

电力系统中可再生能源消纳能力的评估与优化

谭 霁

恩施永扬实业有限责任公司 湖北恩施 445000

摘 要：随着全球对可再生能源利用的重视日益加深，电力系统对可再生能源的消纳能力成为了研究的热点。本文旨在评估当前电力系统对可再生能源的消纳能力，并提出相应的优化策略。通过深入分析电力系统结构、运行机制以及可再生能源的特性，建立了一套全面的评估指标体系，并基于这些指标对电力系统的消纳能力进行了定量评估。针对评估结果，本文探讨了提升消纳能力的关键技术和管理策略，从而为电力系统的可持续发展提供了有价值的参考。

关键词：电力系统；可再生能源；消纳能力

随着全球气候变化和环境问题日益严重，可再生能源作为替代传统化石能源的重要手段，受到了广泛的关注。然而，可再生能源的间歇性、波动性和不确定性等特点，给电力系统的稳定运行带来了挑战。因此，如何有效评估和提升电力系统对可再生能源的消纳能力，成为了当前电力领域亟待解决的问题。电力系统中可再生能源的消纳能力，不仅关系到可再生能源的利用率和电力系统的稳定性，也直接影响到能源转型和可持续发展的进程。为此，本文将对电力系统的可再生能源消纳能力进行全面评估，并探讨相应的优化策略。

一、电力系统中可再生能源消纳能力评估指标体系构建

1.1 电力系统结构、运行机制及可再生能源特性

电力系统是一个复杂的网络，由多个部分组成，每个部分都有其特定的结构和运行机制。同时，可再生能源作为电力系统中的重要组成部分，其特性也影响着电力系统的整体运行^[1]。在电力系统结构中，电力系统主要由发电厂、电力网以及电力用户系统这四个部分组成，如图1所示。

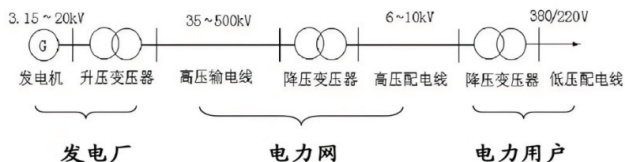


图1 电力系统组成图

而在系统运行机制中，电力系统的运行机制主要涉及到电能的生成、传输、分配和使用。首先，发电站将各种形式的能源转化为电能，然后通过输电网将电能输

送到负荷中心。在输送过程中，电能的电压和电流需要进行适当的转换和调整，以确保电能的稳定传输。接下来，配电网将电能从输电网分配到各个用户，用户用电系统则负责将电能转化为各种形式的能量供人们使用。同时，电力系统还包括了各种控制系统和信息系统，用于监控、调节和控制电力系统的运行，确保电力系统的稳定和安全。

1.2 可再生能源消纳能力关键指标

可再生能源消纳能力的关键指标主要包括以下几个部分，首先是渗透率，这是衡量可再生能源发电在整个电力系统中所占比重的一个重要指标。具体来说，它是可再生能源发电渗透到电力系统中的功率与电力系统的总容量的比值，通常以百分比形式表示^[2]。其次是弃风/光率，这是一项衡量风电和光伏发电在电力系统中被弃用的比例的指标，由于风电和光伏发电具有间歇性和波动性，当系统调节与输电能力不足时，就可能出现弃风、弃光现象。然后是穿透功率极限，这个指标反映了电力系统在维持稳定运行的前提下，能够接纳的最大可再生能源发电功率。穿透功率极限的大小取决于电力系统的调节能力和网络结构等因素。随后是置信容量，置信容量是电力系统在特定条件下，对可再生能源发电的可靠性的评估。它反映了电力系统对可再生能源发电的信任程度，以及可再生能源发电在电力系统中的稳定作用。再次是容量可信度，在等可靠性的前提下，可再生能源发电机组可以替代常规电源机组的容量占可再生能源机组总容量的比例。这个指标用于考量可再生能源对传统火力发电的替代能力。最后是可再生能源消纳责任权重，

这是一个国家或地区对可再生能源消纳的强制性指标，用于衡量该地区对可再生能源的利用程度。具体计算方式为：本地区利用的可再生能源电量（包含本地可再生能源发的电量+其他地区可再生能源输送到本地区的电量-本地区的可再生能源输送到其他地区的电量）除以本地区全社会用电量。这些指标从不同的角度反映了可再生能源在电力系统中的消纳能力，对于评估和优化电力系统的可再生能源利用具有重要意义。

二、电力系统中可再生能源消纳中存在的问题

电力系统中可再生能源消纳中存在的主要问题包括以下问题，首先，可再生能源如太阳能和风能受到天气因素的直接影响，导致发电出力具有随机性、波动性和间歇性，这种不稳定性给电力系统的调度和运行带来了挑战，增加了电力供应的不确定性。其次，可再生能源资源分布不均衡，如太阳能资源主要集中在赤道地区，风能资源主要分布在沿海地区，导致远离能源消费中心的地区面临可再生能源消纳的困难，需要建设长距离的输电线路进行能源输送，增加了成本和复杂性^[3]。然后，电网的建设进度往往滞后于可再生能源的发展速度，导致电网的容量和输送能力无法满足可再生能源的消纳需求，这可能导致可再生能源的浪费和弃风、弃光等现象的发生。最后，可再生能源的消纳需要政策和市场机制的支持，然而，当前的政策和市场机制可能不完善，缺乏足够的激励和约束机制，导致投资者对可再生能源的开发和利用缺乏积极性，影响了可再生能源的消纳能力。

三、电力系统中可再生能源消纳能力优化策略

3.1 技术策略

在电力系统中，从技术层面对可再生能源消纳能力进行优化时，引入先进的储能系统，如储能技术、智能电网、分布式发电以及柔性输电技术等，以平衡电力需求和可再生能源发电的波动，如表1所示。在电网关键节点配置储能设施，提供快速的功率调节和能量平衡服务，提升电网对可再生能源的消纳能力。同时，利用智能电网技术实现可再生能源的预测、调度和运行控制，最大限度地提高消纳效率^[4]。通过大数据分析、云计算和人工智能技术，对可再生能源的发电量进行准确预测，从而合理安排电网负荷，避免能源浪费和过载现象的发生。而发展分布式发电技术，将可再生能源发电设备分散安装在用户侧，减少电力传输损耗，提高能源利用效率。并在这个过程中构建微电网系统，将分布式发

电设备与本地负荷、储能装置等集成在一起，形成独立的电力系统，提高可再生能源的自给自足能力。此外，采用柔性直流输电（HVDC Light）技术，有助于提高输电效率和能量传输能力，减少输电损耗。利用高温超导电缆等新技术，提高输电线路的容量和效率，解决新能源消纳过程中的输电瓶颈问题。基于上述技术层面的优化措施，可以显著提升电力系统对可再生能源的消纳能力，促进可再生能源的广泛利用和电力系统的可持续发展。

表1 电力系统可再生能源消纳技术措施表

技术措施	具体内容
储能技术集成	引入先进的储能系统，如锂离子电池储能、飞轮储能等，预计在未来三年内，将储能系统容量提升至总装机容量的10%，以平衡电力需求和可再生能源发电的波动。
智能电网技术应用	通过大数据分析、云计算和人工智能技术，对可再生能源的发电量进行准确预测，预计预测准确率将提高至90%以上。同时，利用智能电网技术实现电网的精细化调度和运行控制。
分布式发电与微电网技术	在城市和农村地区推广分布式发电技术，预计在未来五年内，分布式发电占总发电量的比例将提高至20%。同时，构建微电网系统，实现能源的自给自足和高效利用。
柔性输电技术	采用柔性直流输电技术，提高输电效率和能量传输能力，预计在未来两年内，柔性直流输电技术的覆盖范围将扩大至全国主要城市。

3.2 管理策略

在电力系统中，从管理层面优化可再生能源的消纳能力时，通过建立完善的电网调度系统，可以实时监控可再生能源的发电情况和电网运行状态，如表2所示。通过精准的预测和调度，优化电力资源配置，实现新能源的最大利用和平稳消纳。而构建完善的电力市场机制，并建立灵活的新能源市场交易制度，鼓励可再生能源发电企业参与市场竞争，通过市场机制优化资源配置，同时引导用户合理用电，积极参与电力市场交易，提高可再生能源的消纳能力。加强与各能源生产商和消费商的合作，优化供需匹配，促进电力系统的平衡运行，而在制定相关政策法规时，鼓励和支持新能源技术的研发和应用，推动电力系统向更加清洁、高效、智能的方向发展^[5]。加强电网规划和建设，确保电网基础设施能够满足可再生能源的接入和消纳需求。鼓励用户安装智能电表和能源管理系统，实时监控和管理用电行为，提高能

源利用效率。同时, 积极推广分布式能源技术, 将电力用户变为消纳新能源的参与者, 减轻电网的供电压力。对于建立跨区域电力外送通道而言, 应消除区域之间人为的壁垒, 实现电力资源的优化配置和高效利用。

结束语

通过对电力系统可再生能源消纳能力的评估与优化研究, 本文为电力系统的可持续发展提供了重要的理论支撑和实践指导。本文建立的评估指标体系和方法, 可以为电力系统规划、设计和运行提供科学的依据, 有助于提升电力系统的稳定性和可靠性。同时, 本文提出的优化策略和管理建议, 可以为电力企业和政府决策部门提供有价值的参考, 推动可再生能源在电力系统中的广泛应用和深度融合。

参考文献

- [1] 宋才华, 邓乾. 基于人工智能方法的电力系统动态等值的应用研究[J]. 微型电脑应用, 2020, 36(1): 4.
- [2] 许汉平, 李姚旺, 苗世洪, 等. 考虑可再生能源消纳效益的电力系统“源—荷—储”协调互动优化调度策略[J]. 电力系统保护与控制, 2017, 45(17): 8.
- [3] 张勇, 郭兴朴. 电力系统暂态安全分析中动态等值的新方法[J]. 北京轻工业学院学报, 2000, 18(2): 4.
- [4] 唐文静, 唐俊杰, 林星宇, et al. 基于外网静态等值与无迹变换法的互联电网概率潮流计算[J]. 电力系统自动化, 2023, 47(10): 117-127.
- [5] 危怡涵, 范帅, 许少伦, et al. 基于新能源消纳边际贡献的用户绿电份额评估方法[J]. 电力系统自动化, 2023, 47(10): 14-25.