

# 新能源光伏发电并网问题研究

李晓宇

国能亿利能源有限责任公司电厂 内蒙古鄂尔多斯 014300

**摘要:** 新能源光伏发电并网过程中, 传统并网模式存在电能质量不达标、功率波动难调控、电网适应性不足、并网接口兼容性差等问题, 难以适配大规模光伏接入与电网安全运行需求。本文从电能质量、功率波动与调节、电网适应性与稳定性、并网接口与兼容性四大领域, 明确技术优化与管控策略的具体实施方向, 通过设备升级、算法优化、规划管控、监测调度等手段解决各领域核心痛点, 同时为光伏消纳效率提升、电网稳定运行提供支撑, 助力新能源光伏发电实现大规模安全并网, 保障能源系统转型进程。

**关键词:** 新能源光伏发电; 光伏发电并网; 并网问题; 技术优化; 管控策略

## 引言

随着能源转型推进, 新能源光伏发电发展迅猛。但大规模光伏发电接入电网带来诸多问题, 影响电网安全稳定运行与供电质量。电能质量下降、功率波动大、电网适应性不足、并网接口兼容性差等问题凸显。深入研究这些问题, 分析其成因并探寻有效的技术优化方案与管控策略, 对推动光伏发电大规模应用、实现能源可持续发展具有重要意义。

## 一、光伏发电并网核心问题类型

### (一) 电能质量问题

电能质量问题包括谐波污染、电压波动与闪变、三相不平衡。谐波污染由光伏逆变器产生高次谐波, 使电网电压与电流波形畸变, 影响范围从并网点向周边电网延伸, 降低变压器、电抗器等电网设备运行效率, 还会干扰精密用电设备的稳定工作, 甚至引发设备过热损坏。电压波动与闪变因功率输出波动引发, 表现为并网点电压在短时间内不规则升降, 造成日光灯闪烁、电机转速不稳定, 影响居民用电体验与工业生产精度<sup>[1]</sup>。三相不平衡多由分布式光伏接入位置与容量不均衡导致, 三相电压、电流幅值差异超出允许范围, 增加输电线路损耗, 导致三相电机发热不均, 缩短设备使用寿命。

### (二) 功率波动与调节问题

功率波动与调节问题涵盖短期功率波动、长期功率不稳定、功率预测偏差。短期功率波动由光照强度突变引发, 时间尺度多在秒级至分钟级, 波动幅度较大, 会打破电网实时功率平衡, 迫使调度中心紧急调整其他电

源出力, 干扰正常调度计划执行。长期功率不稳定由昼夜交替、季节变化导致, 白天功率随日照增强升高、傍晚减弱降低, 冬季功率显著低于夏季, 这种周期性变化增加电网电源规划与调度难度。功率预测偏差因气象条件预测不准造成, 实际出力与预测值不符, 导致调度计划与实际运行脱节, 可能引发供电不足或功率浪费。

### (三) 电网适应性与稳定性问题

电网适应性与稳定性问题包含低电压穿越能力不足、频率调节响应滞后、孤岛效应风险。低电压穿越能力不足表现为电网电压跌落时, 光伏系统易触发保护机制脱网, 大量光伏系统集中脱网会进一步加剧电网电压下降, 威胁电网整体稳定。频率调节响应滞后指电网频率波动时, 光伏系统无法及时调整出力参与调频, 导致电网频率难以快速恢复额定值, 影响供电可靠性。孤岛效应风险指电网故障时, 光伏系统未检测到故障仍持续供电, 威胁检修人员安全, 还可能因局部电网电压、频率失控损坏用电设备。

### (四) 并网接口与兼容性问题

并网接口与兼容性问题涉及逆变器与电网参数不匹配、通信协议不一致、设备间协同控制困难。逆变器与电网参数不匹配表现为电压等级、频率适配性差, 并网时易产生电压冲击, 损坏逆变器或电网设备。通信协议不一致造成光伏电站与调度中心数据传输、指令执行受阻, 影响对光伏电站运行状态的实时监控与管控。设备间协同控制困难多在多光伏电站接入时出现, 各电站控制策略独立, 无法协同调整出力, 导致部分区域功率过剩、部分区域功率不足, 制约并网效率与系统协同运行。

## 二、光伏发电并网问题的核心成因分析

### (一) 光伏发电特性相关成因

光伏发电的间歇性与波动性是重要成因。光照强度受天气变化、昼夜时段影响会产生剧烈变化，晴天突然遭遇云层遮挡时光照会快速减弱，夜间则完全无光照，这种变化直接导致光伏输出功率大幅波动，进而引发电网电压不稳定，还打破电网实时功率平衡，造成供需失衡难题<sup>[2]</sup>。低能量密度与分散性也加剧并网问题，分布式光伏电站多布局在建筑屋顶、空旷场地等区域，接入点数量多且分布零散，不同接入点的功率输出差异较大，易造成局部电网三相电流、电压不均衡，同时多个电站产生的谐波在电网中叠加，使谐波污染问题更突出。

### (二) 并网设备与技术相关成因

逆变器性能缺陷直接诱发并网问题。逆变器内部开关器件在工作过程中会产生高次谐波，若滤波环节设计不合理或滤波元件性能不足，无法有效抑制谐波，会导致并网谐波含量超标；部分逆变器的低电压穿越功能未达到标准要求，当电网电压跌落时，无法维持并网状态而触发脱网保护，加剧电网稳定性问题。功率预测技术局限也影响并网效果，当前基于气象数据的功率预测模型对复杂气象条件的适应能力不足，对暴雨、强风等突发天气变化的响应滞后，导致预测的光伏输出功率与实际值偏差较大，给电网调度计划制定带来困难。

### (三) 电网自身条件相关成因

电网结构薄弱难以承载光伏大规模接入。部分配电网建设时间较早，线路容量设计较小，电压调节设备如调压变压器、无功补偿装置配置不足，电压调节能力有限，当大规模光伏功率接入时，易出现线路电流超过额定容量导致过载，还会引发电压超出允许范围的越限问题。调度与控制能力不足也制约并网稳定性，传统电网调度系统对分布式光伏的监控覆盖范围不全，无法实时获取所有光伏电站的运行数据，且缺乏灵活的功率调节手段，面对光伏功率波动时，难以快速调整其他电源出力或优化潮流分布，无法及时化解并网矛盾。

### (四) 协同控制与管理相关成因

多主体协同缺失影响并网调节效率。光伏电站、电网调度中心、储能系统分属不同管理主体，各主体间的信息交互渠道不畅，数据共享不及时，且缺乏统一的协同控制策略，当光伏功率波动时，储能系统无法及时充放电平抑波动，调度中心也难以快速下达调节指令，导致功率调节响应滞后。运行管理机制不完善也加剧并网

问题，光伏并网后的运行监测系统功能不健全，无法全面实时监测并网参数，故障诊断技术手段有限，难以快速识别并网异常，导致问题发现不及时，延误处理时机，扩大问题影响范围。

## 三、光伏发电并网问题的技术优化方案

### (一) 电能质量优化技术

电能质量优化需从谐波、电压、三相平衡多维度发力。谐波抑制方面，采用主动式电力滤波器实时检测并补偿谐波电流，减少电网谐波含量；优化逆变器拓扑结构，降低开关器件产生的高次谐波；合理配置滤波装置，削弱谐波在电网中的传播，避免谐波叠加超标。电压调节环节，加装动态电压恢复器快速应对电压骤升骤降，加装静止无功发生器实时调节无功功率，两者协同补偿电压波动；优化光伏电站无功功率控制策略，根据并网电压变化动态调整逆变器无功输出，维持电压稳定<sup>[3]</sup>。三相平衡控制上，通过规划分布式光伏接入位置与容量，避免局部三相负荷偏差过大；采用三相不平衡补偿装置，实时监测三相电流差异并输出补偿电流，调整三相电流分布，缩小不平衡度。

### (二) 功率波动与调节优化技术

功率波动与调节优化需兼顾平滑控制、预测精度与灵活调节。功率平滑控制中，配置锂电池储能、飞轮储能系统，光伏出力骤升时吸收多余功率，骤降时释放功率，平抑短期波动；采用光伏与风电、储能联合运行模式，利用能源互补特性提升功率输出稳定性。功率预测精度提升方面，融合卫星云图、地面观测数据等多源气象信息，优化预测模型算法；引入实时光照监测数据动态修正预测结果，缩小预测值与实际出力的偏差。灵活功率调节上，开发光伏电站主动功率控制功能，按电网调度指令调整输出功率；采用虚拟同步发电机技术，模拟传统电源惯量特性，提升光伏系统对电网频率的响应速度，辅助维持频率稳定。

### (三) 电网适应性与稳定性提升技术

电网适应性与稳定性提升需强化系统应对能力。低电压穿越能力增强方面，优化逆变器控制算法，提升电网电压跌落时的持续并网能力，避免频繁脱网；配置额外无功支撑装置，在电压跌落时快速注入无功功率，辅助电网电压恢复。频率调节能力优化中，赋予光伏系统参与一次、二次调频的功能，设定合理响应参数缩短响应时间；制定光伏电站调频优先级策略，按容量、位置划分优先级，确保调度指令高效执行。孤岛效应预防上，

加装可靠孤岛检测装置，结合被动式电压频率检测与主动式扰动注入检测方法提升检测准确性；电网故障时，检测装置快速触发跳闸指令，切断光伏并网回路，保障安全。

#### （四）网接口与兼容性优化技术

并网接口与兼容性优化需突破适配与协同瓶颈。逆变器参数适配方面，研发宽电压、宽频率适配的逆变器，扩大对不同等级电网的适应范围；优化逆变器控制策略，确保输出电压、频率等参数符合电网接入标准，避免参数不匹配引发故障。通信协议统一上，制定光伏并网系统通用通信协议，规范数据传输与指令交互格式；采用物联网技术搭建全覆盖通信网络，实现光伏电站、调度中心、储能系统间的数据高效交互。协同控制平台搭建中，开发多光伏电站协同控制平台，实现接入点功率集中监控与调控；建立设备间协同控制算法，确保光伏、储能、电网设备联动响应电网需求，提升系统协同运行效率。这些技术方案相互配合，可形成全方位的并网问题解决体系，为光伏大规模安全并网提供有力支撑。

### 四、光伏发电并网问题的管控策略

#### （一）网规划与设计管控

并网规划与设计管控需从源头降低并网风险。接入容量与位置优化方面，全面评估电网现有线路容量、电压调节能力等承载条件，结合区域光伏发展需求，合理规划光伏电站接入容量，避免超承载接入引发线路过载或电压异常；采用电网潮流计算工具，模拟不同接入点、不同容量方案下的电网功率分布与电压变化，分析各方案对电网运行的影响，最终选择对电网扰动最小的最优方案<sup>[4]</sup>。并网设备选型规范上，制定光伏并网设备选型标准，明确逆变器的谐波抑制能力、低电压穿越性能，滤波器的滤波精度，储能装置的充放电效率等关键指标，确保设备满足并网要求；建立设备进场检测机制，对进场设备逐项性能测试，验证参数是否符合标准，杜绝不合格设备接入诱发问题。

#### （二）运行监测与调度管控

运行监测与调度管控是保障并网稳定的核心。实时监测系统建设中，搭建覆盖光伏电站、并网点、电网关键节点的实时监测平台，通过部署传感器与数据采集终端，实时采集光伏功率输出、并网点电压频率、电能质量参数及设备状态数据，实现多维度全面监控；根据电网运行标准设置异常预警阈值，当监测到功率波动超标、

电压越限或设备故障时，平台自动触发报警，及时提醒运维人员处理，避免隐患扩大。灵活调度策略制定方面，每日结合光伏功率预测结果与电网负荷数据，制定初步调度计划；采用滚动调度方式，每小时或每半小时更新实际出力与负荷数据，动态调整光伏电站输出功率，必要时协调储能系统充放电或其他电源出力，维持电网功率平衡。

#### （三）维护与故障管控

维护与故障管控需提升设备可靠性与处理效率。定期维护机制建立上，根据设备说明书与运行经验，制定光伏并网设备定期维护计划，明确维护周期与内容，重点检查逆变器的开关器件状态、散热系统，滤波装置的元件老化情况，通信设备的信号传输质量；建立维护记录档案，详细记录每次维护的时间、内容、发现的问题及处理结果，确保工作可追溯，便于后续分析故障规律。故障快速处理方面，构建光伏并网故障诊断专家系统，整合历史故障数据与特征，通过算法分析实时异常数据，实现故障类型自动识别与位置定位；制定针对不同故障的应急处理预案，明确响应流程、责任人员与措施，故障发生时运维人员可依预案快速修复，缩短时间减少对电网的影响。

#### 结束语

新能源光伏发电并网问题复杂多样，涉及技术、设备、电网、管理等多方面。通过从电能质量、功率波动、电网适应性、并网接口等维度提出技术优化方案，以及在并网规划、运行监测、维护故障等方面制定管控策略，可有效解决并网问题，提升光伏发电并网的安全性与稳定性，促进光伏产业健康发展，助力能源绿色转型目标实现。

#### 参考文献

- [1] 张猛飞. 新能源光伏电站大规模并网频率主动控制研究[J]. 电工技术, 2024(11): 73-76.
- [2] 柳洪耀. 风力发电和光伏发电并网问题研究[J]. 电力系统装备, 2024(9): 58-59, 106.
- [3] 董永伟. 基于光伏与风力发电的电力并网技术应用研究[J]. 灯与照明, 2025, 49(5): 124-126.
- [4] 吕相宇. 光伏发电与风力发电的并网技术分析[J]. 工程建设与设计, 2025(10): 34-36.