

光伏发电系统发电效率探究

王少青

天津安装工程有限公司 天津 300202

摘要：光伏发电作为可再生能源的重要组成部分，其发电效率的提升对于推动能源转型和实现可持续发展具有重要意义。然而，光伏发电系统的发电效率受到多种因素的制约，包括环境因素、系统组件、设计规划以及运行维护等。本文旨在深入探究这些因素对光伏发电系统发电效率的影响，并提出相应的改进措施。通过优化光伏组件布局、使用高效逆变器、加强清洁维护、采用智能控制系统、优化储能系统设计、提高光伏电池光电转换效率以及改善环境因素等措施，可以显著提高光伏发电系统的发电效率，为可再生能源的广泛应用提供有力支持。

关键词：光伏发电系统；发电效率；影响因素；改进措施

引言

本文探讨了光伏发电系统发电效率的影响因素及改进措施。首先分析了温度、湿度、尘埃、云层等环境因素以及光伏电池、逆变器、线缆等系统组件对发电效率的影响。其次介绍了实际发电量与理论发电量比较以及系统效率计算等发电效率的计算方法。最后提出了优化光伏组件布局、使用高效逆变器、加强清洁维护、采用智能控制系统、优化储能系统设计、提高光伏电池光电转换效率以及改善环境因素等提高光伏发电系统发电效率的措施。

1 光伏发电系统发电效率的影响因素

1.1 环境因素

1.1.1 温度

太阳能电池组件会因温度变化而输出电压降低，电流增大，组件实际效率降低，发电量减少。因此，温度引起的效率降低是必须要考虑的一个重要因素。

1.1.2 湿度

空气中的相对湿度也影响着光伏发电系统的发电效率，湿度越高，发电效率越低。

1.1.3 尘埃

空气中漂浮着许多灰尘等小颗粒，当这些小颗粒落到光伏面板上并积累到一定量时，会极大影响发电效率。

1.1.4 云层

云层可以折射或反射太阳光并阻碍太阳辐射，直接导致可接收的太阳辐射下降，使得光伏发电系统的发电效率及发电量下降。

1.2 系统组件

1.2.1 光伏电池

光伏电池的光电转换效率直接影响系统的发电效率。目前，市场上常见的光伏电池有单晶硅、多晶硅和

非晶硅等。单晶硅电池的发电效率最高，但成本也最高；多晶硅电池的成本较低，但发电效率略低；非晶硅电池的成本最低，但发电效率也最低。此外，碲化镓太阳能电池的光电转换效率最高，但由于制作生产成本过于昂贵，不具备经济性，只用于航空航天等高精尖领域。

1.2.2 逆变器

逆变器是将光伏阵列产生的直流电转化为交流电的关键设备。逆变器的转换效率高低决定了对电能的损耗，损耗越少，发电的成本也就越低^[1]。

1.2.3 线缆

光伏发电系统中的直流部分线缆和交流部分线缆都存在功率损耗，这些损耗会影响系统的发电效率。

1.3 设计规划

光伏发电系统的设计规划对发电效率也有重要影响。合理规划设计光伏阵列的规格与规模，调整太阳能电池板的倾斜角度和面向的方位，可以确保最大限度地吸收光源。此外，组件串联不匹配也会产生效率降低，因为生产工艺问题导致不同组件之间功率及电流存在一定偏差，这些偏差会对光伏电站的发电效率产生影响。

1.4 运行维护

光伏发电系统的运行维护也是影响发电效率的重要因素。定期清洁光伏组件表面的灰尘和污垢可以防止遮挡光线，从而提高发电效率。同时，定期检查和维护光伏阵列的电气设备和系统，确保其正常运行，也有助于提高发电效率。

2 光伏发电系统发电效率的计算方法

2.1 实际发电量与理论发电量的比较

光伏发电系统的实际发电量是指光伏电站实际发电量，而理论发电量是根据光照强度和太阳能电池板的特性计算得出的理论上产生的最大发电量。系统效率可以

通过以下公式计算：

系统效率 (%) = 实际发电量/理论发电量×100%其中，理论发电量可以通过以下公式计算：

理论发电量 = 太阳辐射总量×太阳能电池板转换效率×光伏电池板的面积×时间

在此公式中，太阳辐射总量是指太阳辐射在太阳能电池板上的总辐射量，单位为千瓦时/平方米；太阳能电池板转换效率是指太阳能电池板将光照转化为电能的效率；光伏电池板的面积是指电池板的总面积；时间是指光伏电站实际运行的时间或整个光伏电站的寿命等。

2.2 系统效率的计算

光伏电站的系统效率 (Performance Ratio, 简称“PR”) 是光伏电站质量评估中最重要的指标之一。系统效率是指太阳能电池板将日照转化为电能的能力，并包括整个光伏电站的电力损耗等各方面的因素。系统效率的计算可以通过以下公式进行：

$$PT = (ET / (Pe \times hT)) \times 100\%$$

其中，PT是在T时间段内光伏电站的平均系统效率；ET是在T时间段内光伏电站输入电网的电量；Pe是光伏电站组件装机的标称容量；hT是T时间段内方阵面上的峰值日照时数^[2]。

3 提高光伏发电系统发电效率的措施

3.1 优化光伏组件的布局 and 安装角度

首先，确保光伏组件面向正南方向安装（在北半球），这是最大化日照接收量的基础。根据当地的纬度信息，使用专业软件计算最佳安装角度，确保太阳光线能够垂直或接近垂直于组件表面，减少反射损失。在低纬度地区，由于太阳高度角较大，安装角度可适当减小；而在高纬度地区，则需增大安装角度以适应较低的太阳位置。此外，对于多阴雨天气频繁的地区，应考虑到云层散射光的影响，适当调整组件的倾斜角度，以捕捉更多散射光线。采用行列式布局时，需合理计算并设定组件间的距离，避免阴影遮挡。同时，可以结合地形地貌，探索多种布局方式，如倾斜式、V型或鱼骨式等，充分利用可用空间，并根据季节变化适时调整组件角度，以最大化吸收太阳辐射。

3.2 使用高效的逆变器

高效的逆变器能够显著提高发电效率，其原理在于更有效地将直流电转化为交流电，减少能量在转换过程中的损失。现代高效逆变器采用了先进的电力电子技术和优化的电路设计。例如，采用高频开关技术，能够提高转换频率，降低功率损耗；同时，具备智能的最大功率点跟踪 (MPPT) 功能，能够实时监测光伏阵列的输

出功率，自动调整工作点，使其始终保持在最大功率输出状态，即使在光照强度和温度等环境因素变化的情况下，也能最大限度地利用太阳能。此外，高效逆变器还具有良好的电能质量调节功能。它能够对输出的交流电进行滤波和稳压处理，减少谐波含量，使输出的电能更加稳定和纯净，符合电网接入标准，提高了光伏发电系统的可靠性和兼容性。

3.3 加强光伏阵列的清洁和维护

灰尘和污垢会遮挡光线，降低组件接收太阳能的能力，从而导致发电功率下降。在实际操作中，应根据当地的环境条件制定合理的清洁计划。对于沙尘较多的地区，清洁频率可能需要适当增加；而在相对清洁的环境中，可以适当延长清洁周期。清洁方式可以采用人工清洗和自动清洗装置相结合的方法。人工清洗适用于小型光伏系统或局部污渍严重的情况，清洗时要注意使用柔软的清洁工具和合适的清洁剂，避免对组件表面造成损伤。自动清洗装置则可以实现定期、自动化的清洁，提高清洁效率和及时性。例如，安装喷淋系统或使用机器人清洗设备，能够在不影响系统正常运行的情况下，对组件表面进行全面清洁。除了组件表面的清洁，定期检查和维护光伏阵列的电气设备和系统也是必不可少的。要对电缆连接、接线盒、逆变器等设备进行定期检查，确保其连接牢固、无松动、无腐蚀等情况。及时发现并处理电气故障，避免因设备故障导致的能量损失和发电效率下降。同时，对光伏阵列的支架、基础等结构部件进行检查和维护，确保其稳定性和安全性，防止因自然因素或人为因素导致的组件损坏或位移。

3.4 采用智能控制系统

智能控制系统能够实时监控光伏阵列的状态和性能，并根据不同的天气和负载需求自动调节光伏阵列的输出功率。智能控制系统通过传感器采集光伏阵列的电压、电流、功率、温度等参数，以及环境中的光照强度、温度、湿度等信息。利用这些数据，系统可以对光伏阵列的工作状态进行实时分析和判断。在光照强度较强时，智能控制系统可以自动调整逆变器的工作参数，使光伏阵列输出最大功率；当光照强度减弱或负载变化时，系统能够及时调整输出功率，以匹配负载需求，避免能量浪费。此外，智能控制系统还具备故障诊断和预警功能。通过对采集的数据进行分析，系统能够及时发现光伏阵列或其他设备的潜在故障，并发出预警信号，提醒运维人员进行检修。这有助于提前排除故障，减少停机时间，提高光伏发电系统的可靠性和稳定性。同时，智能控制系统可以记录和存储系统的运行数据，为

后续的性能分析和优化提供依据。通过对历史数据的分析,能够找出系统运行中的薄弱环节,进一步优化系统的控制策略和参数设置,提高发电效率^[1]。

3.5 优化储能系统的设计和管理

在储能系统的设计方面,需要根据光伏发电系统的规模、负载需求以及当地的能源政策等因素进行综合考虑。选择合适的储能技术和设备,如锂离子电池、铅酸电池、液流电池等,并合理确定储能容量和功率配置。同时,要优化储能系统的电路结构和控制策略,提高能量转换效率和充放电速度。例如,采用先进的电池管理系统,对电池的充放电过程进行实时监控和管理,确保电池在安全、高效的运行状态下运行,延长电池寿命,提高储能系统的整体性能。在储能系统的管理方面,要制定合理的充放电策略。根据光伏发电的功率预测和负载需求预测,合理安排储能系统的充放电时间和功率。在白天光伏发电量充足时,将多余的电能存储起来;在夜间或低光照条件下,通过储能系统放电满足负载需求。同时,要充分利用峰谷电价差等政策因素,优化储能系统的运行模式,提高经济效益。此外,定期对储能系统进行维护和检测,及时发现和处理电池老化、容量衰减等问题,确保储能系统的可靠性和稳定性。

3.6 提高光伏电池的光电转换效率

一是寻找光电转换新材料。传统的硅基光伏电池虽然在市场上占据主导地位,但随着科技的发展,一些新型材料如钙钛矿、有机半导体等展现出了巨大的潜力。钙钛矿太阳能电池具有较高的光电转换效率和较低的制造成本,其制备工艺相对简单,有望在未来实现大规模应用。有机半导体太阳能电池则具有柔韧性好、可大面积制备等优点,适用于一些特殊场景的应用。不断探索和研究新型光电转换材料,有望突破现有技术的限制,进一步提高光伏电池的效率。二是采用新的加工技术制造太阳能电池。例如,采用纳米技术对光伏电池的结构进行优化,能够增加光的吸收和载流子的传输效率。通过制备纳米结构的硅材料或其他半导体材料,可以增加光生载流子的产生和收集效率,从而提高光电转换效率。此外,先进的薄膜制备技术、晶体生长技术等也在不断发展和完善,为提高光伏电池的性能提供了技术支持。三是使用聚光光学元件。聚光太阳能技术通过使用聚光器将大面积的太阳光聚焦到较小面积的光伏电池上,从而提高光强,增加电池的输出功率。聚光光学元件可以采用透镜、反射镜等形式,根据不同的应用场景

和需求进行设计和选择。在聚光系统中,还需要配合高效的散热技术,以防止光伏电池因温度过高而导致性能下降。通过合理设计和优化聚光系统,可以显著提高光伏发电系统的发电效率,同时降低成本。

3.7 改善环境因素

光伏发电系统的发电效率受到环境因素的影响较大,通过改善环境因素,可以有效地提高发电效率。第一,光伏电池的性能会随着温度的升高而下降,因此降低光伏电池的工作温度可以显著提高其光电转换效率。在光伏电站周围种植树木可以起到遮阴降温的作用,减少地表温度的上升,从而降低光伏电池的工作温度。此外,还可以采用散热装置,如散热片、冷却液循环系统等,将光伏电池产生的热量及时散发出去,保持电池在较低的温度下工作。第二,高湿度环境可能会导致光伏组件表面结露,影响光线的透过率,同时还可能引起电气设备的腐蚀和短路故障。因此,在湿度较高的地区,可以采取防潮措施,如加强通风、使用除湿设备等,降低空气湿度,提高发电效率和系统的可靠性。第三,除了定期清洁光伏组件表面的灰尘和污垢外,还可以选择合适的安装地点,尽量避免在尘埃较多或容易出现云层遮挡的区域建设光伏电站。对于已经建成的电站,可以采用一些辅助设备,如灰尘监测传感器和自动清洗装置联动,当灰尘积累到一定程度时自动启动清洗程序;同时,利用气象预报数据,提前预测云层遮挡情况,合理调整光伏发电系统的运行策略,最大限度地减少因尘埃和云层遮挡导致的发电损失。

结束语

综上所述,光伏发电系统发电效率的提升是一个复杂而系统的工程。通过综合考虑各种因素并采取相应的改进措施,可以显著提高光伏发电系统的发电效率。未来,随着技术的不断进步和成本的进一步降低,光伏发电将成为更加可靠、高效的能源供应方式,为人类的可持续发展做出更大的贡献。

参考文献

- [1]刘从领,薛建平,彭宏亮,席晓军,任莹.提高光伏发电系统效率技术实践[J].石油石化节能与计量,2024,14(02):44-48+53.
- [2]李宁.光伏电站效率提升策略研究[J].中国设备工程,2023,(07):101-103.
- [3]尤海侠.光伏发电效率影响因素分析[J].能源技术与管理,2022,47(06):147-149.