

风电与光伏发电对电网稳定性的影响与解决方案

宋召迪 王健壮

中国电建集团河北工程有限公司，河北石家庄，050000；

摘要：随着全球对可再生能源的需求不断增长，风电和光伏发电作为绿色能源的重要组成部分，正在成为电力系统的重要来源。然而，风电和光伏发电的波动性和间歇性使得电网的稳定性面临新的挑战。本文将探讨风电与光伏发电对电网稳定性的影响，并分析当前解决方案的可行性。通过对不同影响因素的分析，提出了一些改进电网稳定性技术手段，并展望了未来电力系统的智能化发展方向。

关键词：风电；光伏发电；电网稳定性；解决方案；智能电网

DOI：10.69979/3041-0673.25.11.010

引言

风电和光伏发电在可再生能源领域得到了广泛的应用，然而，这些能源形式具有显著的波动性和间歇性特点，这使得它们在并入传统电网后对电网的稳定性产生了很大影响。尤其是电力供需平衡、频率调节和电压稳定性等方面。为了适应这一变化，现代电网亟需采取有效技术手段来保证稳定性，确保可再生能源的可靠供给和电网的安全运行。

1 风电与光伏发电对电网稳定性的影响

1.1 波动性与间歇性影响

风电和光伏发电的波动性和间歇性对电网稳定性构成了重大挑战。风速和日照强度的变化导致了风电和光伏发电的不稳定性，具体表现为发电功率的不连续性和不可预测性。风速较弱时，风电机组发电功率下降，甚至停机，而强风时则可能产生过载现象。类似地，光伏发电受天气、季节变化以及云层遮挡等因素的影响，日照强度不稳定导致电力输出波动。在这种波动情况下，电网负荷的波动性也随之加大，给电网的调度和稳定运行带来困难。电力系统必须具备快速响应机制，通过实时调整负荷或启用备用电源来平衡电网供需。频繁的波动不仅可能造成电网超负荷或频率失稳，还可能导致供电中断和电力质量问题。因此，如何精准预测和及时调整电网的负荷需求，减少波动带来的不利影响，是现代电网管理的关键挑战之一。

1.2 电力质量问题

风电和光伏发电的波动性不仅影响电网的稳定性，还可能引发电力质量问题。随着风电和光伏发电占比的逐渐增加，电网中的电压波动、谐波污染和功率因数下

降等问题愈发显著。这些问题的出现主要源于可再生能源发电量的波动，尤其是在发电量急剧变化的时刻。例如，风电机组在风速波动较大时，其输出功率会出现剧烈变化，进而导致电网电压不稳，电流的波动增加。而光伏系统在云层变化时，输出功率也会随之大幅度变化，造成电网频繁的电压调整，可能影响设备的正常运行。此外，风电机组和光伏组件的非线性功率输出也会引起谐波污染，使得电力系统中的电流和电压质量下降，进而影响用电设备的运行效率和安全性。因此，如何通过技术手段抑制这些不利影响，提升电力质量，是电力系统在转型过程中必须解决的重要课题。

1.3 系统调度与储能需求

随着风电和光伏发电的比例逐渐增加，电网调度的复杂性也随之提升。传统电网调度依赖基荷电厂的稳定输出，而可再生能源的波动性使得电力的预测和调度变得更加困难。在风电和光伏发电占主导的情况下，电网需要应对频繁的负荷波动，及时调整发电和用电需求，以保持电网的稳定运行。为了有效平衡供需，储能技术应运而生。大规模储能系统能够在风电和光伏发电量过剩时将多余的电能储存，在电力不足时迅速释放电能，帮助电网应对瞬时波动。例如，锂电池和抽水蓄能等储能方式，可以在电力需求高峰时提供快速响应，缓解由于可再生能源发电不稳定带来的负担。此外，储能技术的应用不仅可以平衡电网的供需，还能提高电网对可再生能源波动的适应能力，从而提升电网的灵活性和稳定性。

2 解决风电与光伏发电对电网稳定性影响的方案

2.1 智能电网技术

智能电网技术的应用是应对风电和光伏发电波动性问题的核心解决方案之一。随着可再生能源比例的不断增加，传统电网的稳定性面临着前所未有的挑战。风电和光伏发电具有显著的间歇性和不确定性，因此，电网必须具备灵活应对这种波动的能力，才能保证电力供应的持续性和稳定性。智能电网通过集成先进的信息通信技术，能够实时监控电网中各类能源的生产和消费情况。电网中的传感器和数据采集系统能够实时跟踪风电、光伏等分布式电源的发电量变化，并将这些信息传输到电网控制中心。通过对实时数据的深度分析，智能电网能够对电力需求和供应进行动态预测，从而进行精准的负荷调度和电力分配。比如，在风电和光伏发电量较高时，系统可以自动将多余的电力分配到电网的空闲区域，或进行储存；而在风电和光伏发电不足时，系统能够迅速从其他电源调度电力进行补充。智能电网还采用自适应控制技术，使电网能够根据实时电力需求自动调整运行模式。这种自动化的调度系统极大地提高了电网的运行效率和稳定性，有效缓解了风电和光伏发电波动性对电网造成的冲击。此外，智能电网还能够进行故障检测和恢复，提高电网的自愈能力，从而减少风电和光伏发电不稳定性对电网造成的长期影响。

2.2 大规模储能系统

大规模储能系统是解决风电和光伏发电不稳定性的关键技术之一。在传统的电力系统中，电力供需相对稳定，但随着风电和光伏发电的引入，电力的供应不再是恒定的。由于风能和太阳能的波动性，电网的负荷和发电量之间可能出现不平衡，进而影响电网的稳定性。大规模储能系统可以有效地缓解这一问题，起到平衡电力供需的作用。储能技术的核心原理是利用多余的电力储存起来，在需要时释放，以调节电网负荷，确保电网运行的稳定性。例如，锂电池储能系统可以在风电和光伏发电过剩时将多余的电能存储在电池中，当发电量不足时，再将储存的电能释放到电网中。这种储能方式能够有效平衡电网中的电力波动，减少对传统火电等调峰电源的依赖，进而提高电网的稳定性。除了锂电池储能，其他储能技术如抽水蓄能、电化学储能等也在不断发展，成为电网稳定运行的重要保障。抽水蓄能系统通过利用电网多余的电力将水从低处抽至高处存储，在电力供应不足时释放水流产生的能量；电化学储能则通过不同类型的电池技术（如钠硫电池、铅酸电池等）实现电能存储和释放。这些技术各有特点，在不同的电网环境下可

以互为补充，共同为电网提供稳定的能源供应。大规模储能系统的推广应用，将为未来电网的稳定性提供有力支撑，尤其在风电和光伏发电比例逐渐增大的背景下，储能技术的意义尤为重大。

2.3 虚拟电厂与需求响应管理

虚拟电厂（VPP）与需求响应管理（DR）是现代电力系统中的创新性解决方案，能够有效应对风电和光伏发电对电网稳定性带来的挑战。虚拟电厂通过集中管理和调度分布式能源资源，如小型风电、光伏发电系统、储能设备等，实现电力生产的集中控制和优化调度。虚拟电厂通过信息技术平台，将不同地理位置、不同类型的分布式能源资源进行整合，形成一个具有较高灵活性的虚拟电力系统。这使得电网能够在面对风电和光伏发电波动时，迅速进行资源的再分配和调度，减轻波动对电网的影响。比如，当某一区域的风力或太阳能发电量过高时，虚拟电厂可以将多余的电力调度至其他电力需求较高的区域，平衡各地电力供需。此外，需求响应管理技术通过与用户电力需求的互动，灵活调节用户的用电行为，从而平衡电网负荷。通过智能电表和通信技术，电网运营商能够实时监控用户的用电情况，并在电力供应紧张时，向用户发送调度信号，鼓励用户在非高峰时段使用电力，或主动减少用电量。需求响应不仅能有效降低高峰时段的电力需求，还能减少电网的负担，避免因过载导致的电力中断。虚拟电厂与需求响应管理的结合，不仅优化了电力资源的配置，还提高了电网对风电和光伏等可再生能源波动的适应能力，增强了电网的灵活性和稳定性。通过这些创新的电力调度方式，未来电网将更加智能化，能够在更加复杂的能源环境下运行，为可再生能源的广泛应用提供技术保障。

3 风电与光伏发电的未来发展与电网稳定性的协同优化

3.1 绿色能源与电网现代化的协同发展

随着全球能源结构的转型，绿色能源尤其是风电和光伏发电的比例不断增加，这对传统电网的运营提出了新的要求。未来的电网不仅需要承载更多来自可再生能源的电力，还要具备灵活调度这些能源的能力。风电和光伏发电的不可控性和间歇性特征，使得电网必须具备更强的调节能力，以确保电力供应的稳定性。因此，电网的现代化不仅仅是技术的升级，更是一个综合性的发展过程，涉及技术创新、政策支持、市场机制以及能源管理技术的紧密配合。例如，电网的自动化和智能化技

术能帮助调度员实时监控可再生能源的发电情况，并动态调节电网负荷。在这方面，智能电网的技术进步，尤其是在负荷预测、电网故障检测和自动恢复方面，将大大提高电网应对突发状况的能力。与此同时，政策的支持尤为关键，政府可以通过制定合理的激励政策，推动可再生能源的进一步发展和电网基础设施的建设。此外，市场机制的完善，例如可再生能源的市场化交易机制，也有助于优化能源资源的配置，降低因能源波动带来的经济损失。绿色能源与电网现代化的协同发展，是未来电力系统稳定运行的关键，不仅需要技术创新的突破，还需要政策和市场机制的共同推动。

3.2 跨区域电网互联与区域协调

随着风电和光伏发电在各地的快速发展，不同地区的可再生能源资源丰富程度差异较大，风电和光伏发电的波动性也因此有所不同。例如，某些地区的风力资源丰富，而另一些地区则可能相对较少。同样，光伏发电在不同地域的发电情况也存在显著差异，这就需要通过跨区域电网互联来优化资源配置。跨区域电网互联不仅能够解决单一地区因风电或光伏发电波动带来的电力供应不稳定问题，还能实现各地区能源的共享与调度，从而在整体上提高电网的稳定性。例如，某些地区在风电发电量较高时，其他地区的光伏发电量可能正处于低谷，通过跨区域电力交换，可以实现电力的平衡与互补，确保电力供应的可靠性。这种区域协调机制使得电网能够跨越地域限制，充分发挥各地区不同类型可再生能源的优势，提高电力资源的利用率，降低系统风险。此外，跨区域电网互联还能够提高电网的抗干扰能力，减少单一区域发生异常时对整个电网的影响，提升电网系统的整体鲁棒性和应对能力。因此，加强跨区域电网的互联与协调，将是解决可再生能源波动性问题的重要举措，为电网的稳定运行提供保障。

3.3 未来的智能调度系统与人工智能技术

未来电网将进入一个智能化的时代，人工智能(AI)和大数据技术将在电网的调度和管理中发挥重要作用。智能调度系统能够实时获取来自各类能源源的数据，包括风电、光伏等可再生能源的实时发电量，负荷需求和电网运行状态等信息，并根据这些数据进行精确分析，

做出快速反应和优化决策。AI技术能够通过学习和预测模型，分析电网中的负荷波动、可再生能源发电的变化趋势，进而优化电力资源的调度和分配。例如，通过深度学习算法，电网系统可以在不同天气和环境条件下预测风力和光照变化，从而提前调整电网的运行模式，减少波动性带来的影响。大数据技术在电网中的应用，不仅能提高对实时数据的处理能力，还能对电网运行的历史数据进行深度挖掘，识别出潜在的风险和隐患，为决策者提供决策支持。同时，人工智能还可以在故障检测和自动恢复方面发挥重要作用，系统可以自动识别电网中的故障区域并进行切换，最大程度地减少事故对电网运行的影响。这种智能化的电网管理不仅能提高电网的运行效率，还能增强电网对突发情况的应对能力，确保电力系统在面对风电、光伏发电波动时依然保持高效稳定的运行。因此，人工智能与大数据技术的结合，将成为未来电网调度管理的核心，为电网的稳定性和可持续发展提供强大的技术支持。

4 结论

风电和光伏发电的快速发展给电网的稳定性带来了新的挑战，但通过智能电网技术、大规模储能系统以及虚拟电厂等手段，可以有效缓解这些影响。随着技术的不断进步和政策支持的加强，未来电网将能够更好地适应可再生能源的大规模接入，确保电网的稳定运行。

参考文献

- [1]蒋博,李建东.风电—光伏互补发电系统优化设计与运行策略研究[J].电力设备管理,2024,(23):113-15.
- [2]张振波.风电与光伏并网对电力系统频率动态特性的影响分析[J].中国机械,2024,(27):77-80+84.
- [3]邓宾宾,孙本鹤.风电与光伏的储能电站运维管理[J].电子技术,2021,50(11):208-209.
- [4]王尧,谭忠富,林宏宇,等.考虑风电与光伏机组出力下农村微网系统运行优化模型研究[J].数学的实践与认识,2020,50(02):82-91.
- [5]李鹏,王东,王有河,等.风电与光伏自动电压控制(AVC)系统的多目标优化与控制策略[J].中国信息界,2024,(08):31-33.