

分布式光伏接入下城乡配电网负荷调控策略探析

作者：陆俊

身份证号：530123197810283037

摘要：双碳目标推进背景下，城乡分布式光伏装机规模持续扩容，大量光伏电源分散接入配电网，彻底改变传统配电网单向潮流运行模式。光伏出力随机性、间歇性特征，易引发配电网电压波动、负荷失衡、潮流紊乱、供电损耗增大等问题，大幅增加电网负荷调控难度。本文结合城乡配电网运行特征，分析分布式光伏接入带来的负荷运行问题，梳理负荷波动的核心成因，从源网荷协同、无功调压、储能适配、分区调控等维度，提出科学可行的负荷调控优化策略，有效平抑光伏出力波动，平衡电网负荷分布，提升城乡配电网运行稳定性与消纳能力。

关键词：分布式光伏；城乡配电网；负荷波动；负荷调控；源网协同

一、引言

城乡分布式光伏凭借清洁低碳、就地发电、就近消纳的优势，成为新型电力系统建设的重要组成部分。传统城乡配电网按照单向供电、负荷集中的模式设计，网架结构与调控模式适配传统火电供电体系。高比例分布式光伏并网后，电网呈现双向潮流、负荷分散、出力波动的运行特征，原有负荷调控手段难以适配新型电网运行需求。针对性优化负荷调控策略，破解光伏并网带来的电网运行难题，是提升配电网供电可靠性、提升新能源消纳率的关键举措。

二、分布式光伏接入后城乡配电网负荷运行突出问题

（一）负荷时序波动剧烈，峰谷差值扩大

分布式光伏出力受光照、天气环境影响极大，具有显著的随机性与间歇性。日间光照充足时光伏出力大幅提升，就地抵消区域用电负荷，易出现功率盈余、电量倒送等负荷低谷现象；夜间光伏停止发电，电网需全额承担用户用电负荷，形成用电高峰。昼夜负荷的剧烈变化持续拉大电网峰谷差值，导致配

电网负荷运行失衡，传统固定调度模式难以适配负荷快速突变工况，严重影响电网运行稳定性。

（二）节点电压波动频繁，越限隐患突出

大量分布式光伏接入配网末端，彻底颠覆了配电网单向供电的潮流特性。当光伏出力超出本地负荷需求时，多余功率反向输送，造成末端节点电压异常抬升、电压越限；光照突变引发光伏出力骤降时，电网供电压力激增，易出现电压跌落问题。频繁的电压波动不仅降低用户用电质量，还会频繁触发电网保护装置动作，大幅提升线路跳闸、设备停运的故障概率。

（三）配网潮流紊乱，线路损耗增加

传统配电网潮流固定、负荷规律可控，线路损耗稳定。分布式光伏多点无序并网后，潮流大小与方向随机切换，无序的功率流动显著增加电网有功、无功损耗。尤其乡村配网网架薄弱、线路阻抗较大，潮流紊乱问题更为突出，易引发局部线路重载、过载运行，大幅降低配电网运行的安全性与经济性。

（四）传统调控模式适配性不足

传统配电网采用稳态集中式调度，依靠分接头、固定无功补偿装置开展调控，响应速度慢、动态适配性弱，无法应对光伏出力秒级、分钟级的快速波动。缺乏动态预判与实时响应能力的传统调控模式，难以适配新能源并网后的动态电网工况，调控滞后问题突出，无法有效化解负荷波动隐患。

三、分布式光伏接入下配电网负荷波动核心成因

（一）新能源出力不确定性

分布式光伏属于间歇性新能源，发电功率受光照、温度、云层遮挡等自然因素制约，无稳定可控的出力特性。当前光伏短时出力预测存在一定误差，难以精准捕捉瞬时功率波动，导致电网调度计划与实际运行工况存在偏差，是引发配电网负荷无序波动、调控失衡的根本原因。

（二）光伏并网布局缺乏规划性

城乡分布式光伏多为用户自主分散并网，缺乏统一规划，存在并网点杂乱、区域装机密度不均的问题。部分台区光伏集中扎堆并网，装机容量超出配网承载阈值，频发功率过剩、电压越限问题；部分区域光伏装机稀疏，电网负荷支撑不足，整体加剧了配电网局部负荷失衡的运行矛盾。

（三）源荷时序匹配度较低

光伏发电峰值集中在午间，而城乡用电高峰集中在早晚时段，发电与用电时序严重错配。午间光伏大发但用电负荷偏低，新能源难以就地消纳；早晚用电高峰光伏停机，电网供电压力陡增，源荷时序不匹配进一步放大了电网峰谷波动，加重负荷调控压力。

四、适配分布式光伏并网的配电网负荷优化调控策略

（一）构建源网荷协同动态调控体系

依托智能调度平台搭建源网荷协同调控架构，整合光伏电源、电网网架与用电负荷资源，实现一体化协同管控。采用多时间尺度调度模式，结合光伏出力特性与用户用电规律动态优化调度方案，通过有功分层调控、无功精准补偿抑制负荷波动，弥补光伏预测误差带来的调控偏差，切实提升电网动态响应与自适应调控能力。

（二）优化光伏逆变器无功调压调控

充分挖掘分布式光伏逆变器的无功调节潜力，利用设备剩余无功容量开展动态调压调荷，具备低成本、高效率的优势。电压越限、负荷盈余阶段，控制逆变器吸收无功，抑制节点电压异常抬升；电压偏低、用电高峰阶段，调动逆变器输出无功，稳固电网电压水平。动态调整逆变器无功出力，可抵消光伏有功波动带来的电压扰动，实现负荷与电压联动调控，有效改善配电网运行状态。

（三）推广储能系统协同充放电调控

在光伏高密度并网台区配套部署分布式储能装置，依托其双向充放电特性实现负荷削峰填谷。午间光伏出力过剩、负荷低谷时，储能吸收冗余电量，缓

解功率倒送与电压越限问题；早晚用电高峰、光伏出力不足时，储能及时补电，降低电网供电压力。储能柔性调节可有效缩小电网峰谷差、平抑短时负荷波动，提升光伏就地消纳能力，实现源荷时序精准匹配。

（四）实施配网分区精准负荷调控

针对城乡配电网光伏装机不均、负荷分布杂乱的问题，推行分区、分台区精准调控模式。依据光伏装机密度、网架条件与负荷特性，将配电网划分为高密度光伏台区、常规台区与薄弱台区，落实差异化调控方案。高密度台区重点治理功率倒送与电压越限，强化无功调节与储能消纳；薄弱台区侧重电压支撑与负荷稳压，通过分区施策提升调控精度，规避统一调度带来的调控失衡问题。

（五）完善光伏并网规划与网架优化改造

从源头规范分布式光伏并网管理，严控局部台区光伏超额并网，引导光伏均衡布局、有序接入。针对老旧薄弱配网区段，开展网架升级改造，优化线路参数、完善环网结构，提升电网潮流转移与负荷承载能力。通过前置规划管控与网架提质，从根源降低光伏无序并网带来的负荷波动、潮流紊乱问题，为后期负荷调控奠定硬件基础。

五、结语

分布式光伏规模化并网改变了城乡配电网单向运行模式，造成负荷波动、电压紊乱、潮流无序等运行难题。通过搭建源网荷协同调控体系、盘活逆变器无功调节能力、配套储能削峰填谷、落实分区精准管控与网架优化改造，可有效平抑负荷波动、优化电网工况、提升新能源消纳水平。多元调控策略可实现光伏并网与配电网的良性适配，有效增强电网运行的安全性与经济性，支撑新能源规模化、高质量发展。

参考文献

[1]刘文霞,张博.配电网光伏容量与调控能力和非对称参数的协调优化方法[J].现代电力,2023,40(05):62-68.

- [2]李勇,姚天宇. 基于联合时序场景和源网荷协同的分布式光伏与储能优化配置[J]. 电工技术学报, 2023, 38(12): 145-152.
- [3]王磊. 计及光伏出力不确定性的配电网多时间尺度负荷调控策略[J]. 电力工程技术, 2024, 43(02): 90-95.
- [4]段晓磊,王宇飞. 考虑新能源消纳的配电网分布式光伏及储能联合优化配置[J]. 现代电力, 2023, 40(06): 70-76.