 手动导出设备照片, 并将纸质记录数据再次录入做电子存档	机器人按照预设检测时间全自动到现场进行设备测温、表计抄录。数据、图片等自动存库并可自由导出	人工巡检重复工作, 数据存档及应用繁琐
工作量对比	视变电站设备数及规模, 每次人工全面巡检需要至少 1 天	机器人自动巡检, 并自动生成数据报表, 红外图片等均可选择导出	机器人巡检可以有效减少工作量
客观性对比	人工巡检存在不固定性	机器人按照预设任务, 检测角度、检测位置等均保持一致	机器人更具客观性
准确性对比	表计抄录因距离、表计位置等准确性受到影响; 在个别特殊条件的识别读取上人工有优势	机器人可以较为准确识别表计, 对于距离较远的表计依然可以清晰拍照识别; 个别特殊设备机器人无法有效识别	除个别无法识别的设备外, 机器人巡检数据识别有效
便利性对比	雷雨大风等恶劣天气时, 人员无法到设备区进行检测	机器人恶劣天气下仍能正常巡检	单站应用及集控应用方式更便利
缺陷跟踪对比	缺陷设备需人工定期定时检测	机器人可以按照预设巡检任务及特定缺陷跟踪任务, 实现对缺陷设备的全天候全时段跟踪检测, 并结合数据曲线跟踪发展趋势	机器人巡检更适合

来源: 国家电网、国金证券研究所

输电线路智能运维与巡检主要分为可视化状态监测、无人机巡检、及机器人巡检等方式。
 1) 可视化状态监测: 能够全天候全时段在线自动运行监测的方式, 能够及时发现安全隐患及对本体整体运行状态进行评估; 2) 无人机巡检: 作为线路特巡的一种手段, 对线路进行巡视, 可用于发现线路较为细节的缺陷, 通常需要专业人员在现场操控才能完成对线路的巡视; 3) 机器人巡检主要用于变电站、配电房、电缆隧道等场景应用, 可按照设定的线路或铺设的导轨对重点点位进行巡视。

图表31: 输电线路智能运维管理主要方式



来源: 智洋创新招股说明书、国金证券研究所

图表32: 输电线路智能运维管理方式具体情况

项目	简介	解决的问题	优势	劣势
通道可视化及本体状态监测	运用输电线路可视化装置,结合传感器和人工智能算法,监拍分析线路通道及本体隐患	1) 输电线路日常巡视、常规监测; 2) 监测杆塔对线路本体造成的安全隐患	1) 替代多数人工,提升巡检效率和准确率; 2) 全天候全时段监测,应用范围广; 3) 及时精准发现隐患和缺陷; 4) 汇集数据并智能分析,使用简单且成本低	1) 无法发现输电线路本体的细节缺陷; 2) 安装固定后不能覆盖所有观测角度
无人机巡检	运用无人机对线路本体进行特殊巡视以便发现缺陷细节	发现销钉缺失、导线断股等潜在缺陷	1) 降低巡视频率,只需人工修复问题线路点位,提升巡检效率和准确率; 2) 可查看线路本体的细节部分	1) 巡检距离受限; 2) 需要专业人员操控; 3) 不能实现在线监测
机器人巡检	机器人搭载摄像机、各类传感器技术进行巡检	主要解决人员巡视周期长,设备缺陷不易及时发现的问题	1) 可远程查看设备情况,针对问题制定计划; 2) 减轻工作量,提升巡检效率和准确率,能汇集数据并进行智能分析和预警	1) 应用场景受限; 2) 购买成本高,施工难度大

来源: 智洋创新公司公告、国金证券研究所

电力巡检机器人行业规模测算: 输电线路巡检、变电站巡检、配电站巡检及隧道巡检是电力智能巡检的核心应用场景,其中主流巡检场景为室外和室内。假设: 1) 变电站及配电房数量 2020 年后保持年增速 3%; 2) 依据国家能源局智能电网的规划覆盖目标,假设渗透率未来四年保持年增速 2%; 3) 随产品技术升级与竞争加剧,预计机器人单机价格持续小幅下滑; 4) 变电站/配电房配置机器人比例分别为一机一站/一机两房。综上,预计 2025 年我国室外/室内巡检机器人市场规模分别为 54/118 亿元,市场空间广阔。

图表33: 电力巡检机器人行业规模测算 (亿元)

	2017	2018	2019	2020	2021E	2022E	2023E	2024E	2025E
变电站数量 (万)	2.0	2.3	2.6	3.0	3.1	3.2	3.3	3.4	3.5
渗透率	2.7%	4.4%	8.1%	11.9%	13.9%	15.9%	17.9%	19.9%	21.9%
机器人均价 (万元)	78.4	77.1	75.9	74.8	73.6	72.5	71.5	70.4	69.4
配置比例	一机一站								
室外巡检机器人市场 (亿元)	4.2	7.8	16.0	26.7	31.7	36.9	42.2	47.6	53.2
配电房数量 (万)	27.2	28.6	30.0	31.5	33.1	34.7	36.5	38.3	40.2
渗透率	2.3%	3.3%	4.3%	5.1%	7.1%	9.1%	11.1%	13.1%	15.1%
机器人均价 (万元)	44.1	43.3	42.6	42.0	41.3	40.7	40.0	39.4	38.8
配置比例	一机两房								
室内巡检机器人市场 (亿元)	13.8	20.4	27.5	33.7	48.5	64.3	81.0	98.8	117.8
市场合计	18.0	28.2	43.5	60.4	80.2	101.1	123.3	146.5	171.0
yoy		57%	54%	39%	33%	26%	22%	19%	17%

来源: 中电联、前瞻研究院、申昊科技、国金证券研究所

AI 技术有望全面升级智能巡检产品, 包括快速清晰建模、AI 辅助拍摄、和智能检测。

1) 快速清晰建模: 例如, NERF 是一种基于神经网络的三维重建算法, 它可以从 2D 图中, 快速高效地生成高质量的 3D 场景模型。其输入稀疏的多角度带 pose 的图像训练得到一个神经辐射场模型, 根据这个模型可以渲染出任意视角下的清晰的图片。

2) AI 辅助拍摄: 无人机结合 AI 辅助拍摄技术, 可以实时对目标位置进行识别, 动态调整云台角度, 得到准确目标位置的图片。综合利用相机光线动态补偿技术和精准对焦技术, 保证照片拍摄质量, 有利于输电线路的安全运行和快速巡检。

图表34: NERF 模型训练: 训练前后对比



来源: 煜邦电力、国金证券研究所

图表35: AI 辅助拍摄提升图像清晰度



来源: 煜邦电力、国金证券研究所

3) 智能检测: 变电站、换流站中的电力设备普遍都具备的明显特征, 包颜色、材质和纹理等。利用图像处理和识别能力, 对采集到的设备图像进行图像处理, 从而判断是否发生故障或不正常。智能巡检机器人可使用搭载红外传感器、电磁感应传感器和高清摄像头, 对电气设备进行多维度、近距离的监测。还可采用无人机搭载高清摄像机和红外传感器, 完成对铁塔、导地线和绝缘子串的运行状态监测和安全评估。

图表36: 输电线图像检测方法流程图

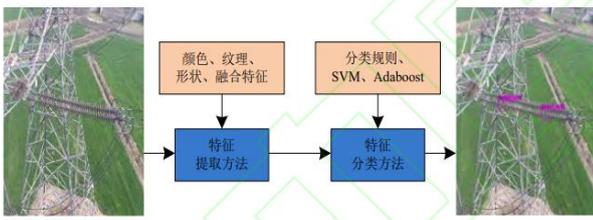


图1 传统目标检测方法流程图

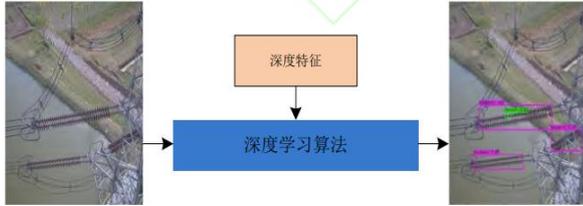
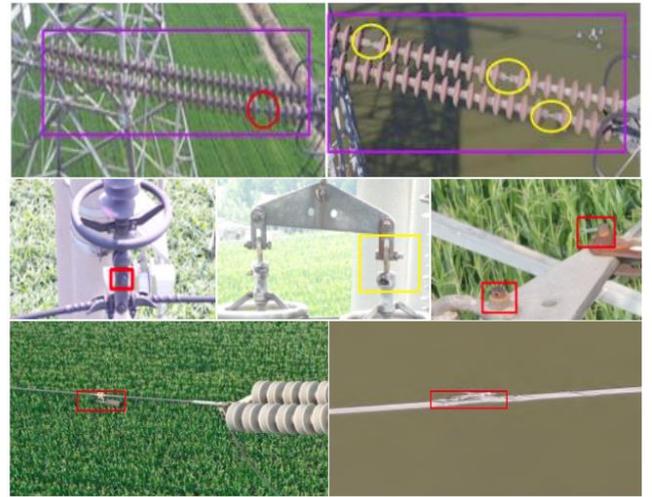


图2 深度学习检测方法流程图

图表37: 无人机航拍识别电力设备缺陷



来源:《基于深度学习的输电线路视觉检测方法研究进展》、国金证券研究所

来源:《基于深度学习的输电线路视觉检测方法研究进展》、国金证券研究所

盘古大模型加持电网智能巡检, 代替传统 20 多个小模型。应用盘古 CV 大模型, 利用海量无标注电力数据进行预训练和筛选, 并结合少量标注样本微调的高效开发模式, 独创性地提出了针对电力行业的预训练模型。在模型通用性结合盘古搭载的自动数据增广以及类别自适应损失函数优化策略, 做到一个模型适配上百种缺陷, 替代原有 20 多个小模型。从而做到平均精度提升 18.4%、模型开发成本降低 90%。目前, 华为在 L2 级细分场景模型上, 已经推出基于电力大模型的无人机电力巡检、电力缺陷识别等场景模型。

图表38: 基于大模型的无人机电力巡检, 筛选效率提升 30 倍、筛选质量提升 5 倍

<p>业界最大预训练CV模型: 30亿参数, 10亿级图像</p> <p>判别与生成联合预训练: 底层/高层视觉预训练任务通用</p> <p>100+场景验证: 研发成本降低90%</p> <p>小样本学习性能领先: ImageNet10%标签分类精度业界第一</p>	 <p>智能巡检</p> <p>应用场景: 进行无人机智能巡检, 并解决巡检系统中数据标注工作量大和缺陷种类繁多问题。</p> <p>数据筛选效率提升30倍↑、筛选质量提升5倍↑, 模型的精度比普通模型提升18%↑。</p>
--	---

来源: 华为、国金证券研究所

图表39: 电力缺陷识别模型代替 20 多个传统小模型



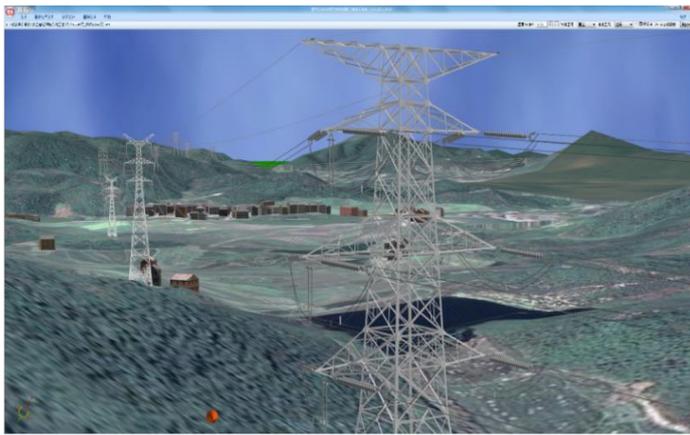
来源: 华为、国金证券研究所

三、中长期看好 BIM、电网智能调度、虚拟电厂和微电网 AI 赋能落地

3.1 电力行业 BIM 设计软件：国产化替代需求强烈，AI 赋能贯穿设计-施工-运维环节

可视化与可协调性是 BIM 软件的核心优势。BIM，即建筑信息模型，指代以三维图形为主、物件导向的电脑辅助设计软件，可将设计、可参与项目规划设计、施工建设、运营的全过程。(1) 可视化：借助三维图形营造生动自然的物体形象，使物体存在具备真实性，有效减少了设计与施工时的图画读取难度。(2) 可协调性：有关人员可以借助信息模型平台实现及时沟通，能促进设计、施工和管理等人员形成良性互动，针对存在的问题进行集中管理，帮助工作更为顺利和高效进行。

图表40：可视化是 BIM 的显著特征



来源：恒华科技官网、国金证券研究所

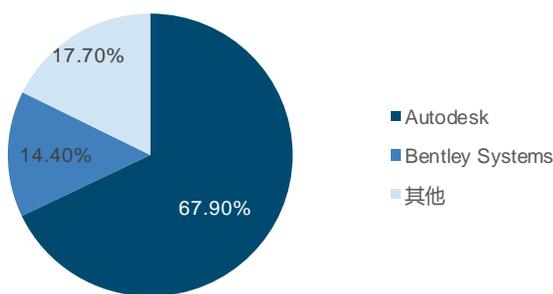
图表41：有关人员可借助 BIM 平台及时沟通



来源：Revit、国金证券研究所

信创发展背景下，BIM 行业国产化替代需求强烈。信息技术应用创新为近年以来我国关键命题，旨在通过对 IT 硬件、软件的重构，建立我国自主可控的 IT 产业标准和生态，逐步实现各环节国产替代。国内使用的 BIM 平台主要为国外软件，而国内厂商主要以项目管理和单点应用类型的产品为主，底层核心技术大多掌握在国外厂商手中。2020 年全球 BIM 行业市场，Autodesk 市占率为 67.9%，其次 Bentley Systems 市占率为 14.37%，CR2 集中度较高，显示出国产替代的必要性和紧迫性。

图表42：2020 年全球 BIM 市占率情况



来源：前瞻研究院、国金证券研究所

图表43：Autodesk REVIT 为全球主流 BIM 软件



来源：REVIT、国金证券研究所

国产化软件更适应国内电网生态。(1) 电力、水利等国民经济基础行业中的信息数据处理，信息安全要求较高。(2) 电力行业中涉及到大量的技术体系及行业标准，相比国外 Bentley、Revit 等厂商，国产 GIM 软件能够深度理解客户需求，满足专业性要求。(3) 国产软件具有更高性价比，售价略低于国外软件，在对于国产软件内容质量较认可的前提下，客户的服务付费意识和意愿随行业发展逐年上升。

政策牵引自主可控信息产业发展，BIM 支持政策陆续出台。从国家层面来看，关键核心技术的发展直接影响国家经济安全、国防安全等，自主可控信息发展有高战略价值。近 3 年来，我国自中央到地方都出台了各类相应政策以支持 BIM 技术的发展与落地，2020 年至今，中央下发关于支持 BIM 技术发展的政策已超 10 项，BIM 技术在各类建筑业相关政策中被提到的次数逐年增加，政策牵引 BIM 技术的发展充分体现政府的高度重视。

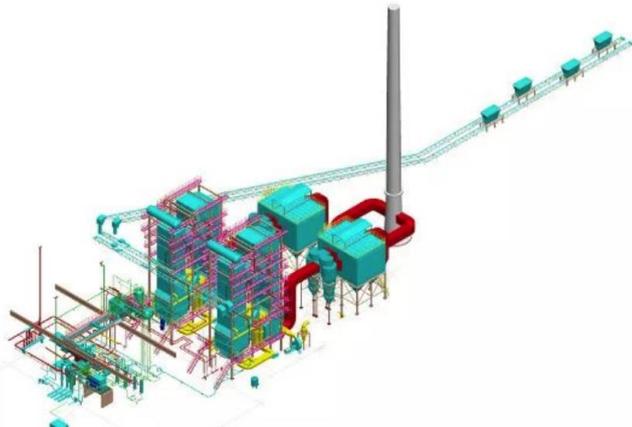
图表44: BIM支持政策梳理(2020年至今)

时间	相关文件	相关内容
2020.5	《关于推进建筑垃圾减量化的指导意见》	推进BIM等技术在工程设计和施工中的应用,减少设计中的“错漏碰缺”,辅助施工现场管理,提高资源利用率
2020.7	《关于推动智能建造与建筑工业化协同发展的指导意见》	加快推动新一代信息技术与建筑工业化技术协同发展,在建造全过程加大BIM等新技术的集成与创新应用。
2020.8	《关于加强新型建筑工业化发展的若干意见》	大力推广BIM技术,加快推进BIM技术在新型建筑工业化全寿命期的一体化集成应用。
2021.1	《关于加强超高层建筑规划建设管理的通知》	具备条件的超高层建筑应充分利用超高层BIM,与CIM基础平台加强对接
2022.1	《“十四五”建筑业发展规划》	2025年,基本形成BIM技术框架和标准体系。推进自主可控BIM软件研发
2022.3	《“十四五”住房和城乡建设科技发展规划》	BIM技术在工程设计、生产和施工领域得到推广应用
2022.5	《“十四五”工程勘察设计行业发展规划》	推动工程勘察设计行业数字转型,提升发展效能,推进BIM全过程应用
2022.6	《城乡建设领域碳达峰实施方案》	利用BIM技术和CIM平台等,推动数字建筑、数字孪生城市建设,加快城乡建设数字化转型。
2022.7	《“十四五”建筑业发展规划的通知》	运用BIM等技术开展运行监测预警技术产品研发和迭代升级
2022.12	《“十四五”城镇化与城市发展科技创新专项规划》	提出研究非线性几何特征建模与BIM图形引擎,建立具有自主知识产权的BIM三维图形平台并发展相应软件生态。
2023.2	《关于推进工程建设项目审批标准化规范化便利化的通知》	推动国产BIM产品应用;在设计方案审查、施工图审查、竣工验收、档案移交环节采用BIM成果提交和审批;建立完善BIM成果交付和技术审查标准,逐步实现计算机智能辅助审查。

来源:中国住建部、中国政府网、国金证券研究所

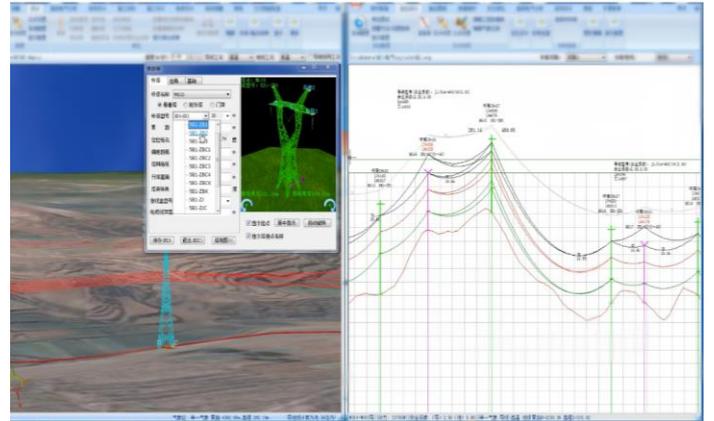
BIM为发电侧设施、“输变配”环节建设必要设计工具。1)在发电场设施的全生命周期中,BIM可解决建设难题、降低成本、缩短工期。设计阶段中BIM可以帮助建立精确地形模型并优化微观选址;施工阶段中BIM可用于管理进度、建构结构模型和统计工程量等;运维阶段中BIM可帮助培训员工和扫描复杂设备结构。2)在“输变配”环节中,BIM可精准绘制三维建筑模型以提升工程安全性,并且在可视化的前提下保障各单位之间信息的流畅性以防止权责不清。“双碳”背景下,清洁能源发电量占比逐步提升,储能、分布式电厂、县域光伏等建设有望带来增量,输电线路、变电站、配网建设加速,相关从事设计建设电力BIM领域的公司有望受益。

图表45: BIM为发电侧建设必要设计工具



来源:Openplant、国金证券研究所

图表46: BIM被用于输电环节设计

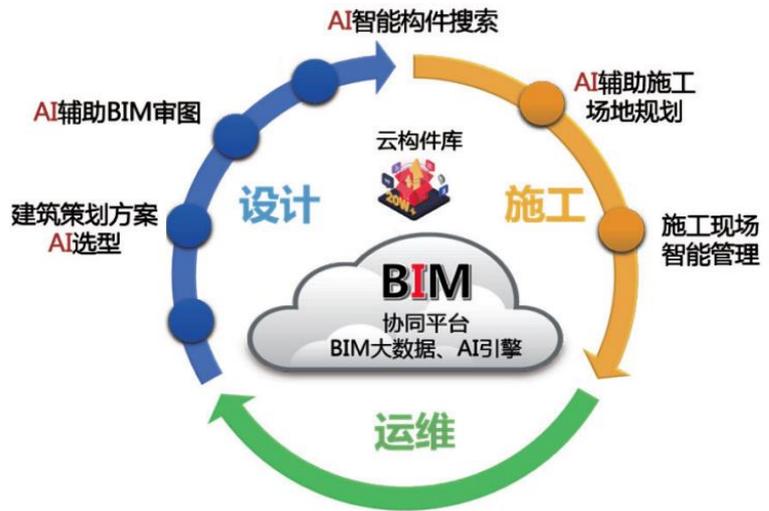


来源:恒华科技官网、国金证券研究所

BIM 与人工智能深度融合，有望在设计、施工、运维阶段开拓应用场景与解决方案。

- 设计阶段：1) 构件智能搜索：可以在构件智能搜索中使用人工智能对构件进行准确的自动分类，以及使用自然语言理解技术实现构件属性的智能校准；2) AI 辅助布局规划：融入最新的机器学习技术，可以在浏览器上生成建筑策划文件，并输出建筑空间的最优化布局；3) AI 辅助 BIM 审图：AI 技术可以辅助 BIM 对大量规范、图集、标准以及模型、图纸的匹配性学习，做好设计合规性、合理性的把控。
- 施工阶段：进行辅助施工场地规划，AI 可以通过场地智能布置和合规合理性校验来帮助经验不足的技术人员增质提效，通过建模对施工现场不同阶段的复杂状态进行模拟展示，通过数据分析及时反馈前期方案的合理性，同时反向指导施工组织设计，进行资源配置优化。
- 运维阶段：进行运维智能管理，AI 可以通过机器人和无人机等的应用，使用大量实际现场视频数据进行训练，对现场数据进行分类处理和智能管理，大幅提升施工效率和安全生产水准。

图表47: AI+BIM 技术展望

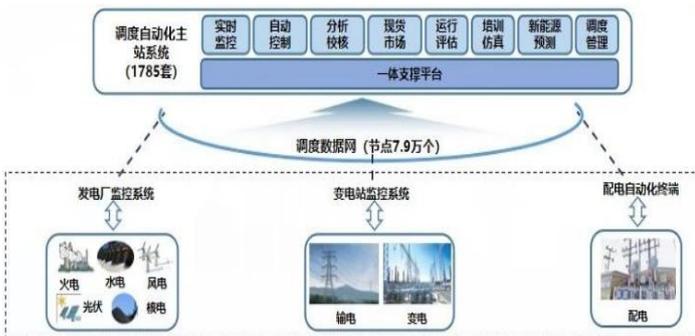


来源：中国知网：《AI 时代的 BIM 新设计技术展望》、国金证券研究所

3.2 电网智能调度自动化：AI 驱动新一代调度系统实现电网智能决策和智能控制

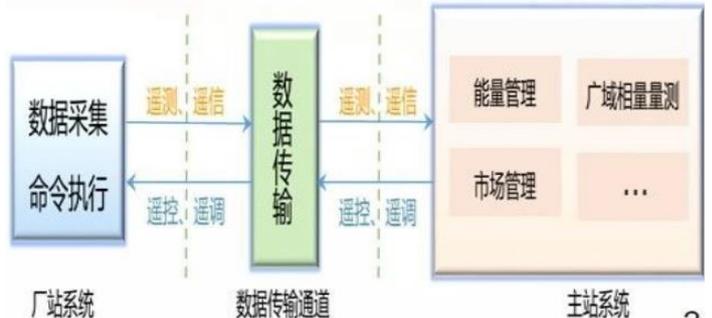
电网调度自动化系统是电网运营控制重要基础设施，由调控中心主站系统、厂站系统和数据传输通道三部分构成。1) 主站系统：是调度自动化系统的核心，实现电力系统的处理、运行监视和分析控制，是电网安全、经济运行的神经中枢，支撑调度机构成为电力系统运行控制的司令部。2) 厂站系统：实现厂站内一二次设备的数据采集、就地控制以及运行控制信息的远程交换，相当于系统的耳目和手足。3) 数据传输通道：相当于神经系统，负责把厂站端采集和处理后的各类数据传送给主站系统，同时将主站端系统的遥控、遥调命令发送给厂站系统。

图表48: 电网调度自动化系统概况



来源：国家电网、国金证券研究所

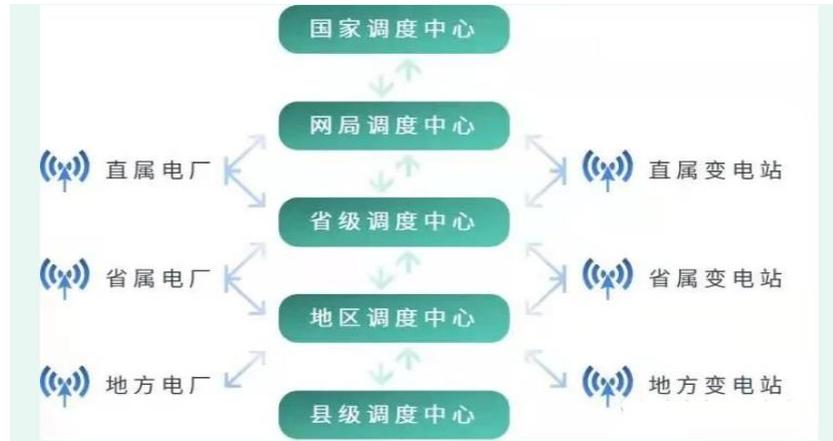
图表49: 电网调度自动化系统的三个组成部分



来源：国家电网、国金证券研究所

我国电力调度机构分五级设置。包含国家电力调度中心（国调）、区域调度中心（区调）、省调度中心（省调）、地级调度中心（地调）、县级调度中心（县调），各级调度间分层控制、信息逐级传送。目前，国家电网公司已建立完备的五级调度体系，南方电网公司与国家电网为平行机构，因为管辖的省份较少，调度机构分为四级。

图表50：我国电力调度机构分五级设置



来源：国家电网、国金证券研究所

预计电力调度自动化系统年化需求空间为 40 亿元。根据前瞻产业研究与国网招标数据，各级调度机构数量分别约为 1/6/35/420/2900，当前各级调度自动化系统普及已基本完成。假设国调、网调、省调、地调、县调系统价格分别为 10000/8000/6000/2000/400 万元，更新年限分别为 8/8/8/6/5 年，则对应年均市场空间预计约为 40 亿元。

图表51：电力调度自动化系统年化需求空间测算

调度机构	调度系统数量	更新年限	系统价格（万元）	年均市场空间（亿元）
国调自动化	1	8	10000	0.13
网调自动化	6	8	8000	0.60
省调自动化	35	8	6000	2.63
地调自动化	420	6	2000	14.00
县调自动化	2900	5	400	23.20
合计	3362	-	-	40.55

来源：前瞻研究院、国家电网、国金证券研究所

国电南瑞在各级调度系统市占率领先。国电南瑞较早进入电网调度自动化领域，2008 年曾全程参与国家电网公司智能电网调度技术支持系统建设框架和总体系统制定，具备明显先发优势，并主导新一轮调度自动化系统的研发，主要产品为 D5000。公司承担调度自动化业务子公司主要为南京控制系统、北京科东和继保电气，业务已贯穿“发输配用”各环节和“网、省、地、县、站”各层级系统，在各层级调度自动化系统领域均具有明显优势。2022 年国网数字化项目设备招标，调度类软件/数字化软件标段 22 家企业实现中标，标段总金额达到 6.78 亿元，国电南瑞南京控制系统有限公司以 2.49 亿元夺得第一。

图表52：电力调度系统市场竞争情况

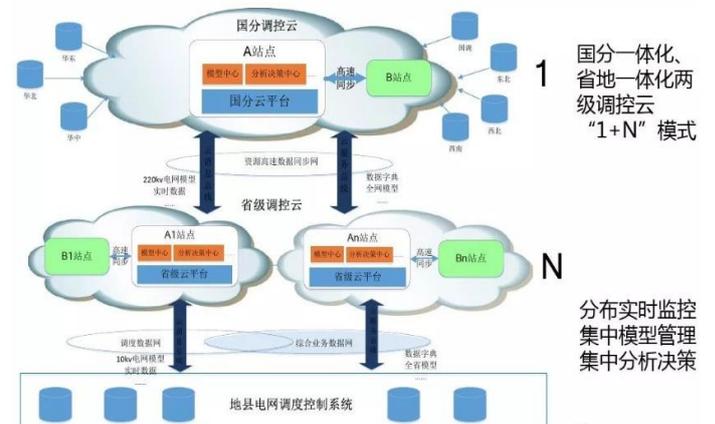
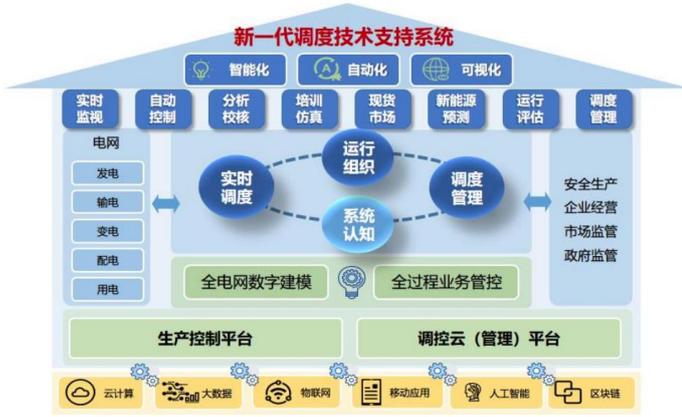
市场类型	调度层级	市场壁垒	主要参与者	竞争程度
高端市场	国调	高	主要由国电南瑞（北京科东）垄断	较低
	网调及省调	较高	国电南瑞（北京科东）、积成电子和少数国外领先厂商，国电南瑞优势明显，份额超过 70%	一般
低端市场	地调	较低	按照市场地位依次为国电南瑞（北京科东）、积成电子、东方电子，南瑞市场份额超过 30%	较高
	县调	低	参与者众多，供应商之间竞争力差异不明显，产品同质化较严重	极高

来源：前瞻研究院、国家电网、国金证券研究所

新一代调度系统为 AI 广泛应用奠定了良好的模型和数据基础。新一代调度技术支持系统采用“云大物移智”先进成熟技术，构建模型/实时数据运行数据平台，无缝结合高速通信、移动互联等通信方式和语音、图像等交互技术，提供可靠安全高效的系统运行环境，为电网监控与分析决策提供模型、数据、计算引擎、AI 服务和自然人机交互手段，并打造标准开放的多业务、多场景开发生态。目前已建成的两级调控云，为 AI 的广泛应用，奠定了模型和数据基础。

图表53: 国电南瑞新一代调度技术支持系统示意图

图表54: 新一代调度系统已建成的两级调控云

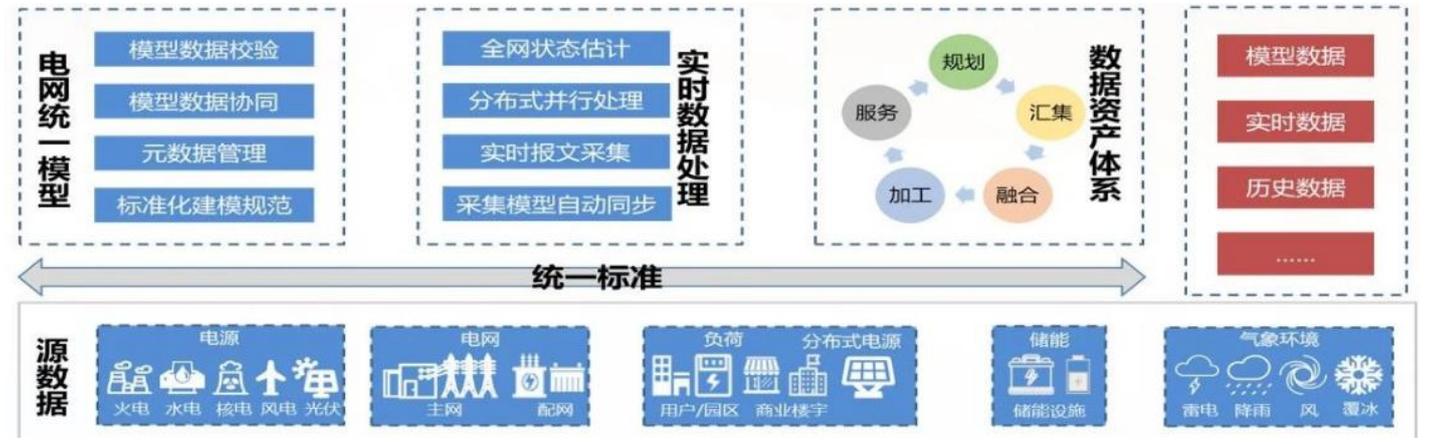


来源：国电南瑞公司公告、国金证券研究所

来源：国家电网、国金证券研究所

覆盖电力调控、发展、生产、经营和能源领域。新一代调度系统构建了覆盖电力调控、发展、生产、经营全专业和能源各领域数据的全景数据平台，实现模型数据、实时数据和历史数据的空间融合、时间多态和应用关联，为各类业务提供协调一致、完整准确的“一模、一图、一数”，提供多级多维自适应可扩展的大数据智能分析挖掘引擎。

图表55: 新一代调度系统覆盖电力调控、发展、生产、经营和能源领域数据



来源：国家电网、国金证券研究所

AI 技术有望实现电力调控智能决策与智能控制。智能决策包括基于知识图谱的辅助决策和基于机器学习的智能决策。

- 1) 基于知识图谱的辅助决策，通过提取电网运行方式关键特征，在线匹配方式并进行知识推理，依据稳定规程、事故预案等知识，快速引导调度员处置电网各类异常问题。
- 2) 基于机器学习的智能决策，以电网海量历史运行数据训练样本，以机组出力调整、设备投停为动作空间，以机组约束、网络约束、平衡约束为条件，以调度决策知识和优化算法为启发引导，以设备负载率、新能源消纳等电网安全低碳量化指标为评价，构建相应样本、决策模型和奖励函数，进行调度操作模拟智能体训练，最终获取实时运行调度决策智能体、超短期风险预防调度决策智能体、计划编排智能体。

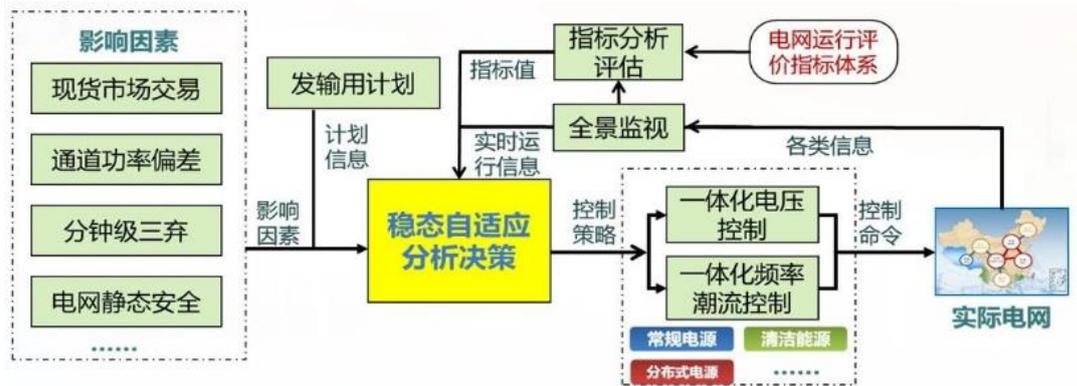
图表56: AI 用于电网智能决策



来源：国家电网、国金证券研究所

AI 智能控制实现电网自适应巡航。在常规机组自动发电控制、新能源有功自动控制、源网荷储有功协同控制、自动电压控制、拓扑实时优化控制等控制功能方面，基于多种机器学习模型，实现在线闭环智能控制，通过全景监视和指标分析评估，在满足电网安全约束条件下，以自动计算和智能决策为主引导电网自动调度和控制，实现电网自适应巡航，提升电网安全和调控能力。

图表57: AI 用于电网自适应控制



来源：国家电网、国金证券研究所

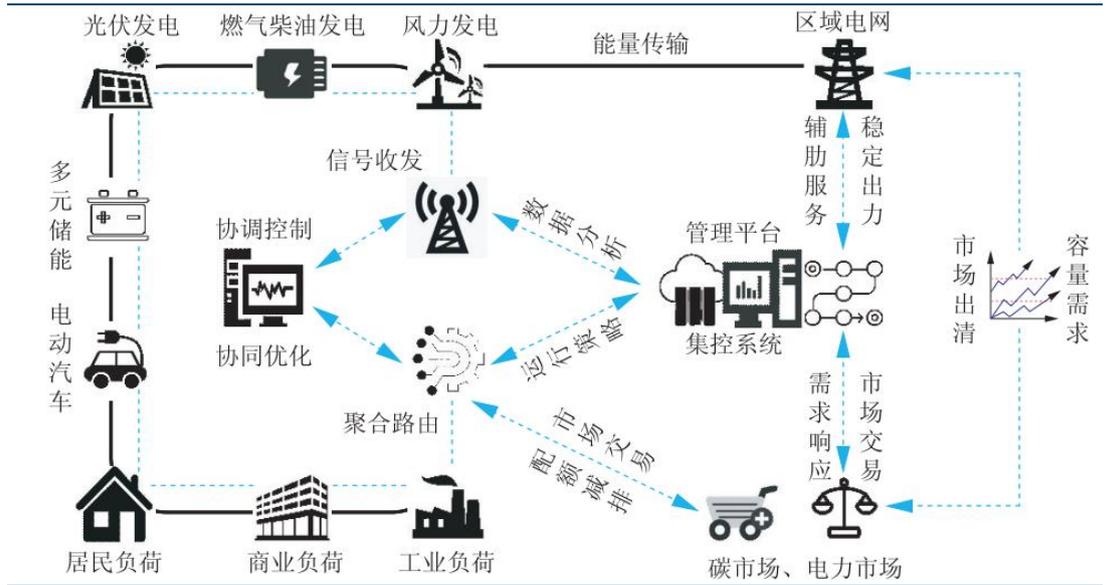
3.3 虚拟电厂、微电网：AI 与虚拟电厂技术核心匹配性强

虚拟电厂本质上是一套软件平台系统，核心为“通信”和“聚合”。通过先进信息通信技术和软件系统，实现分布式电源、储能系统、可控负荷、电动汽车等分布式能源资源的聚合和协调优化，以作为一个特殊电厂参与电力市场和电网运行的电源协调管理系统，为配电网和输电网提供管理和辅助服务。虚拟电厂概念的核心可以总结为“通信”和“聚合”，关键技术主要包括协调控制技术、智能计量技术以及信息通信技术。

虚拟电厂分为两类：“负荷类”虚拟电厂，和“源网荷储一体化”虚拟电厂。1)“负荷类”：聚合了具备调节能力的电动汽车、充电桩等市场化用户，作为一个整体，对外提供负荷侧灵活性相应调节服务。2)“源网荷储一体化”：聚合新能源发电、用户及配储一系列环节，作为独立市场主体参与电力市场、具备自主调峰调节能力。

具备“源-荷”双重身份，有效实现削峰填谷。虚拟电厂把各类可调负荷资源汇聚，根据电网削峰填谷的需求，进行线上填报，计划下发，执行反馈，类似于线上工单派单系统。电网给调度指令计划，需求响应调控计划，提前几天/几周把计划发下来。负荷集成商，虚拟电厂运营商，会把计划告诉客户，哪些时段把负荷停掉，把用电负荷降下来，具有源-荷双重身份。

图表58: 虚拟电厂结构示意图



来源：中国知网：《虚拟电厂基础特征内涵与发展现状概述》、国金证券研究所

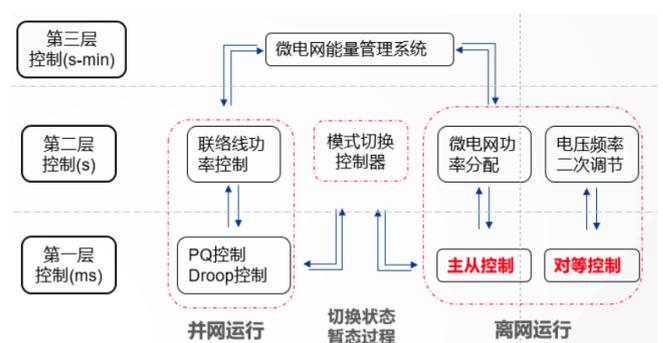
与虚拟电厂有所不同，微电网是能够实现自我控制、保护和管理的自治系统。由分布式电源、储能装置、控制系统、相关负荷等汇集而成的小型发配电系统，可为区域内负荷供冷、热和电，能够实现自我控制、保护和管理的自治系统，是智能电网的重要组成部分，是输电网、配电网之后的第三级电网，既可以并网运行、也可以离网运行。

图表59: 微电网示意图



来源：国德威官网、国金证券研究所

图表60: 微电网可以并网运行、也可以离网运行



虚拟电厂与微电网的不同点：

- 1) 微电网一般要求分布式能源位于同一区域，对地理位置要求高；
- 2) 微电网一般在某一特定的公共连接点接入配电网侧；
- 3) 微电网聚合分布式能源时，需要改变电网原有的物理架构；
- 4) 微电网可以离网运行也可以并网运行；
- 5) 微电网侧重自治功能。

微电网属于研究初期，未来一片蓝海。美国、欧盟、日本等国家和地区对微电网的研究和建设起步较早，已取得了一些成果。我国对于微电网的研究起步较晚，在关键技术上和欧美仍有差距，目前国内对于微电网的研究还处于逐步推广阶段，随着“双碳”政策和新型电力系统的落地，国内的微电网示范项目逐渐增多，越来越多企业加入到微电网技术的研发中，智能微电网逐渐成为行业新热点。

图表61：虚拟电厂和微电网的不同

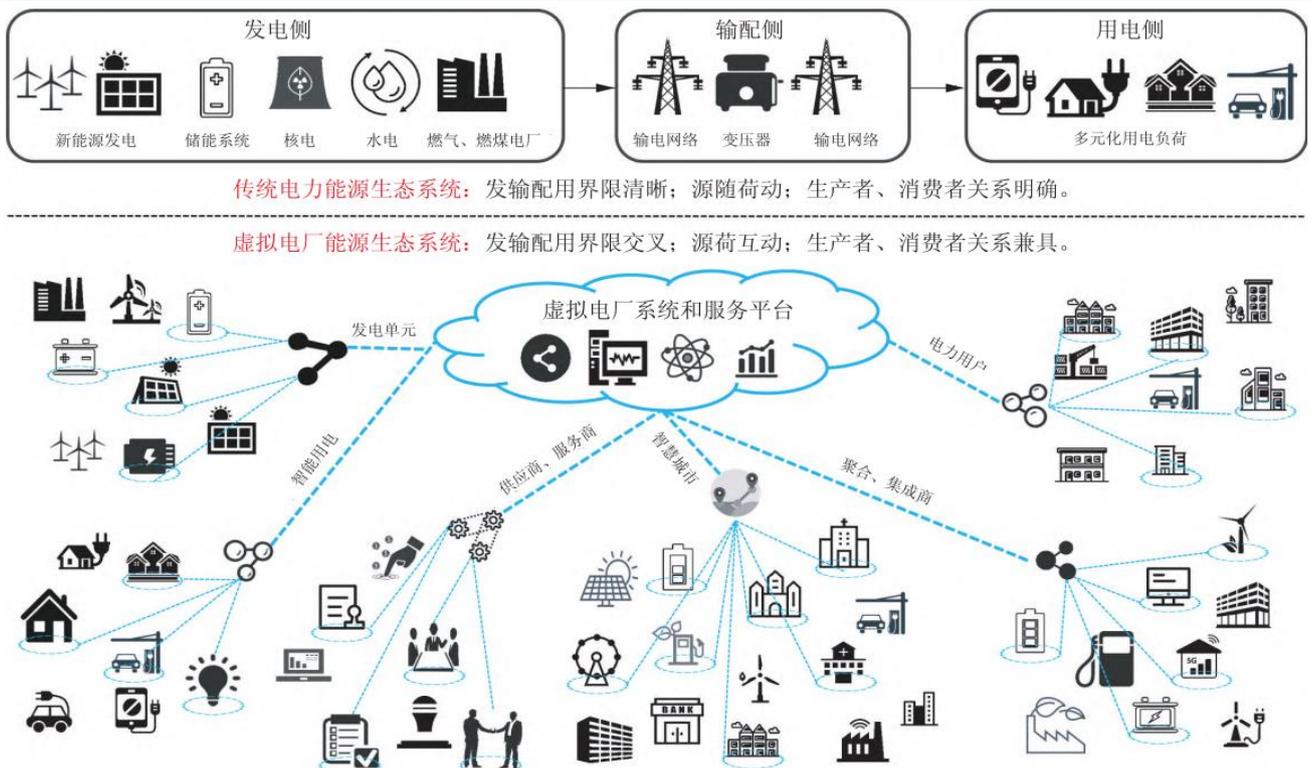


来源：安科瑞、国金证券研究所

相对于传统电力能源生态系统，虚拟电厂的能源生态系统出现了明显变化，发电、输电、配电、用电界限相互交叉，同时兼具生产者与消费者的角色，根据需求可以改变身份特征，其价值主要体现在以下三方面：

- 1) 可缓解分布式发电的负面效应，提高电网运行稳定性。虚拟电厂对大电网来说是一个可视化的自组织，既可通过组合多种分布式资源进行发电，实现电力生产；又可通过调节可控负荷，采用分时电价、可中断电价及用户时段储能等措施，实现节能储备。虚拟电厂的协调控制优化大大减小了以往分布式资源并网对大电网造成的冲击，降低了分布式资源增长带来的调度难度，使配电管理更趋于合理有序，提高了系统运行的稳定性。
- 2) 可高效利用和促进分布式能源发电。我国分布式光伏、分散式风电等分布式能源增长很快，其大规模、高比例接入给电力系统的平衡和电网安全运行带来一系列挑战。如果分布式发电以虚拟电厂的形式参与大电网的运行，通过内部的组合优化，可消除其波动对电网的影响，实现高效利用。同时，虚拟电厂可以使分布式能源从电力市场中获取最大的经济效益，缩短成本回收周期，吸引扩大此类投资，促进分布式能源的发展。
- 3) 可用市场手段促进发电资源的优化配置。虚拟电厂充当分布式资源与电力调度机构、与电力市场之间的中介，代表分布式资源所有者执行市场出清结果，实现能源交易。从其他市场参与者的角度来看，虚拟电厂表现为传统的可调度发电厂。由于拥有多样化的发电资源，虚拟电厂既可以参与主能量市场，也可以参与辅助服务市场，参与多种电力市场的运营模式及其调度框架，对发电资源的广泛优化配置起到积极的促进作用。

图表62：传统电力能源生态系统和虚拟电厂能源生态系统对比

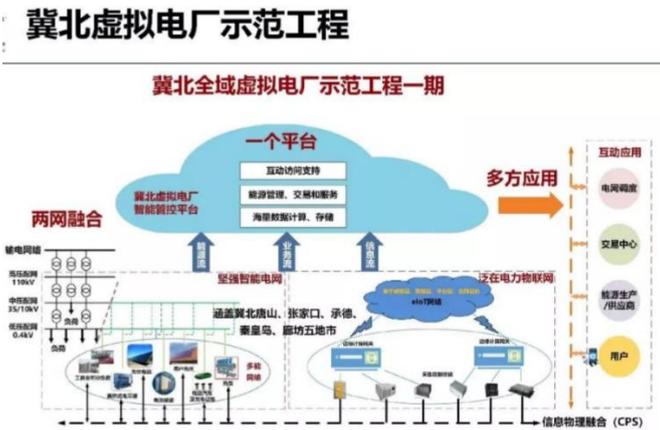


来源：中国知网：《虚拟电厂基础特征内涵与发展现状概述》、国金证券研究所

冀北虚拟电厂作为我国首个以市场化方式运营的虚拟电厂示范工程投运。2019年年底，国网冀北虚拟电厂示范项目投运。公开数据显示，到2020年，冀北电网夏季空调负荷将达6GW，10%空调负荷通过虚拟电厂进行实时响应，相当于少建一座600MW的传统电厂。“煤改电”最大负荷将达2GW，蓄热式电采暖负荷通过虚拟电厂进行实时响应，预计可增发清洁能源720GW·h，减排63.65万吨二氧化碳。今年深圳也建成了虚拟电厂管理平台，这是国内首家虚拟电厂管理中心。标志着深圳虚拟电厂即将迈入快速发展新阶段，也意味着国内虚拟电厂从初步探索阶段向实践阶段迈出重要一步。

图表63：冀北虚拟电厂示范工程

图表64：国内首家虚拟电厂管理中心



来源：国家电网、国金证券研究所

来源：国际电力网、国金证券研究所

预计2025年虚拟电厂投资规模达到800亿元，运营市场规模达到50亿元。现阶段主要的盈利模式为通过需求侧响应赚取辅助服务费用后的分成。据中电联预计，2025年我国全社会用电量将达9.5万亿千瓦时，而最大负荷将达到16亿千瓦，按5%可调节能力、投资成本1000元/千瓦计算，预计到2025年，虚拟电厂投资规模有望达800亿元。参考目前峰值负荷时长水平，我们预计2025峰值负荷将达到50小时，对应2025年电网需求侧响应电量40亿千瓦时。目前我国虚拟电厂处于发展初期，度电补偿较高以刺激时长，参考《广州市虚拟电厂实施细则》0-5元/千瓦时的削峰响应补贴，预计2025年虚拟电厂进入商业化运营后，补偿标准为2.5元/千瓦时。假设分成比例为50%，则预计2025年虚拟电厂运营市场规模将达到50亿元。

图表65：2025年虚拟电厂投资规模达到800亿元

图表66：2025年虚拟电厂运营规模达到50亿元

2025年全社会用电量(亿千瓦时)	9.5
2025年电网最大负荷(亿千瓦)	16
虚拟电厂可调节能力	5%
虚拟电厂投资成本(元/千瓦时)	1000
虚拟电厂投资规模(亿元)	800

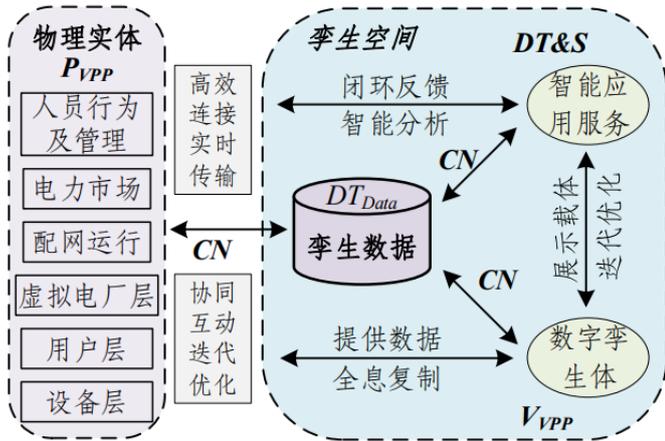
2025电网最大负荷(亿千瓦)	16
虚拟电厂可调节能力	5%
最大负荷时长(小时)	50
响应电量(亿千瓦时)	40
度电补偿(元/千瓦时)	2.5
虚拟电厂分成比例	50%
运营市场规模(亿元)	50

来源：中电联、国金证券研究所

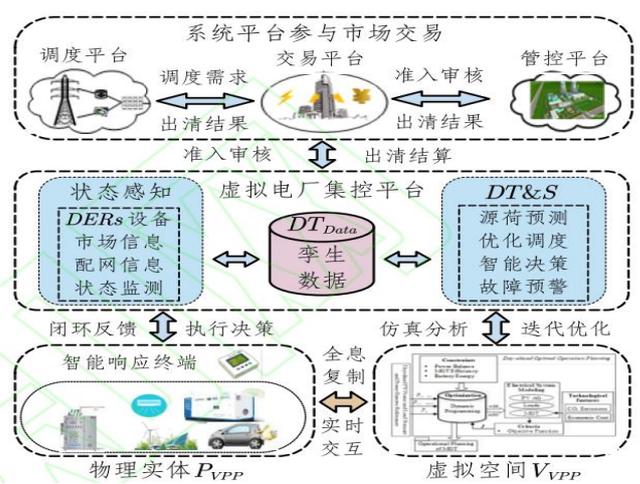
来源：中电联、广州工信部、国金证券研究所

应用数字孪生构建新一代虚拟电厂。通过数字化建模和部署物联网设施将其纳入到数字孪生虚拟电厂体系中，通过智能感知和数据采集补充完善信息中枢数据中台。在优化运行方面，虚拟孪生空间与物理实体通过高效连接和实时传输实现孪生并行与虚实互动。通过智能感知和信息实时采集技术实现“由实入虚”；虚拟电厂物理实体和虚拟空间通过反馈机制实现虚实迭代，并通过智能决策平台的支撑和实时优化运行控制实现“由虚控实”。

图表67: 虚拟电厂数字孪生总体架构



图表68: 数字孪生虚拟电厂优化调度框架



来源:《数字孪生虚拟电厂系统框架设计及其实践展望》、国金证券研究所

“聚合”和“通信”是虚拟电厂的核心，与AI匹配性强。建设虚拟电厂可分为两大关键信息化技术：即协调控制、信息通信技术。其中，协调控制技术要联通源网荷储多个环节的调整，并要做出对于发电量、用电量、电价等多个数据的判断，AI的接入有望极大提升分析效率和准确度。另一方面，主要影响B端用电水平的虚拟电厂对于电网整体稳定性影响较小、数据相比C端更容易授权用于训练，有望率先接入大模型应用。

四、相关公司

我们重点推荐：1) 发输变配用及调度全环节覆盖的电力智能化龙头：国电南瑞；2) 风光发电功率预测龙头：国能日新；同时建议关注：输变电路智能运维和巡检机器人及无人机：泽宇智能、申昊科技、智洋创新、东方电子。

图表69: 相关推荐公司

代码	公司	市值(亿元)	EPS(元)			PE			相关业务
			2022E	2023E	2024E	2022E	2023E	2024E	
600406.SH	国电南瑞	1748	0.99	1.16	1.36	26	22	19	发输变配用全环节
301162.SZ	国能日新	58	0.95	1.37	1.77	93	61	47	风电/发电功率预测
301179.SZ	泽宇智能	72	1.72	1.31	1.7	22	23	18	电网智能运维、巡检机器人
300853.SZ	申昊科技	46	-0.44	1.34	1.92	-50	23	16	电网巡检机器人
688191.SH	智洋创新	22	0.18	-	-	70	-	-	输变电智能运维
000682.SZ	东方电子	120	0.33	0.43	0.56	25	21	16	电网自动化、智能运维

来源: wind、国金证券研究所。以上数据均采用wind一致性预测,截至2023.04.28。

4.1 国电南瑞

国网电力智能化龙头，发输变配用及调度全环节覆盖。利用大数据、云计算、物联网、移动互联网、AI、区块链等技术，为电网、发电、轨道交通、水利水务、市政公用、工矿行业提供软硬件产品，共有四大业务板块：

- 1) 电网自动化及工控：围绕新型电力系统建设，引领能源数字革命。公司是国内电力系统和自动化领域唯一能够提供全产业链产品及服务的供应商。承担的新一代调度技术支持系统目前已在6个省市试运行并在江苏省正式推行；新一代用电系统在6省市上线；新型电力负荷管理系统在11省市应用。2022年国网数字化项目设备招标，调度类软件/数字化软件标段共有22家企业实现中标，标段总金额达到6.78亿元，国电南瑞南京控制系统有限公司以2.49亿元夺得第一。
- 2) 继电保护及柔性输电：国内继电保护技术开拓者，柔性输电设备国际领先。根据国网

电子商务平台历史数据，公司继电保护市场份额约 42%、环流阀市场份额约 40%、直流控制保护系统市场份额约 50%。公司大容量换流阀、直流断路器、控制保护系统等关键设备整体达国际领先水平。

- 3) 电力自动化信息通信：支撑能源互联网转型和电网企业数字化转型。业务涵盖电网生产管理、调度管理、营销、安监基建、网络信息安全、信息通信综合监管、通信设备及系统、信息通信系统集成及运维、实时数据库、大数据及云服务、量子保密通信、能源工业云网等。
- 4) 发电及水利环保：有力支撑新型电力系统建设。提供火电、水电、核电、风电、光伏、抽蓄、分布式能源机组控制保护及并网解决方案。公司研发的 7MW 海上风电变流器已在广东阳江应用；35kV 高压直挂储能系统已在红墟储能电站顺利并网运行。

4.2 国能日新

光伏发电功率和风电发电功率预测市场份额第一。公司在气象、算法、软件开发领域均有大量的核心技术。1) 气象领域：能对多种气象背景场数据进行时间和空间上的降尺度处理，能够在复杂气象条件下对天气情况精确预测。2) 算法领域：公司通过多途径构建算法模型，可以实现模型持续优化、预测精度持续提高。3) 软件开发领域：通过了最高级别的软件能力成熟度模型 CMMI5 认证。

2020 年公司的短期光伏功率预测综合精度为 89.21%，短期风电功率预测综合精度为 84.60%。通过不断技术研发和算法优化，持续从提高气象数据精度、提高算法模型精度等角度提高产品发电功率预测的精度，降低了客户由“双细则”考核带来的损失。

电力交易、智慧储能、虚拟电厂新业务拓展积极。22 年公司电力交易、储能、虚拟电厂业务收入 0.11 亿元，同增 93.0%。1) 电力交易方面，公司相关产品已完成在山西、甘肃、山东和蒙西四个省份的布局。2) 储能 EMS 系统方面，公司持续研究山东、山西等全国近十个省份储能参与电力市场的政策，并基于深度学习算法，结合储能充放电特性，探索储能参与电力市场的交易策略、参与辅助服务市场策略。3) 虚拟电厂方面，公司于 2022 年 6 月设立控股子公司国能日新智慧能源，已通过西北电网聚合商响应能力技术测试，具备了参与西北省间调峰辅助服务市场的技术条件。

图表 70：国能日新主要业务和产品



来源：公司官网、国金证券研究所

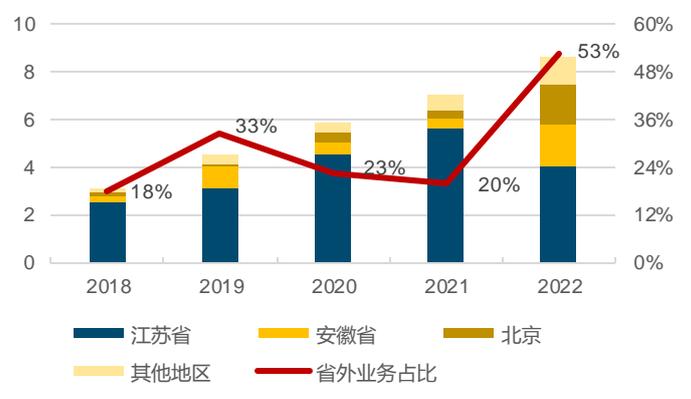
4.3 泽宇智能

江苏省智能电网一站式服务商龙头，2022 年省外业务加速拓展。目前公司已形成电力设计先行、以系统集成成为业务主线、贯穿了工程施工以及后期运维服务的一站式业务布局。江苏省用电需求旺盛且投资规模居于前列，公司将充分受益省内发输变配用环节高需求。在省外方面，公司于 2017 年设立了安徽、北京等多个分公司，目前已覆盖 29 个省份和地区。2022 年公司在安徽省/北京市分别实现营收 1.70/1.67 亿元，同比高增 349%/328%。

开始布局智能机器人领域，新一代巡检机器人预计三季度制成。2023年1月，公司公告称拟成立合资子公司北京泽宇高科智能科技，聚焦智能机器人的研发制造，出资1.6亿元持有子公司62.5%的股份。公司计划推出新一代电力巡检机器人产品，预计三季度制成。可通过AI自主计算，采取避障措施，可自由搭载可见光、红外、局方检测等设备以满足变电站巡检要求。

图表71：业务涵盖电力设计、系统集成和工程施工运维

图表72：2022年江苏省省外业务加速拓展（亿元）



来源：公司公告、国金证券研究所

来源：公司公告、国金证券研究所

4.4 申昊科技

深耕智能电网领域超15年，坚持“AI+工业大健康”战略，“海陆空隧”全面布局。公司深耕工业大健康领域，利用传感器、机器人、人工智能及大数据分析技术，为电力电网、轨道交通、油气化工行业提供解决方案。公司及全资子公司拥有获授专利266项，其中发明专利47项、实用新型专利139项、外观设计专利80项。公司已作为智能电力机器人研发生产的领先企业，作为主要起草单位负责“变电站智能巡检机器人”、“户内挂轨式巡检机”等多项行业标准制定。

公司智能机器人由巡检向操作延伸。2015年推出第一代轮式智能巡检机器人并进入国家电网采购体系；2017年完成第二代轮式智能巡检机器人、挂轨巡检机器人的样机研制；2018年完成第二代挂轨智能巡检机器人的样机研制，并开启第三代轮式智能巡检机器人的立项研发；2021年推出国内首台极寒地区巡检机器人并通过验收，可应用于气温低至-40℃环境，同时开关室操作机器人已有批量订单落地。电网数字化智能化由“感知”向“操作”延伸，公司凭借高技术壁垒建立的先发优势，有望受益于下有需求释放。

图表73：公司产品包括智能机器人和智能监测检测及控制设备



来源：公司公告、国金证券研究所

4.5 智洋创新

输变电智能运维领军企业，聚焦行业数字化转型。公司业务主要集中在输电、变电、配变的智能运维管理领域，以AI为基础并融合行业知识，贯通了从模型训练、硬件适配、推理部署到场景应用的全流程，研发一站式AI开发平台，将算力、算法、算据和应用场景等四要素融为一体。

坚持研发创新，客户认可度高，为华为昇腾合作伙伴。2022H1研发费用投入为3660万元，占营收比例为11.7%，在原有智能可视化巡检产品和全景平台的基础上，公司以“物联网+无人机+人工智能+数字孪生”作为技术和产品方向，积极研发无人机全自动巡检、水利数字孪生全域管理平台等产品。2021年7月，作为华为昇腾生态体系战略合作伙伴，公司受邀参加了2021世界人工智能大会（WAIC）昇腾人工智能高峰论坛。2022年6月，智洋创新与华为签署合作协议，正式加入昇腾万里合作伙伴计划。

图74：公司主要面向电力、水利、轨交领域提供AI产品与解决方案



来源：公司官网、国金证券研究所

4.6 东方电子

电网自动化全产业链布局龙头，从硬件供应商向软件供应商转变，AI加持智能化发展。公司已在电力行业源网荷储等环节形成了完整的产业链，在电网投资力度加大的背景下有望实现稳健增长。

- 1) 调度：公司为国网南网调度领域主供应商之一，公司弹性调度平台基于“云原生”先进设计理念。2021年12月，公司在南网调度自动化主站系统招标中，中标5210万元。
- 2) 配用电：公司一二次融合产品种类齐全，在反应速度、诊断准确率，智能化水平方面优势明显，重点推进以智慧台区为核心的新型智能化终端。
- 3) 变电：AI赋能智能巡检业务。公司研发出以智能巡检机器人为核心的智能巡检系统解决方案。近期，东方电子携手昇腾AI推动变电站无人值守规模化应用，完成与Atlas 500 Pro智能边缘服务器的推理兼容性测试，模型推理效率提升了1倍。
- 4) 虚拟电厂：公司提前多年布局，拥有自主知识产权的核心技术。广州明珠工业园项目作为公司园区级虚拟电厂典型案例；城市级虚拟电厂典型案例--广州市虚拟电厂管理平台，也已在国内第一批正式开放注册
- 5) 电表：新一代电表聚焦于以能源网关为核心的智能终端。通过“操作系统+APP+可扩展模组”的形式，新一代的智能电表高度契合能源互联网的建设思路，可与其他专业设备协同配合，支撑居民家庭智慧用能、电动汽车及分布式能源服务、社区多能服务等，软件服务价值量持续提升。

图75：公司携手昇腾 AI 推动无人变电站规模化应用



来源：公司公告、国金证券研究所

五、风险提示

- AI 应用落地不及预期：如果公司自身研发能力较弱，或无法与大模型厂商有效合作、不能谈成合适的商业模式，则 AI 应用落地将不及预期。
- 电网智能化投资不及预期：两网每年实际投资额存在波动，其中智能化投资也会根据执行侧反馈进行调整，若电网智能化投资不及预期，则将影响相关公司的业务拓展。
- 行业竞争加剧：新能源发电功率预测，和输变电线路运维巡检市场格局较为分散，若行业竞争愈加激烈，则将威胁到行业内公司市场份额与业绩增长。
- 政策推进不及预期：电力行业本身涉及到民生用电与数据安全性问题，部分信息不便于大规模公开训练，需要相关政策扶持推进，若政策制订与执行不及预期，则会直接影响相应业务与 AI 结合的进度。

投资评级的说明：

买入：预期未来 3—6 个月内该行业上涨幅度超过大盘在 15%以上；

增持：预期未来 3—6 个月内该行业上涨幅度超过大盘在 5%—15%；

中性：预期未来 3—6 个月内该行业变动幅度相对大盘在 -5%—5%；

减持：预期未来 3—6 个月内该行业下跌幅度超过大盘在 5%以上。

特别声明：

国金证券股份有限公司经中国证券监督管理委员会批准，已具备证券投资咨询业务资格。

形式的复制、转发、转载、引用、修改、仿制、刊发，或以任何侵犯本公司版权的其他方式使用。经过书面授权的引用、刊发，需注明出处为“国金证券股份有限公司”，且不得对本报告进行任何有悖原意的删节和修改。

本报告的产生基于国金证券及其研究人员认为可信的公开资料或实地调研资料，但国金证券及其研究人员对这些信息的准确性和完整性不作任何保证。本报告反映撰写研究人员的不同设想、见解及分析方法，故本报告所载观点可能与其他类似研究报告的观点及市场实际情况不一致，国金证券不对使用本报告所包含的材料产生的任何直接或间接损失或与此有关的其他任何损失承担任何责任。且本报告中的资料、意见、预测均反映报告初次公开发布时的判断，在不作事先通知的情况下，可能会随时调整，亦可因使用不同假设和标准、采用不同观点和分析方法而与国金证券其它业务部门、单位或附属机构在制作类似的其他材料时所给出的意见不同或者相反。

本报告仅为参考之用，在任何地区均不应被视为买卖任何证券、金融工具的要约或要约邀请。本报告提及的任何证券或金融工具均可能含有重大的风险，可能不易变卖以及不适合所有投资者。本报告所提及的证券或金融工具的价格、价值及收益可能会受汇率影响而波动。过往的业绩并不能代表未来的表现。

客户应当考虑到国金证券存在可能影响本报告客观性的利益冲突，而不应视本报告为作出投资决策的唯一因素。证券研究报告是用于服务具备专业知识的投资者和投资顾问的专业产品，使用时必须经专业人士进行解读。国金证券建议获取报告人员应考虑本报告的任何意见或建议是否符合其特定状况，以及（若有必要）咨询独立投资顾问。报告本身、报告中的信息或所表达意见也不构成投资、法律、会计或税务的最终操作建议，国金证券不就报告中的内容对最终操作建议做出任何担保，在任何时候均不构成对任何人的个人推荐。

在法律允许的情况下，国金证券的关联机构可能会持有报告中涉及的公司所发行的证券并进行交易，并可能为这些公司正在提供或争取提供多种金融服务。

本报告并非意图发送、发布给在当地法律或监管规则下不允许向其发送、发布该研究报告的人员。国金证券并不因收件人收到本报告而视其为国金证券的客户。本报告对于收件人而言属高度机密，只有符合条件的收件人才能使用。根据《证券期货投资者适当性管理办法》，本报告仅供国金证券股份有限公司客户中风险评级高于 C3 级（含 C3 级）的投资者使用；本报告所包含的观点及建议并未考虑个别客户的特殊状况、目标或需要，不应被视为对特定客户关于特定证券或金融工具的建议或策略。对于本报告中提及的任何证券或金融工具，本报告的收件人须保持自身的独立判断。使用国金证券研究报告进行投资，遭受任何损失，国金证券不承担相关法律责任。

若国金证券以外的任何机构或个人发送本报告，则由该机构或个人为此发送行为承担全部责任。本报告不构成国金证券向发送本报告机构或个人的收件人提供投资建议，国金证券不为此承担任何责任。

此报告仅限于中国境内使用。国金证券版权所有，保留一切权利。

上海	北京	深圳
电话：021-60753903	电话：010-85950438	电话：0755-83831378
传真：021-61038200	邮箱：researchbj@gjzq.com.cn	传真：0755-83830558
邮箱：researchsh@gjzq.com.cn	邮编：100005	邮箱：researchsz@gjzq.com.cn
邮编：201204	地址：北京市东城区建内大街 26 号	邮编：518000
地址：上海浦东新区芳甸路 1088 号	新闻大厦 8 层南侧	地址：中国深圳市福田区中心四路 1-1 号
紫竹国际大厦 7 楼		嘉里建设广场 T3-2402