光伏电站并网运行常见问题及应对策略研究

郭辰一

国华（神木）新能源有限公司　陕西　榆林　719000

摘　要：新能源行业的不断发展，让光伏并网装机容量得到持续增长，光伏发电的不稳定出力，会对电力系统的正常运行造成干扰，电网并网适配方面的缺陷也在逐步显现。本文依托光伏并网的运行特点，归纳光伏并网运行阶段的典型问题，主要包含电能质量不达标、系统稳定性偏弱、继电保护匹配度不足和运维调度机制不完善等内容，同时分析各类问题的产生诱因与运行风险。研究针对上述问题制定对应的优化整改措施，从多方面完善光伏并网运行模式，提升光伏电源和公共电网的适配效果，保障电力系统安全平稳运行，能够为光伏并网标准化运行提供一定的理论支撑。

关键词：光伏电站；并网运行；电能质量；电网稳定性；应对策略

引言：新能源电力的普及应用，让光伏发电的并网规模与装机占比得到稳步提升。光伏发电出力会受自然条件影响，具备较强的随机性与波动性，大规模光伏接入电网以后，传统电力系统的运行方式会发生改变，电网运行的安全稳定性也会受到相应影响。国内光伏并网的相关运维与技术体系尚且不够成熟，各类运行问题会制约电网调度与电力管控工作的开展。本文结合光伏并网的实际运行特点，梳理现存主要运行问题并给出对应的优化对策，以此保障新能源电力系统可以平稳可靠运行。

1 光伏电站并网运行基础概述

太阳能可以通过光伏组件转化为直流电能，逆变器能够对直流电做交直流转换、稳压调频和滤波处理，电能参数符合电网运行标准后，光伏电站即可接入公共电网完成电能输送与消纳工作。光伏发电缺少机械储能和动力调节装置，电站输出功率会随光照、温度等自然环境条件发生变化，运行波动特征较为明显，电站并网运行时需要匹配电网的电压、频率、相位等参数，以此实现与大电网的同步运行[1]。国内光伏并网模式主要包含集中式与分布式两种，集中式光伏多布置在光照资源较好的偏远区域，接入高压电网实现远距离输电，易产生大规模功率波动与调度适配问题；分布式光伏多应用于建筑屋顶场景，接入低压配电网就近消纳，存在设备杂乱、接入无序和电能质量异常等问题。光伏并网发电能够减少化石能源消耗与污染排放，降低电网输电损耗，推动新能源电力产业升级，是电力系统转型的重要方式。目前国内针对光伏并网的电能质量、设备技术、安全保护和调度运行已经制定相关规范，但设备性能、运维水平等因素会影响标准落地效果，并网运行故障仍时有发生。

2 光伏电站并网运行常见核心问题

2.1 电能质量不达标问题频发

光伏电站并网运行过程中，电能质量不达标属于十分普遍的运行问题，该问题会直接影响电网供电稳定与电力设备的安全运行。光伏发电功率会随光照环境发生变化，这类功率波动容易造成并网点电压不稳定，电压参数往往超出规定标准，低压配电网光伏集中接入区域的电压超标现象会更加明显。光伏逆变器在电能转换的过程中会生成谐波成分，老旧设备与劣质设备的谐波抑制能力偏弱，谐波长期堆积会扭曲标准的电网波形，造成电网谐波污染。分布式光伏无序接入电网的情况，会造成配电网三相负荷分配不均，直接破坏三相电压与电流的平衡状态，使得电网线路损耗有所上升，变压器的运行负担也会持续加大。逆变器运行精度不足或是设备出现老化故障时，系统会出现直流电流渗入交流电网的情况，这类问题会对电力设备造成腐蚀，同时也会干扰继电保护装置的正常运行，影响电网整体安全运行状态。

2.2 电网系统运行稳定性不足

光伏发电的出力状态并不稳定，存在明显的间歇性特征，该类发电特性会对传统电网的平稳运行造成干扰，破坏电力系统的动态平衡，从而产生各类运行稳定性问题。传统电网主要依靠常规火电、水电设备维持运行频率的稳定状态，大规模光伏并网会改变系统有功功率的供需结构，发电出力的动态变化会引发电网频率波动，波动数值超出标准范围后，系统就会触发调频保护机制。多数中小型光伏项目的无功调节设备配置较为简

陋，逆变器的功率调节能力存在局限，光伏出力变化会造成系统无功功率失衡，电网整体功率因数出现下降，电网无功损耗也会随之提升[2]。光伏发电设备没有机械惯性与备用调节容量，这类电源占比提升后，电网整体抗扰动能力会持续降低，系统出现功率振荡的概率会有所增加。电网出现故障跳闸或是停电检修工况时，光伏电站未及时脱网就会形成孤岛运行状态，造成区域电压与频率失控，不仅存在安全隐患，还会在电网恢复供电时产生冲击电流，引发二次电力故障。

2.3 继电保护与并网适配性缺陷

现有电网继电保护装置的设计依据为传统单向供电运行模式，装置适配稳定电源的工作特性，无法适配光伏并网后电网形成的双向潮流运行状态，也难以应对故障电流的动态变化特征，设备整体适配性存在短板。光伏并网会改变配电网故障电流的大小、流向与运行时长，电网原本设定的保护参数不再适配全新的运行工况，系统运行期间会频繁出现保护误动、拒动的问题，电力故障的扩散范围会随之扩大。分布式光伏多点并网的模式，会让故障电流的分布变得更为复杂，故障定位与隔离的工作效率会持续下降。传统重合闸控制逻辑较为固定，光伏线路故障跳闸后，未消除的孤岛工况会引发并网异常，进而造成电网电压波动与设备损伤。多数老旧电网的继电保护设备更新进度较为滞后，设备检测精度和响应速度都存在缺陷，无法识别光伏并网带来的细微故障隐患，这也让电网长期处于不安全的运行状态当中。

2.4 运维管理与调度体系不完善

我国光伏装机容量处于持续增长的状态，但配套的并网调度与运维管理体系建设进度相对缓慢，管理层面的短板会持续引发各类并网运行故障。现阶段多数中小型光伏电站的出力预测技术较为薄弱，设备监测体系并不完善，工作人员仅能依托基础气象数据预估发电产能，难以精准捕捉短时光照变化带来的出力波动。这就使得电网调度规划和实际发电数据存在偏差，电网会出现光能浪费或是供电缺口等问题[3]。分散式光伏电站的布局较为零散，行业暂时没有统一规范的运维管理制度，运维人员的专业能力参差不齐，设备日常巡检与故障排查工作常常落实不到位，设备长期带病运行会加速老化损坏。部分地区的光伏并网准入监管力度不足，不规范的并网施工和劣质设备接入现象普遍，会打乱配电网原有负荷结构，造成电能质量下降。另外光伏电站与电网调度系统的数据交互存在延迟，调度指令执行不够及时，光伏出力与电网负荷无法实现动态匹配，电网整体的能源利用效率也会随之下降。

3 光伏电站并网运行问题的应对优化策略

3.1 全方位优化电能质量调控体系

光伏并网电能质量的整体提升，需要依托设备技术升级、配套设施完善、接入规范管控以及运行监测优化等多项工作共同推进。逆变器是调控并网电能质量的核心设备，行业需要对设备原有控制方式进行升级改造，摒弃传统固定参数调控模式，提升设备对功率波动的响应效率，让设备稳压调频的基础性能得到改善。相关工作人员可以优化逆变器的内部运算程序，提升设备自身的谐波过滤能力，从设备运行源头减少电网谐波问题，同时行业需要健全并网设备的准入管理机制，定期对在运设备开展参数校准和性能检测工作，维持电能转换过程的稳定状态。电力单位需要结合电网运行出现的无功失衡、谐波超标等常见问题，为各类光伏电站配置适配的补偿与滤波设备，建立设备联动运行机制，系统可以根据光伏出力的实时变化调整运行参数，持续优化并网电能指标。管理部门需要规范分布式光伏的并网接入流程，结合配电网实际承载能力制定标准化接入方案，改造老旧台区的设备布局，均衡分配电网运行负荷，严格落实并网项目的审核验收流程，杜绝各类违规并网操作。电力行业还需要搭建全覆盖的电能质量监测体系，在各并网点布设监测设备，持续采集电网运行数据，实现故障预警与问题溯源，工作人员可依托数据分析结果持续优化调控方案，保障光伏并网运行的整体质量。

3.2 多维度提升电网系统运行稳定性

电力系统需要结合光伏发电的波动特性，对现有电网调频调压体系进行适配优化，以此提升光伏并网后的整体运行稳定性。电力系统可通过调整常规发电机组的运行参数，预留相应的备用容量，以此抵消光伏功率波动带来的电力供需偏差。各区域电网可以根据本地光伏装机规模和实际负荷情况，制定差异化的电压控制标准，依托无功补偿设备和逆变器的调节功能，实现电网电压的平稳管控。系统可以引入动态功率调节模式，使光伏电站主动参与电网调频工作，进一步平衡系统内部的有功功率与无功功率。储能系统的应用可以有效弥补光伏发电的不稳定性，电力系统可以构建光伏与储能协同运行的工作模式，根据电站类型匹配相应容量的储能设备[4]。储能装置能够依靠充放电调节作用平抑光伏出力波动，稳定电网频率与电压参数，同时提升电网的抗扰动能力和运行惯性。工作人员需要升级光伏电站的防孤岛保护装置，完善双重检测机制与保护动作逻辑，缩短故障脱网的响应时间。电网故障修复以后，工作人

员需要核对各项电力参数，避免非同期并网引发的设备冲击问题。电力部门需要逐步更新老旧电力设备，优化电网拓扑结构，完善输电通道布局，搭建柔性化电网体系，让电网硬件设施可以更好适配光伏发电的动态运行工况。

3.3 系统性优化继电保护与并网适配体系

电网继电保护体系需要做出全面的优化调整，才能适配光伏并网之后全新的电网运行工况。工作人员可以结合光伏接入之后电网潮流分布和故障电流的变化特点，重新整理各级继电保护设备的运行参数，对各类保护装置的动作阈值与动作时限进行重新整定。参数的优化调整能够适配电网双向潮流的运行特征，契合光伏线路故障电流的变化规律，有效改善保护装置误动和拒动的问题，提升继电保护设备与光伏并网系统的匹配程度。电力运维部门需要逐步更换老旧的保护设备，推广使用数字化、智能化的继电保护装置，依靠新型保护技术完善电网故障处置模式。智能化设备可以精准锁定电网故障点位，快速完成故障区域隔离，还可以动态调整重合闸运行时长，降低线路故障对光伏并网系统的负面影响。电力系统可以搭建分层级的故障防护体系，明确电站、线路、电网不同层级的防护职责，通过多级防护联动机制抑制故障扩散，提升电网整体的应急处置水平。相关单位需要建立常态化的设备运维与校验机制，工作人员需要定期检查保护装置、二次回路和测控设备的运行状态，及时整改设备老化、参数偏移等各类隐患，同时通过故障场景模拟测试设备运行性能，保障整套继电保护系统可以长期稳定投入运行。

3.4 规范化完善运维调度管理体系

光伏并网运维与调度体系的完善，能够有效解决新能源并网运行阶段存在的管理漏洞，适配现阶段光伏产业的规模化发展趋势。电力行业需要逐步升级光伏出力预测的相关技术，通过整合环境气象、设备运行等多类数据，建立多时段的出力分析模型，光伏电站可以根据自身规模补齐监测设备，持续优化预测算法，提升不同天气条件下的预测精度，减少发电实际出力与电网调度方案存在的数据偏差[5]。行业需要统一光伏并网的运维标准体系，明确电力设备日常巡检、参数校准、故障处理和定期维保的工作流程，同时落实运维人员的常态化技能培训，提升工作人员的实操能力与故障判断水平，降低人为操作问题引发的并网故障概率。针对分布式光伏布局分散的特点，电力行业可以推行集约化运维模式，利用远程监测系统完成智能巡检工作，整体提升运维工作的质量与效率。管理部门需要落实光伏并网项目的全流程监督管理，对项目建设、设备选用和并网验收环节进行规范管控，建立并网信息台账实现精细化管理，持续整改不规范的并网项目。电力系统可以搭建一体化智能调度平台，打通电站与电网的数据传输通道，动态调整调度方案，完善双方联动工作机制，提升电网光伏发电消纳水平与突发故障的处置能力。

结束语

综上所述，新能源光伏规模化并网发展期间，电网会出现多种运行问题，这些问题会制约配电网供电质量与运行稳定性。本次研究针对光伏并网常见的各类故障隐患，落实设备升级、参数优化、调度完善与运维规范等整改手段，能够改善电网适配新能源发电的整体能力。这些优化方式可以减少并网故障的出现，提升电网光伏消纳水平与抗扰动能力，推动传统电网的升级转型，对保障新能源电力系统稳定运行能够起到一定的促进作用。

参考文献

[1] 周瑜. 光伏电站并网接入标准与电网兼容性研究 [J]. 产业创新研究,2024(24):47-49.

[2] 吴红红. 光伏电站中逆变器电流波形异常的常见原因及处理策略 [J]. 电力设备管理,2025(19):93-95.

[3] 王海全. 乡镇光伏电站并网控制与负荷调节研究 [J]. 光源与照明,2025(8):138-140.

[4] 倪杰杰. 光伏电站电气设备的运行维护研究 [J]. 新潮电子,2025(3):154-156.

[5] 赵付全, 臧文涛. 光伏电站并网引发电压波动的电气自动化抑制方案研究 [J]. 智能建筑与智慧城市,2025(S2):188-190.