

新能源接入对输配电系统的影响及应对策略研究

孙海峰¹, 陈涛², 梁培¹

(1. 陕西北原建设工程有限公司, 陕西 西安 710000;

2. 陕西铭方智慧电力有限公司, 陕西 西安 710000)

摘要 新能源发电出力具有间歇性、波动性与随机性的特征, 其规模化并网打破了传统输配电系统的运行格局, 给输配电系统的安全高效运行带来多维度挑战。本文围绕新能源接入对输配电系统的核心影响展开分析, 结合当前输配电系统运行实际与新能源发展趋势, 重点从潮流调度、电压调控、稳定支撑、谐波治理、消纳保障五个维度提出适配新能源发展的系统性应对策略, 以期为推动输配电系统转型升级、保障高比例新能源场景下电网安全高效运行提供理论参考。

关键词 新能源; 输配电系统; 潮流分布; 电压调控; 能源消纳

中图分类号: TM7

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2026.15.024

0 引言

“双碳”目标的落地实施, 推动我国能源结构进入深度转型阶段, 风电、光伏等新能源已成为电力供应体系中的重要组成部分。新能源装机规模的持续扩大, 使得其接入输配电系统的比例不断提升, 电网运行的底层逻辑发生深刻转变。传统输配电系统以单向潮流、集中式供电为核心特征, 规划设计与运行管理均围绕传统同步发电机组展开, 难以完全适配新能源发电的出力特性与并网需求。新能源规模化接入后, 输配电系统的运行边界持续拓展, 源网荷储多环节的互动关系更加复杂, 电网运行面临的不确定性显著提升。输配电系统作为电力传输与分配的核心载体, 其安全稳定运行直接关系到电力供应的可靠性与能源转型的推进成效。如何化解新能源接入带来的各类运行挑战, 构建适配高比例新能源发展的输配电系统运行体系, 已成为当前电力行业发展过程中需要解决的核心问题。

1 新能源接入对输配电系统的主要影响

1.1 改变系统潮流分布, 增加调度管控难度

传统输配电系统潮流呈现单向流动特征, 电能从集中式电源侧经输电网向配电网逐级传递, 潮流分布可通过负荷预测精准预判, 调度计划具备稳定的执行基础。新能源以集中式与分布式两种形式接入后, 分布式电源直接接入配电网末端, 使电能可从负荷侧反

向注入电网, 系统潮流转为双向流动, 分布路径与传输规模发生根本性改变。新能源出力受自然环境因素影响显著, 无法按照传统电源模式实现精准调控, 使系统潮流变化规律与负荷预测结果出现偏差, 传统调度模式难以适配潮流的动态变化, 调度计划执行偏差持续扩大, 电网调度管控难度显著提升。

1.2 影响节点电压水平, 降低供电质量标准

输配电系统节点电压水平与线路传输的有功功率、无功功率密切相关。在传统运行模式下, 电源出力与负荷需求变化相对平稳, 节点电压可通过固定调压装置维持在合理区间, 供电质量具备稳定保障^[1]。新能源接入后, 有功出力的随机波动会引发线路功率传输的持续变化, 进而导致各节点电压出现同步波动, 打破原有电压水平的稳定状态。新能源场站通过电力电子设备并网, 无功调节能力与传统同步发电机组存在显著差异, 无法为系统提供持续稳定的无功支撑, 节点电压易出现大幅偏移, 供电电压偏差持续超出规范要求, 供电质量稳定水平显著降低。

1.3 加剧系统运行波动, 削弱整体稳定性

传统输配电系统依托同步发电机组的运行特性, 为系统提供充足的惯量支撑与阻尼特性, 能够有效平抑负荷波动带来的频率与功率变化, 保障系统运行稳定。新能源发电机组通过电力电子变流器实现并网, 与系统之间实现电气隔离, 无法像同步发电机组一样

作者简介: 孙海峰 (1981-), 男, 本科, 工程师, 研究方向: 输配电及用电工程。

为系统提供转动惯量支撑，高比例新能源接入会直接导致系统整体惯量水平下降。系统惯量降低使其抵御功率波动的能力大幅减弱，新能源出力波动会引发系统频率快速偏移，功率平衡的实时匹配难度大幅提升，系统运行波动幅度与频次显著增加，原有稳定控制策略适配性下降，整体运行稳定性被持续削弱。

1.4 产生电力谐波污染，干扰设备正常运行

风电、光伏等新能源发电设备，必须通过电力电子变流器实现电能的变换与并网，电力电子器件的开关动作，会在并网过程中产生大量谐波电流，这些谐波电流会随着新能源出力的变化注入输配电系统，引发电网谐波污染问题。新能源规模化接入后，谐波源从用户侧延伸至电源侧，集中式新能源场站向输电网注入大量谐波，分布式新能源在配电网全环节形成分散式谐波源，谐波分布范围更广，治理难度显著提升。谐波电流会增加线路与变压器的附加损耗，加速设备绝缘老化，还会引发电网电压波形畸变，干扰继电保护与自动装置的正常工作，给电网安全运行埋下隐患^[2]。

1.5 加大能源消纳压力，制约高效利用效率

新能源发电出力具有显著的反调峰特性，光伏出力集中在白天负荷平稳时段，夜间负荷高峰时段无出力，风电出力多呈现夜间大白天小的特征，与用电负荷峰谷变化规律呈现反向匹配状态，新能源出力与负荷需求之间出现显著的时间错配。传统输电通道的传输容量与布局，难以完全适配新能源规模化外送的需求，部分新能源富集区域外送通道容量不足，无法将富余电力输送至负荷中心，出现显著的空间错配问题。系统调峰资源规模有限，当新能源出力超出系统调峰能力时，只能通过限制新能源出力保障系统运行安全，进而出现弃风弃光情况，制约了新能源的高效利用。

2 新能源接入下输配电系统的应对策略

2.1 优化潮流调度模式，提升系统管控能力

新能源接入带来的潮流分布变化，需要调度模式从传统的固定计划模式向动态适配模式转型，贴合电网运行的实时状态调整管控逻辑。首先，构建源网荷储全维度协同的调度框架，整合电源侧可调机组、电网侧传输资源、负荷侧可调节负荷与储能侧充放电资源，实现多类型资源的统筹调配与联动响应，快速平抑新能源出力波动引发的潮流失衡问题，打破传统调度模式的资源壁垒^[3]。其次，建立分时分区的精细化调度机制，结合不同区域新能源出力特性、负荷分布特征与线路传输能力，划分差异化的调度管控单元，针对各单元的潮流变化特征制定专属调度策略，实现潮流

的分区分平衡与精准管控，有效缓解局部线路的潮流传输压力，规避线路重载过载风险。最后，搭建多时间尺度联动的动态调度体系，衔接年度月度的中长期调度计划、日/日前调度计划与小时/分钟级的实时调度，基于新能源出力的实时监测数据动态调整调度方案，持续缩小调度计划与实际运行状态的偏差，全面提升输配电系统的潮流管控能力。在调度体系升级的过程中，需同步搭建基于人工智能的潮流智能决策平台，依托大数据技术整合新能源场站、电网设备、负荷终端的全量运行数据，通过深度学习算法精准预判新能源出力与负荷需求的变化趋势，提前生成最优调度预案。

2.2 完善电压调控机制，保障供电质量稳定

新能源接入引发的节点电压波动问题，需要构建全流程覆盖的电压调控机制，适配输配电系统全环节的电压管控需求，维持电压水平的平稳运行。首先，构建分层分区的协同电压调控体系，明确输电网与配电网不同层级的电压调控职责，划定各层级的调压范围与管控目标，建立上下级电网的调压联动机制，实现输配电网各节点电压的协同管控，化解不同区域电压调控的衔接不畅问题，形成全电网覆盖的电压管控闭环。其次，优化无功功率的动态调配路径，统筹新能源场站的无功调节能力、电网侧固定与动态无功补偿装置的调节潜力，基于节点电压的实时变化情况，动态调整各无功源的出力规模，实现无功功率的就地平衡与灵活流转，为各节点电压的稳定提供持续充足的无功支撑，规避电压大幅偏移的风险^[4]。最后，健全电压异常的分级响应流程，基于电压偏移的幅度与持续时长，划分不同的响应等级，针对各等级制定对应的调压处置方案，实现电压异常的快速识别与精准处置，将电压偏差持续控制在规范允许的区间内，全程保障供电质量的稳定达标。针对分布式新能源高比例接入配电网带来的电压双向波动难题，需在配电网台区层面搭建网格化电压监测网络，实现低压节点电压数据的实时采集与全域感知，精准捕捉分布式电源出力波动引发的局部电压异常。同时，推动调压装置智能化升级，赋予无功补偿设备、有载调压变压器自主调压与协同联动能力，实现低压配电网电压就地快速调节，填补传统调压体系的低压侧管控盲区。

2.3 强化调频调压配置，增强系统稳定性

高比例新能源接入引发的系统惯量下降与稳定性削弱问题，需要从资源配置层面入手，补齐系统调频调压与惯量支撑的能力短板，强化系统运行的抗扰能力。首先，优化系统调频资源的布局结构，在新能源高占比区域合理配置规模化的快速调频资源，结

合区域新能源出力的波动特征，匹配对应的调频响应速度与调节容量，补充系统频率调节的能力缺口，快速平抑新能源出力波动引发的系统频率偏移，维持系统频率的稳定运行。其次，完善全电网调压资源的协同配置模式，在输电网关键枢纽节点配置大容量动态调压装置，在配电网分布式新能源集中接入区域配置分布式调压设备，实现不同类型、不同区域调压资源的联动配合，快速响应节点电压的波动变化，化解电压扰动带来的运行风险，提升系统电压稳定水平^[5]。最后，构建全网协同的惯量支撑补充体系，在新能源场站配置具备虚拟惯量响应能力的并网设备，在电网关键节点配置构网型储能装置，模拟同步发电机组的惯量响应特性，弥补新能源接入带来的系统惯量缺口，提升系统抵御功率突变与故障冲击的能力，全面强化系统整体的运行稳定性能。

2.4 加装谐波治理设备，减少电力污染干扰

新能源并网带来的谐波污染问题，需要从源头、传输、末端全环节配置谐波治理设备，实现谐波的全流程管控，降低谐波污染对电网与设备的不良影响。首先，在新能源场站并网节点配置集中式有源滤波装置，结合新能源发电设备的谐波输出特性，针对性设置滤波参数，实时跟踪并抵消新能源并网产生的谐波电流，从源头减少谐波注入输配电系统的规模，实现谐波污染的源头管控。其次，在输配电线路的关键枢纽节点与变压器低压侧，配置匹配线路谐波特征的无源滤波支路，针对电网运行过程中占比最高的谐波频次，设置对应的滤波通道，滤除线路中流转的谐波分量，降低谐波电流对输电线路、变压器等核心设备的附加损耗，延缓设备绝缘老化，延长设备使用寿命。最后，在配电网负荷集中区域与分布式新能源高密接入区域，配置谐波监测与治理一体化装置，实现区域内谐波含量的实时跟踪与动态治理，阻断谐波污染向用户侧的扩散路径，避免谐波对用户侧精密用电设备的干扰，保障各类用电设备的正常稳定运行。在此基础上，同步搭建覆盖源网荷全环节的谐波在线监测网络，实现各节点谐波含量、频次与流向的实时采集与溯源分析，精准定位谐波污染的核心源头与扩散路径。同时，针对不同类型新能源设备的谐波输出特性，制定差异化治理方案，结合电网工况动态优化滤波设备运行参数，实现治理效果的动态优化，进一步提升全系统谐波管控的精准度。

2.5 构建消纳保障体系，提升能源利用效率

新能源规模化接入带来的消纳压力，需要打通源网荷储各环节的壁垒，构建全链条的消纳保障体系，

化解新能源出力与负荷需求的时空错配问题，全面提升新能源利用效率。首先，完善跨区域输电通道的建设布局，结合我国新能源资源分布与负荷中心的空间分布特征，优化特高压与区域联络线的建设规划，提升新能源电力的跨区域跨省份流转能力，化解新能源富集区域与负荷中心的空间错配问题，大幅拓展新能源消纳的空间范围，缓解本地电网的消纳压力。其次，推动可调节负荷资源的规模化市场化应用，完善需求侧响应的市场化激励机制，引导工业可调负荷、商业楼宇负荷、居民可调节负荷等各类资源，适配新能源出力曲线调整用电行为，在新能源大发时段增加用电负荷，在新能源出力低谷时段减少用电需求，提升新能源电力的就地就近消纳能力，有效缓解系统的调峰压力。最后，优化储能资源的全网配置与运行模式，结合新能源出力特性与区域消纳需求，在新能源场站侧、电网关键节点、负荷侧配置差异化类型与规模的储能设备，依托储能设备的充放电调节能力，平抑新能源出力的短期波动，存储新能源大发时段的富余电力，在负荷高峰时段释放，化解新能源出力与负荷需求的时间错配问题，大幅减少新能源弃电情况，全面提升能源整体利用效率。

3 结束语

高比例新能源接入是我国输配电系统发展的必然趋势，其给电网安全高效运行带来的影响贯穿于规划、运行、管理的全环节。本文梳理的多维度影响与应对策略，能够为输配电系统适配新能源发展提供可参考的实施路径。随着新能源装机规模的持续扩大，输配电系统仍需持续推进技术创新与模式优化，不断提升对新能源的适配能力，助力能源结构转型的稳步推进与“双碳”目标的顺利实现。

参考文献：

- [1] 罗卿,张伟. 新能源接入下的输配电系统适应性研究[J]. 电子制作,2024,32(22):105-107,33.
- [2] 周瑶,杨畅. 电网输配电系统过载问题的成因分析与缓解措施[J]. 电力设备管理,2025(07):26-28.
- [3] 吕守国. 输配电系统电力设计优化与智能电网技术应用研究[J]. 张江科技评论,2025(02):45-47.
- [4] 王雅强. 光伏发电并网对输配电系统的影响及对策分析[J]. 低碳世界,2025,15(10):47-49.
- [5] 颜炯,卢生炜,张涛,等. 高比例新能源接入下电网输配电成本多主体分摊模型[J]. 电力建设,2024,45(01):138-146.