

新能源电力与智能电网探究

王 增

鄂尔多斯市晶澳太阳能科技有限公司 内蒙古 鄂尔多斯 017200

摘 要：随着全球能源转型加速推进，新能源电力与智能电网的融合发展成为关键议题。新能源电力，如太阳能、风能等，以其清洁、可持续特性成为能源结构优化的重要方向。然而，其间歇性与波动性给电网运行带来挑战。智能电网凭借先进的信息通信技术、自动化控制技术，实现新能源电力的高效接入、灵活调度与智能管理，有效提升能源利用效率与电网稳定性，为能源可持续发展提供有力支撑，推动能源领域迈向智能化新时代。

关键词：新能源电力；智能电网；协同优化策略

引言：在全球积极应对气候变化、寻求可持续发展路径的大背景下，能源领域正经历深刻变革。传统化石能源面临资源枯竭与环境污染双重困境，新能源电力凭借清洁、可再生等优势，成为能源转型的核心力量。但新能源发电的随机性、波动性，给电力系统的稳定运行带来巨大挑战。在此形势下，智能电网应运而生，其强大的感知、分析与调控能力，能有效整合新能源电力，保障电网安全可靠运行，二者融合发展意义重大。

1 新能源电力发展现状与挑战

1.1 新能源电力技术体系

（1）光伏发电：效率提升持续突破，主流光伏组件转换效率稳步攀升，钙钛矿技术成为核心发展趋势。该技术具备制备成本低、柔性可定制等优势，单结电池效率已接近传统晶硅电池，叠层技术更有望实现效率跃升，正逐步从实验室走向产业化应用。（2）风力发电：海上风电成为增长主力，依托广阔海域资源实现大规模开发，装机规模持续扩大。漂浮式平台技术突破传统固定桩基限制，可适配深远海海域，有效拓展风电开发边界，目前已进入示范应用阶段，技术成熟度逐步提升。（3）储能技术：电化学储能凭借响应速度快、调节灵活的优势，成为当前主流应用技术；氢能储能则具备储能密度高、跨季节调峰能力强的特点，但存在制备成本高、储运难度大等问题，二者形成互补格局，适配不同应用场景需求。

1.2 新能源并网的关键问题

（1）波动性与不确定性对电网的影响：风电、光伏出力受气象条件影响显著，存在小时级、日级大幅波动，导致电网电压偏差、频率偏移风险增加。高渗透率下易引发电力平衡难题，极端天气更会放大供电安全风险。（2）功率预测误差与调度风险：当前新能源功率预测精度有限，短期预测误差易超出10%，导致调度计划制

定难度加大。传统电网调控响应速度难以匹配新能源快速波动，易引发线路过载、弃风弃光等问题，影响电网稳定运行。（3）电力市场交易机制障碍：现有交易机制难以充分体现新能源环境价值，峰谷电价差不足难以覆盖储能成本。跨省跨区交易流程繁琐、周期长，绿电与碳市场联动不足，导致新能源价值变现受阻，市场竞争力受限^[1]。

2 智能电网架构与核心技术

2.1 智能电网物理-信息-价值三重架构

（1）物理层：以柔性输电与分布式能源接入为核心支撑。柔性输电依托SVG、STATCOM等电力电子设备，实现电压幅值、相位的精准调控，有效平抑新能源并网带来的功率波动；分布式光伏、分散式风电等能源单元通过标准化接口规范接入，构建“源网荷储”一体化的物理节点网络，打破传统集中式供电格局，提升电网供电韧性与抗扰动能力。（2）信息层：构建“5G+工业互联网+数字孪生”的全域感知体系。5G的低时延、高带宽特性保障电网海量终端数据实时传输，工业互联网实现设备间协同联动；数字孪生技术通过构建电网全要素虚拟映射体，精准复刻运行状态，结合实时数据驱动仿真分析，为故障预判、运维优化、调度决策提供可视化、可追溯的技术支撑。（3）价值层：聚焦电力市场交易与需求响应机制的协同赋能。通过市场化交易机制盘活分布式能源价值，推动绿电、碳资产等要素高效流转；需求响应机制借助价格信号引导用户错峰用电，将工业负荷、商业楼宇等可调节资源转化为电网柔性调节力量，实现能源供需动态平衡与价值最大化。

2.2 关键支撑技术

（1）先进量测体系（AMI）与边缘计算：AMI通过智能电表、传感终端实现电网全场景数据采集，精准捕捉电压、电流、负荷等关键参数；边缘计算将数据处理

能力下沉至终端侧,降低云端传输压力,实现毫秒级响应,保障实时调控指令高效执行,为电网精准调度提供数据底座。(2)人工智能在电网调度中的应用:以强化学习优化为核心的AI技术深度融入调度流程,通过学习海量历史数据与实时运行数据,精准预测新能源出力与负荷变化趋势,动态优化机组组合与输电计划。同时具备自适应调节能力,可快速应对极端天气等突发状况,提升电网调度的智能化与精细化水平^[2]。(3)区块链技术赋能分布式能源交易:利用区块链去中心化、不可篡改特性,构建分布式能源点对点交易平台,简化交易流程、降低中间成本。实现交易信息全程可追溯,保障小微主体交易权益;通过智能合约自动完成交易结算,推动分布式光伏、储能等资源参与市场化交易,提升能源配置效率。

2.3 智能电网与新能源的耦合机制

(1)源网荷储动态平衡模型:整合新能源电源、电网传输、用户负荷与储能系统,构建多主体协同的动态平衡体系。通过智能电网的全域感知与实时调控能力,精准匹配新能源出力波动,动态调节储能充放电状态与用户负荷响应强度,保障电网频率、电压稳定,提升新能源消纳效率。(2)虚拟电厂(VPP)运营模式:聚合分布式光伏、储能、可控负荷等分散资源,通过智能电网信息平台实现统一管控与协同调度,形成虚拟电源单元。VPP可参与电力市场交易与电网辅助服务,根据电网需求灵活调整出力,既解决了分布式能源分散性、波动性问题,又提升了新能源资源的规模化利用价值。

3 新能源电力与智能电网协同优化策略

3.1 技术协同路径

(1)新能源功率预测与电网调度协同:构建“多源数据融合+精准算法建模”的功率预测体系,整合气象卫星数据、地面监测数据与电网运行数据,采用深度学习、机器学习等算法提升短期及超短期预测精度,将预测误差控制在更低区间。建立预测结果与电网调度的动态联动机制,调度系统根据实时预测出力调整机组组合方案,结合柔性输电技术与储能调节能力,提前预留备用容量,实现新能源出力波动与电网调控能力的精准匹配,降低调度风险,提升新能源消纳效率。同时,依托智能电网的全域感知能力,动态修正预测模型参数,形成“预测-调度-反馈-优化”的闭环协同模式^[3]。(2)储能系统参与辅助服务市场机制:推动储能系统深度融入电网辅助服务体系,明确储能调频、调峰、备用等场景的服务定位与技术标准。借助智能电网的信息交互平台,实现储能系统与电网调度中心的实时通信,根据电

网频率、电压变化动态响应调节需求,提供毫秒级至小时级的灵活调节服务。建立储能辅助服务定价机制,基于调节性能、响应速度等指标制定差异化补偿标准,通过市场化方式盘活储能资产价值。同时,构建储能聚合运营模式,整合分布式储能资源参与辅助服务市场,提升储能系统的规模化调节能力,强化新能源并网与电网运行的协同稳定性。

3.2 经济激励机制设计

(1)绿证交易与碳市场联动机制:完善绿证核发与交易体系,明确绿证与新能源发电量的对应关系,提升绿证的公信力与市场流动性。建立绿证交易与碳市场的联动桥梁,将绿证对应的环境效益转化为碳减排当量,允许新能源企业通过绿证交易抵扣碳配额,或实现绿证与碳资产的跨市场流转。依托智能电网的数据溯源能力,精准记录新能源发电全流程信息,为绿证与碳资产的核查、交割提供数据支撑。通过联动机制拓宽新能源环境价值变现渠道,降低新能源发电企业成本压力,提升新能源项目的市场竞争力,引导社会资本加大新能源投资力度。(2)分时电价与需求响应补贴政策:优化分时电价机制,扩大峰谷电价差,精准划分峰、平、谷时段,将新能源出力高峰与电价低谷合理匹配,引导用户错峰用电,降低新能源并网压力。建立差异化的需求响应补贴政策,根据用户负荷调节能力、响应速度等指标制定梯度补贴标准,鼓励工业、商业等大用户参与需求响应。借助智能电网的先进量测体系(AMI),精准计量用户响应电量与调节效果,实现补贴资金的精准发放。同时,搭建需求响应交易平台,推动用户负荷资源与新能源发电、电网调度的市场化对接,通过经济激励引导用户从“被动用电”向“主动响应”转变,提升能源供需协同效率^[4]。

3.3 政策保障体系

(1)新能源配额制(RPS)的优化:完善新能源配额制的指标设置,结合区域能源禀赋、电网接纳能力等因素制定差异化的配额目标,避免“一刀切”。将配额考核与新能源消纳率、绿电消费比例等指标挂钩,强化对电网企业、电力用户的考核约束,明确未完成配额的惩罚机制与完成配额的激励政策。依托智能电网的大数据分析能力,建立配额执行情况的动态监测与核查体系,精准追踪新能源电力的生产、输送、消费全流程,确保配额数据真实可追溯。通过配额制的优化引导电力市场主体主动参与新能源消纳,倒逼能源结构优化升级。(2)跨区域电力输送补偿机制:建立科学合理的跨区域新能源电力输送补偿机制,明确输电成本分摊标

准,对新能源基地外送通道的建设与运营成本进行合理疏导。设立跨区域新能源消纳补偿资金,对接纳跨区域新能源电力较多的省份给予经济补偿,平衡能源产地与消纳地的利益关系。借助智能电网的跨区域调度协调能力,优化新能源外送通道的运行调度,提升通道利用效率。同时,简化跨区域电力交易流程,推动新能源电力跨省跨区交易的市场化运作,打破区域能源壁垒,促进新能源电力在全国范围内的优化配置,保障新能源大规模开发与高效利用。

4 新能源电力与智能电网发展的挑战与未来展望

4.1 技术瓶颈

(1)长周期储能技术突破需求:当前主流电化学储能以短期调峰为主,难以满足跨季节、跨区域的长周期储能需求。面对新能源冬季出力不足、夏季出力过剩的季节性波动,现有储能技术存在能量密度低、循环寿命短、成本偏高的短板,无法支撑高比例新能源电力系统的长期稳定运行,长时储能技术研发与产业化迫在眉睫。(2)高比例新能源下的宽频振荡问题:随着新能源发电渗透率持续提升,大量电力电子设备接入电网,改变了传统电网的惯性特征与阻尼特性。易引发次同步、超同步等宽频振荡问题,导致电网电压、频率失稳,严重时可能损坏电力设备、引发大面积停电,制约新能源的进一步规模化并网。

4.2 体制机制障碍

(1)电力市场分割与统一大市场建设:当前我国电力市场存在区域分割现象,跨省跨区交易壁垒未完全打破,新能源电力跨省流动效率偏低。统一电力市场建设滞后,价格形成机制不健全,难以实现新能源电力在全国范围内的优化配置,制约了新能源产业的规模化发展。(2)数据安全与隐私保护挑战:智能电网运行依赖海量用户用电数据、电网运行数据及新能源发电数据的采集与交互,数据维度广、敏感性强。现有数据安全防护体系尚不完善,面临数据泄露、篡改及网络攻击的风险,同时用户隐私保护与数据共享利用之间的平衡机制尚未健全,影响智能电网的智能化升级进程^[5]。

4.3 未来发展方向

(1)新型电力系统与氢能耦合路径:探索氢能在新电力系统中的多元应用,推动新能源发电制氢储能,实现长周期能量存储与跨能源网络协同。(2)人工智能驱动的自主电网(AutoGrid):依托人工智能、大数据等技术,构建具备自主感知、自主决策、自主调控能力的自主电网。通过强化学习、深度学习算法优化电网调度与运行控制,实现新能源出力预测、故障自愈及资源优化配置的全流程自主化,提升电网对高比例新能源的接纳与调控能力。(3)全球能源互联网(GEI)构想实践:推动跨国跨洲能源互联网建设,依托特高压输电技术与智能电网技术,实现全球新能源资源的优化配置。加强国际能源合作,构建以新能源为主体的全球能源供需体系,破解区域能源资源分布不均问题,推动全球能源绿色低碳转型。

结束语

新能源电力与智能电网的深度融合是能源领域发展的必然趋势。新能源电力为能源转型注入绿色动力,智能电网则为其提供稳定运行的坚实保障。二者的协同共进,不仅能提升能源利用效率、减少碳排放,还将推动能源系统向智能化、高效化、可持续化迈进。未来,我们需持续加大技术研发与创新投入,完善政策标准体系,以更好地应对挑战,让新能源电力与智能电网在构建清洁低碳、安全高效的能源体系中发挥更大作用。

参考文献

- [1]吴泉清.智能电网下新能源与常规能源协调发展策略研究[J].光源与照明,2024,(04):189-191.
- [2]索志刚.智能电网与电力新能源融合发展现状与路径[J].电子元器件与信息技术,2025,9(01):144-147.
- [3]郑宇.向智能化迈进—智能电网建设中的技术和设备探析[J].产业科技创新,2023,5(06):81-83.
- [4]施卫华.新能源电力发展的若干问题探讨[J].绿色科技,2025,27(04):213-218.
- [5]叶飞.智能电网框架下新能源发电调度与优化配置技术研究[J].张江科技评论,2024,(07):102-104.