

# 新型电力系统中光伏技术的性能评估与优化模型策略分析

丁伟迪

(中国电建集团福建省电力勘测设计院有限公司 福建福州 350003)

摘要：随着可再生能源的关注度增强，光伏技术在新型电力系统中的角色愈发显著。本研究深入探索了光伏技术的应用现状，提出了一套全面的性能评估方法，并针对存在的挑战制定了优化策略。文章首先概述了光伏技术基础和新电力系统中的应用，接着详细描述了性能评价的关键指标和评估手段。优化策略部分集中于技术创新、系统设计优化、最大功率点追踪，以及与储能技术的协同作用。综合而言，本文为光伏技术在新电力系统中的应用提供了实用的指引和策略建议。

关键词：新型电力系统；光伏技术；性能评估；预测模型策略

## 1 引言

近年来，全球对可再生能源的依赖日益加强，而新型电力系统正是这一转变的关键组成部分。在所有可再生能源中，太阳能，特别是光伏技术，因其清洁、无污染和可再生的特性，备受关注。随着科技的发展，光伏技术的应用已经从简单的小规模家庭系统逐步扩展到大型电网连接的电力系统。然而，光伏技术在新型电力系统中的广泛应用也带来了诸多挑战，如性能不稳定、日照时间受限和储能技术的局限性等。

## 2 光伏技术在新型电力系统中的应用现状

### 2.1 光伏发电技术概述

光伏电池主要包括硅基电池、薄膜电池、第三代太阳能电池等，各种类型的电池在转换效率、生产成本、稳定性等方面都有各自的特点和应用领域。目前，硅基太阳能电池在市场上占据主导地位，主要原因是其具有成熟的生产工艺、较高的转换效率、稳定可控的价格以及良好的稳定性。

光伏发电系统主要分为并网型和离网型两大类。并网型光伏发电系统是将光伏电池产生的直流电转化为交流电，然后并入电力系统中供电。并网型光伏发电系统的优点是可以有效地利用太阳能，减少对化石能源的依赖，同时也可以降低电网的负荷，提高电力系统的稳定性[1]。离网型光伏发电系统则主要用于偏远地区或者没有电网覆盖的地方，如遥感站点、气象观测站、通讯基站等。

### 2.2 新型电力系统中光伏技术的应用现状

据国际可再生能源机构（IRENA）报告，近年来，光伏发电的装机容量和发电量都在稳步增长。尤其是在一些阳光充足的地区，例如中东、亚洲、非洲和澳大利亚，光伏发电已经所占的份额均在快速增长，成为了主重要的电力来源。在中国，随着“3060 双碳目标”的提出带来的政策的支持和技术的进步，光伏发电已经在多个省份实现了与火电的“网平”或“燃平”，即光伏电价与火电电价相当，且预计未来将实现全面的“燃平”。

## 3 光伏系统性能评估方法

### 3.1 性能评价指标

在光伏系统的设计、施工和运营过程中，对其性能的准确评价至关重要。

表 1 性能评价指标

评价指标	描述
转换效率	光伏电池将太阳能转化为电能的效率。
能量产出	光伏系统在一定时间内产生的总电能。
最大功率点跟踪效率	系统在不同太阳辐射条件下寻找最大功率点的能力。
安装面积效率	单位面积上的光伏发电功率。
温度系数	光伏电池输出电压和电流随温度变化的影响程度。
成本效益	投资与收益之间的关系，考虑系统建设和运行成本。
可靠性与稳定性	光伏系统在不同环境条件下的运行稳定性和可靠性。
负载适应性	系统在不同负载需求下的性能表现。
网络协调性	光伏系统与电网的交互性，影响系统对电网的支持能力。
资源利用率	对太阳能资源的充分利用程度。
环境影响	光伏系统对环境的影响，如碳排放减少等。

如表 1 所示，转换效率代表光伏电池将太阳能转为电能的效果，而能量产出则直接与系统的经济效益相关，显示了系统在特定时间内产生的总电能。最大功率点跟踪效率衡量系统在不同太阳辐射下的性能，而安装面积效率则关联系统功率输出与其占用空间。温度系数反映了温度变化对光伏电池输出的影响；成本效益、可靠性与稳定性考虑了系统的经济与技术层面的可靠性。负载适应性与网络协调性分别关注系统对负载变化的适应能力和与电网的交互效果。资源利用率揭示了系统对太

阳能的利用程度，而环境影响则从生态角度评估光伏系统的益处[2]。

### 3.2 实际应用中的挑战与解决策略

光伏系统在实际应用中面临多种挑战，这些挑战往往与技术、经济和环境等因素密切相关。首先，从技术层面来看，光伏电池的间歇性和可变性导致电力输出不稳定，这对电网稳定性和调度带来了一定的挑战。尤其在光伏发电量大的午后时段，可能出现电网过载或反向供电的情况，增加了电网调度的复杂性。此外，光伏电池的性能也会受到气候、温度、污染等环境因素的影响，降低了其转换效率和使用寿命。

从经济角度，尽管光伏电池的制造成本在不断降低，但其初期投资仍然相对较高，这对许多发展中国家和企业来说是一个经济负担。加上光伏发电系统的运维成本，使得电力成本相对传统的火力发电仍有一定的差距。此外，国家政策和补贴的变化也会对光伏项目的经济效益产生影响，导致投资风险增加[3]。

## 4 光伏技术优化策略

### 4.1 设备与材料的技术创新

在推动光伏技术向前发展的过程中，设备与材料的技术创新起到了决定性的作用。这种创新不仅针对提高光伏效率，还涉及到成本、耐久性和可靠性的问题。

首先，应考虑光伏电池的基本构成元素——太阳能电池材料。近年来，钙钛矿太阳能电池得到了广泛的关注和研究。与传统的晶硅太阳能电池相比，钙钛矿材料具有更高的光电转换效率和更好的柔韧性，且制造成本较低。此外，钙钛矿电池的颜色和透明度可以调整，为建筑集成光伏（BIPV）提供了更大的灵活性。

### 4.2 光伏系统设计与布局优化

光伏系统设计与布局是确保整个太阳能发电系统高效运行的关键环节。首先，从设计角度看，选择合适的太阳能电池类型和配置模式是至关重要的。不同的电池材料和结构在不同的地理、气候条件下有各自的最佳应用场景。例如，高效的钙钛矿太阳能电池在云层较多的地区具有显著的优势，而单晶硅电池则在高温环境中表现出众。

此外，为了保持光伏系统长时间的高效运行，还需要考虑到电池板的清洁问题。在一些多尘埃或多雨的地区，电池板可能会被沙尘或污垢覆盖，大大降低发电效率。因此，采用自动清扫机器人或者特殊的防污涂层成为布局优化的一部分<sup>[4]</sup>。

### 4.3 最大功率点追踪与控制策略

最大功率点追踪（MPPT）是太阳能光伏系统中关键的技术策略，其目的是确保太阳能电池组始终在最大功率点上运行，从而最大化能量的捕获和转换。由于环境因素（如温度、太阳辐照度）的不断变化，太阳能电池

的电压-电流特性曲线也会随之变动，导致最大功率点发生移动。因此，一个有效的 MPPT 控制策略可以实时调整光伏阵列的工作状态，确保其始终处于最佳工作点。

传统的 MPPT 技术，如恒电压法或开路电压法，主要依赖于经验参数和固定的设定值。但在动态变化的环境下，它们的适应性和准确性有限。近年来，采用先进算法的 MPPT 技术得到了广泛研究和应用。这些算法，如微分功率法、模糊逻辑控制和人工神经网络，能够更精确地预测最大功率点的位置，实现更快速和稳定的追踪。

### 4.4 与储能技术的融合与协同优化

光伏技术作为一种间歇性的可再生能源，在日照变化、云层遮挡或季节性差异时，其产能波动性较大。为确保电力系统的稳定和持续供电，与储能技术的紧密融合已成为一种必然趋势。储能系统能有效地平滑光伏产能的高峰和低谷，实现能源的高效利用，避免能源的浪费。

协同优化涉及到光伏系统和储能系统之间的动态能量流动管理。首先，通过高级算法和实时传感器数据，可以预测短期和中期的光伏发电量，从而制定更为合理的电池充放电策略。例如，在预测到高峰产能期前，电池可以预先放电以释放一部分存储容量，以捕获高峰时期的多余能量；反之，在低谷期预测到的情况下，电池可以提前充电，以满足后续的需求[5]。

## 5 结束语

光伏技术在新型电力系统中的关键角色已经得到明确，其应用优势和发展前景均受到广泛关注。本研究深入探讨了一系列优化策略，包括设备创新、系统设计及与储能技术的融合。随着技术和市场需求的持续变化，持续的策略更新与完善成为必要，而政府、研究机构和企业的紧密合作是推进这些策略的关键。期望本研究为光伏技术在新型电力系统的进一步发展提供有益的参考。

### 参考文献：

- [1] 马雷. 小型光伏发电系统设计 [J]. 光源与照明, 2023(05):144-146.
- [2] 王闯, 丁帅, 贺睿. 太阳能光伏性能参数和大型并网太阳能光伏电站性能优化建议 [J]. 科技创新与应用, 2023, 13(21):23-27.
- [3] 董文敏. 光伏发电参数监测与性能评估系统 [D]. 桂林理工大学, 2020.
- [4] 陈博洋, 冯光磊, 师竞妍. 考虑分布式光伏电源影响的发电负荷预测——评《电力系统负荷预测》 [J]. 中国有色冶金, 2023, 52(03):139.
- [5] 茹超, 张冲标, 毕江林等. 考虑光伏调频的新型电力系统频率态势预测 [J]. 机械与电子, 2023, 41(01):7-12.