

分布式屋顶光伏发电及并网系统应用研究

孙萌萌 杨 兵 王 珏
中建六局建设发展有限公司 天津 300450

摘要：分布式屋顶光伏发电及并网系统应用研究聚焦于提升清洁能源利用效率与电网稳定性。通过优化光伏电池板布局、逆变器选型与配置，以及并网策略设计，实现高效的光电转换与稳定的电力并网。研究还探智能控制在提升系统性能、增强故障应对能力方面的应用，为分布式光伏的广泛应用提供了技术支持与实践参考。

关键词：分布式；光伏发电；技术应用

1 分布式屋顶光伏发电系统概述

分布式屋顶光伏发电系统是一种将光伏组件安装在建筑物屋顶上的可再生能源发电系统。该系统通过利用太阳能光电效应，将阳光直接转换为电能，不仅实现了能源的绿色转换，还显著减少对传统能源的依赖和环境污染。分布式屋顶光伏发电系统具有多个显著优势，它倡导就近发电、就近使用的原则，有效提高了能源利用效率，减少了电力在长途传输过程中的损耗。该系统安装灵活，可根据建筑物的屋顶面积和实际需求进行模块化设计，规模可大可小，适用于不同规模和类型的建筑。分布式屋顶光伏发电系统还能为建筑物提供稳定的电力供应，降低电力中断的风险，增强能源安全性。在经济效益方面，分布式屋顶光伏发电系统也具有显著优势。通过自建自发自用，建筑物所有者可以减少电费支出，甚至将多余的电能卖给电网，实现收益。随着光伏技术的不断进步和成本的降低，分布式屋顶光伏发电系统的投资回报率也在不断提高。分布式屋顶光伏发电系统的实施也面临一些挑战，如屋顶承重能力、光照条件、设备维护等问题，在设计和安装过程中需要充分考虑这些因素，确保系统的安全、稳定和高效运行。

2 并网系统在光伏发电中的作用与重要性

并网系统在光伏发电中扮演着至关重要的角色，并具有重要的战略意义。第一、并网系统实现了光伏发电与常规电网的无缝连接，使太阳能这种清洁、可再生的能源能够高效、稳定地转化为电能，并直接输送至电网，满足社会的用电需求。这一系统极大地促进了太阳能的广泛应用，使得太阳能光伏发电成为可持续发展的重要途径之一^[1]。第二、并网系统具有显著的能源利用效益，与独立光伏发电系统相比，并网系统省去蓄电池作为储能装置的需求，降低系统的复杂性和维护成本。光伏阵列能够始终运行在最大功率点处，由电网来接纳并平衡太阳能所发的全部电能，从而提高了太阳能的发电

效率。第三、并网系统对电网也具有重要意义，它不仅有助于缓解电网的传输和分配负担，还能对电网起到调峰的作用，提升电网的稳定性和可靠性。通过并网系统的运行，电网获得分布式能源的支持，实现能源的多样化和优化配置。并网系统在光伏发电中起着不可替代的作用，是实现太阳能大规模商业化应用的重要途径。它不仅提高能源利用效率，降低系统成本，还促进了电网的稳定运行和可再生能源的广泛应用，对于推动能源结构的优化和可持续发展具有重要意义。

3 屋顶光伏发电系统的发展现状

屋顶光伏发电系统作为可再生能源领域的重要组成部分，近年来在全球范围内呈现出蓬勃发展的态势。随着技术的不断进步和成本的持续降低，屋顶光伏发电系统的安装规模迅速扩大，成为推动绿色能源转型的重要力量。当前，屋顶光伏发电系统的发展呈现出以下几个显著特点：一是技术成熟度不断提高，光伏组件的转换效率、耐久性以及智能化水平均实现了显著提升，使得系统性能更加优越，运维成本进一步降低；二是政策支持力度加大，各国政府纷纷出台了一系列鼓励屋顶光伏发电发展的政策措施，包括补贴政策、税收优惠、融资支持等，为系统的推广应用提供了有力保障；三是市场需求持续增长，随着人们对环境保护和可持续发展的认识不断加深，越来越多的企业和个人开始关注并投资于屋顶光伏发电系统，以减少对传统能源的依赖，实现节能减排目标；四是应用场景日益丰富，屋顶光伏发电系统不仅广泛应用于居民住宅、商业楼宇、工业厂房等建筑领域，还逐渐渗透到农业大棚、渔光互补、光伏扶贫等多元化领域，为不同用户提供个性化的解决方案。展望未来，随着全球能源结构的不断优化和可再生能源技术的不断进步，屋顶光伏发电系统有望继续保持快速发展的态势，随着智能电网、微电网等新型电力系统的建设和发展，屋顶光伏发电系统将实现更加紧密的

互动和协同,为构建清洁、低碳、安全、高效的能源体系作出更大贡献。

4 分布式屋顶光伏发电系统设计与优化

4.1 光伏电池板安装及阵列设计

在分布式屋顶光伏发电系统的设计中,光伏电池板的安装与阵列设计是至关重要的一环。光伏电池板作为系统的核心组件,其安装方式和阵列布局直接影响到系统的发电效率和稳定性。光伏电池板的安装方式需根据屋顶结构、承重能力、光照条件及安全规范等多方面因素综合考虑。常见的安装方式包括固定式安装和跟踪式安装。固定式安装简单可靠,成本较低,适用于大多数屋顶环境;而跟踪式安装则能根据太阳位置自动调整电池板角度,提高光照接收效率,但成本较高且维护复杂。在选择安装方式时,需权衡发电效率与成本投入,确保系统经济性和实用性的平衡^[2]。阵列设计是指光伏电池板在屋顶上的布局和排列方式。合理的阵列设计能够最大化利用屋顶面积,减少阴影遮挡,提高系统整体发电效率。在设计过程中,需考虑屋顶形状、大小、朝向及周围建筑物的高度和位置等因素,通过模拟计算和实地勘测确定最佳阵列布局,还需注意电池板之间的间距和角度调整,以确保每块电池板都能获得充足的光照。阵列设计还需考虑系统的可扩展性,随着光伏技术的不断进步和成本的降低,未来可能需要对系统进行扩容升级。在设计时需预留足够的空间和接口,以便后续增加电池板数量或调整阵列布局。

4.2 逆变器及电池储能系统选择与配置

逆变器是分布式屋顶光伏发电系统中的关键设备之一,负责将光伏电池板产生的直流电转换为交流电,以供电网或用户使用。而电池储能系统则能在光照不足或电网故障时提供电力支持,增强系统的可靠性和稳定性。在选择逆变器时,需考虑其转换效率、功率匹配、保护功能及智能化水平等因素。转换效率是衡量逆变器性能的重要指标之一,高效率的逆变器能够减少能量损失,提高系统整体发电效率。功率匹配则是指逆变器的额定功率应与光伏电池板的总功率相匹配,以确保系统稳定运行,逆变器还需具备完善的保护功能,如过载保护、短路保护、孤岛效应防护等,以确保系统安全。随着智能化技术的发展,逆变器还需具备远程监控、故障诊断及自动调整等功能,以提高系统的运维效率和可靠性。电池储能系统的配置需根据系统的实际需求、经济性、安全性等多方面因素综合考虑。需确定储能容量和功率需求,以确保在光照不足或电网故障时能够提供足够的电力支持。选择合适的电池类型和品牌,以确保电

池的性能和寿命满足系统要求。同时还需考虑电池管理系统的配置,以实现电池的均衡充电、放电及安全保护等功能。此外还需考虑储能系统的成本投入和回报周期等因素,以确保系统的经济性和可行性。

4.3 智能控制技术在系统设计中的应用

智能控制技术在分布式屋顶光伏发电系统中的应用日益广泛,为系统的智能化、自动化和高效化运行提供了有力支持。MPPT技术是一种通过调整光伏电池板的工作电压和电流来实现最大功率输出的技术。在分布式屋顶光伏发电系统中应用MPPT技术可以确保电池板始终工作在最大功率点附近,从而提高系统的发电效率。MPPT控制器能够实时监测电池板的输出电压和电流,并根据光照条件自动调整工作点,确保系统始终处于最佳工作状态。远程监控与故障诊断技术使得系统运维人员能够实时掌握系统的运行状态和性能参数,及时发现并处理潜在问题。通过安装传感器和监控设备,将系统的运行数据实时传输至远程监控中心,运维人员可以随时随地查看系统的发电量、电压、电流、温度等参数,并根据数据变化进行故障诊断和预警。一些先进的监控系统还具备自动调整和优化功能,能够根据环境变化自动调整系统参数,提高系统的发电效率和稳定性。智能调度与能量管理技术能够根据电网负荷情况和用户需求自动调整系统的发电量和储能量,实现能源的优化配置和高效利用。通过集成智能电网技术,系统能够实时获取电网负荷信息和电价信息,并根据这些信息自动调整发电计划和储能策略。在电网负荷高峰时段增加发电量并减少储能量以缓解电网压力;在电网负荷低谷时段减少发电量并增加储能量以储存多余电能,智能调度与能量管理技术还能够实现与电网的互动和协同,提高系统的灵活性和可靠性^[3]。

5 并网系统在分布式光伏发电中的应用

5.1 并网逆变器及其工作原理

在分布式光伏发电系统中,并网逆变器是连接光伏电池板与电网的关键设备,它扮演着将光伏电池板产生的直流电转换为交流电,并安全、高效地送入电网的重要角色。并网逆变器的工作原理基于电力电子技术和控制策略,其核心在于实现电流和电压的精确控制,以确保光伏系统与电网之间的无缝对接。并网逆变器首先将光伏电池板输出的直流电进行滤波和稳压处理,以消除电压波动和噪声。随后,通过内部的电力电子开关器件(如IGBT或MOSFET)进行高频斩波,将直流电转换为高频交流电。接下来,高频交流电经过滤波电路变换为符合电网标准的正弦波交流电。在这一过程中,并网逆

变器还需实时检测电网的电压、频率和相位等参数，并通过控制算法调整输出电流的相位和幅值，使之与电网保持同步，实现光伏系统的并网发电。并网逆变器的控制策略是实现高效并网的关键，现代并网逆变器普遍采用先进的控制算法，如最大功率点跟踪（MPPT）、电网电压定向控制（VOC）和电流控制策略等。这些算法能够确保逆变器在不同光照条件和电网环境下均能保持稳定的输出功率和高质量的电能质量，并网逆变器还具备多种保护功能，如过流保护、短路保护、孤岛效应检测与防护等，以确保系统安全稳定运行。

5.2 并网系统对光伏电能发电的影响

并网系统对分布式光伏发电的电能发电具有深远的影响，主要体现在提高发电效率、优化能源配置和推动智能电网发展等方面。并网系统通过实现光伏电池板与电网的直接连接，使得光伏系统能够充分利用光照资源进行发电。在光照充足时，光伏系统能够产生大量电能并直接送入电网，避免了储能设备的能量损失和成本投入，并网系统还能够通过智能调度和能量管理技术实现光伏电能与电网电能的优化配置，进一步提高系统的整体发电效率。并网系统促进了光伏电能与电网电能的深度融合和互补利用，在电网负荷高峰时段，光伏系统可以增加发电量以缓解电网压力；在电网负荷低谷时段，光伏系统可以减少发电量并将多余电能储存于电网或储能设备中。这种灵活的能源配置方式不仅提高了能源的利用效率，还促进了可再生能源的广泛应用和发展。并网系统作为智能电网的重要组成部分，其建设和应用推动了智能电网技术的创新和发展。通过集成先进的通信、控制和信息技术，并网系统能够实现光伏系统与电网之间的实时信息交互和协同优化。

5.3 并网技术在提高自身稳定性和可靠性中的作用

并网技术在提高分布式光伏发电系统的稳定性和可靠性方面发挥着重要作用。通过优化并网策略、增强保护功能和提升控制精度等措施，并网技术能够确保光伏系统在复杂多变的电网环境中保持安全、稳定的运行状态。并网策略的制定和优化是提高系统稳定性的关键。

合理的并网策略能够确保光伏系统在并网过程中与电网保持同步和协调，避免因电压、频率等参数不匹配而导致的系统失稳。通过实时监测电网状态和预测未来趋势，并网策略还能够实现光伏系统的智能调度和能量管理，提高系统的适应性和灵活性^[4]。并网系统需要具备完善的保护功能以应对各种异常情况，通过集成多种保护机制（如过流保护、短路保护、孤岛效应检测与防护等），并网系统能够在电网故障或光伏系统异常时迅速切断与电网的连接并采取相应的保护措施，避免对电网和光伏系统造成损害。这些保护功能的增强提高了系统的可靠性和安全性。控制精度的提升是确保系统稳定运行的重要保障，现代并网逆变器采用先进的控制算法和高速数字信号处理器（DSP）等技术手段实现了对电流、电压等参数的精确控制。通过实时调整控制参数和优化控制策略，并网逆变器能够确保光伏系统在复杂多变的电网环境中保持稳定的输出功率和高质量的电能质量。这种高精度的控制不仅提高系统的稳定性还增强系统的适应性和可靠性。

结束语

分布式屋顶光伏发电及并网系统的深入应用研究，不仅推动可再生能源技术的创新发展，也为构建绿色低碳、安全高效的能源体系贡献了重要力量。未来，随着技术的不断进步和政策的持续支持，分布式光伏将在更多领域展现其独特优势，为实现全球能源转型和可持续发展目标贡献力量。

参考文献

- [1]孙永胜,李河,官翔.屋顶分布式光伏发电面临的挑战及应对措施[J].电子测试,2017,(23):130-131.
- [2]陈萍.分布式屋顶光伏发电在工业企业的实际应用及效益分析[J].玻璃,2019,0(3):46-50.
- [3]岳兴华.农村屋顶分布式光伏电站设计与运行分析[J].通信电源技术,2018,35(9):82-83.
- [4]李文才,王希平,赵青松,等.分布式光伏发电并网对配电网继电保护的影响研究[J].机电信息,2019(8):37-39.