

# 储能技术在光伏发电系统中的应用

许守棋

华润新能源投资有限公司广西分公司 广西 南宁 530000

**摘要：**本文深入剖析了储能技术在光伏发电系统中的核心作用，细致探讨了飞轮储能、超级电容器、压缩空气储能及抽水蓄能等多种储能技术的独特优势。文章着重分析了这些技术如何有效提升光伏发电系统的稳定性、经济性和能源利用效率，通过实际案例与理论结合，为光伏发电系统的优化设计以及储能技术的科学选型提供了坚实的理论支撑与实用的操作指南，对于推动光伏产业的高质量发展具有重要意义。

**关键词：**储能技术；光伏发电系统；锂电池；物理储能；能源利用效率

## 引言

随着全球能源需求的持续增长和环境保护意识的增强，光伏发电作为可再生能源的重要组成部分，其重要性日益凸显。然而，光伏发电系统的间歇性和不稳定性问题限制了其广泛应用。储能技术作为克服这一困难的有效措施，能够平滑光伏发电输出，提高能源利用效率，并增强电网的稳定性。本文将系统介绍光伏发电系统的基本结构、分类和特点，详细阐述储能技术的分类及其在光伏发电系统中的应用，最后对储能技术的发展趋势进行展望。

### 1 光伏发电系统概述

#### 1.1 基本结构

光伏发电系统的核心组件包括光伏电池阵列、逆变器、蓄电池组和配电网。光伏电池阵列是系统的能量来源，由多个光伏电池单元串联或并联组成，是将太阳光直接转化为直流电能；这部分的直流电能随后再经由逆变器完成转化，变成与电网兼容的交流电能，以满足家庭、工业或商业用电需求；逆变器不仅完成直流到交流的转换，还具备过压、过流保护等功能，确保系统安全运行。蓄电池组在光伏发电系统中扮演着储能和调峰的角色，当光照充足且系统所提供的能量达到即时要求之后，系统剩余的能量将被贮存在蓄电池内；而在夜间或照明时间不足的状态下，蓄电池也将放出储存的能量，保证系统的连续供电。蓄电池还能在电网故障时提供应急电源，增强系统的可靠性和自给自足能力。配电网则是光伏发电系统与用户之间的桥梁，负责将逆变器输出的交流电能安全、高效地输送到各个用电点；它包括了电缆、变压器、开关设备等关键元素，确保电能的稳定传输和分配<sup>[1]</sup>。

#### 1.2 系统分类

光伏发电系统根据其电网的互动方式，又可以分

成可调节式并网光伏发电系统和不可调节式并网光伏发电系统。可调度式系统通常配备有先进的控制系统和储能装置，能够根据电网的需求或用户的指令调整输出功率，实现与电网的灵活互动；这种系统不仅能够平滑光伏发电的输出波动，还能在电网需要时提供额外的电力支持，增强电网的稳定性和可靠性。相比之下，不可调度式并网光伏发电系统则更为简单直接；它直接将光伏电池阵列产生的电能通过逆变器转换为交流电，并接入电网；这种系统的输出功率完全取决于光照强度和光伏电池的效率，无法主动调整以适应电网的需求变化。在电网稳定性要求较高的场景下，可能需要配合其他能源或储能设备来平衡光伏发电的输出波动。

#### 1.3 系统特点

光伏发电系统的一个显著特点是其输出功率的受环境因素影响较大。光照强度、温度、云量等自然条件的变化都会导致光伏电池阵列产生的电能波动，地域条件如纬度、海拔等也会影响光照资源的分布和光伏发电系统的效率。这些不稳定性因素给电网的稳定运行和用户的用电体验带来了挑战；为了克服这些挑战，光伏发电系统通常需要配备储能装置和智能控制系统，以实现电能的平滑输出和优化利用<sup>[2]</sup>。

### 2 储能技术分类及应用

#### 2.1 蓄电池储能技术

蓄电池作为光伏发电系统中的关键储能组件，不仅承担着平衡系统供需、提高能源利用率的重任，还直接关系到整个系统的经济性和可靠性。目前，应用于光伏发电系统的蓄电池种类繁多，各有其独特的性能特点和适用场景。（1）锂电池凭借其高能量密度、长循环寿命以及低自放电率等优势，在光伏储能领域占据了一席之地。特别是在对重量和体积有严格要求的场合，如户用光伏系统或移动式储能装置，锂电池凭借其轻量化、高

效能的特点成为了首选；但是，锂电池的高昂生产成本依然是限制其规模化使用的重要原因所在。（2）铅酸电池作为一种技术成熟、成本相对较低的储能技术，在光伏发电系统中有着广泛的应用基础。其稳定的电化性能和良好的可靠性使得铅酸电池成为许多小型光伏系统或备用电源的首选；但铅酸电池的能量密度较低，循环寿命有限，且在使用过程中需要定期维护，如补液、均衡充电等，这增加了系统的运维成本。（3）钠硫电池和液流电池则代表了蓄电池储能技术中的两个特殊类别。钠硫电池以其高能量密度、高效率以及长寿命著称，特别适用于需要大规模储能和长时间放电的场合，如电力调峰、电网备用等；但是，钠硫电池的高温工作环境和复杂的热管理系统增加了其技术难度和成本。液流电池则通过电解液在外部储罐和电池堆之间的循环流动来实现电能的储存和释放，具有安全性高、可扩展性强以及易于回收再利用等优点；目前，液流电池正处于快速发展阶段，其在光伏发电系统中的应用前景广阔。

## 2.2 物理储能技术

物理储能技术作为储能领域的重要分支，以其独特的储能机制和广泛的应用前景，在光伏发电系统中发挥着重要作用。其中，飞轮储能、压缩空气储能和抽水蓄能是三种典型的物理储能方式。（1）飞轮储能技术通过使飞轮高速旋转来储存动能。当系统需要释放能量时，飞轮减速并通过发电机将动能转换为电能；飞轮储能系统具有响应速度快、维护成本低以及环境适应性强等特点；由于飞轮储能的储能密度相对较高，且能够在极短的时间内完成能量的储存和释放，因此特别适用于需要快速响应和频繁充放电的场合，如电网的稳定控制、不间断电源系统等。（2）压缩空气储能技术则利用压缩空气来储存能量。在储能阶段，空气被压缩并存储在高压容器中；在释能阶段，压缩空气通过膨胀机或燃气轮机做功，将储存的能量转换为电能。压缩空气储能系统适用于大规模储能，其储能容量和放电时间可根据需要进行调整；该技术还具有选址灵活、对环境影响小等优点，是未来大规模储能领域的重要发展方向之一。（3）抽水蓄能技术则是利用水位差来储存能量。在储能阶段，通过水泵将水从低水位抽到高水位的水库；在释能阶段，高水位的水通过水轮机做功，将储存的水能转换为电能。抽水蓄能电站具有储能容量大、成本低以及运行可靠等特点，是目前应用最广泛的物理储能技术之一。抽水蓄能电站不仅能够平衡光伏发电系统的输出波动，还能在电网负荷低谷时吸收多余电能，在负荷高峰时释放电能，有效提高了整个电力系统的稳定性和经济性<sup>[3]</sup>。

## 2.3 其他储能技术

在储能技术的广阔领域中，超级电容器和超导储能作为两种新型且颇具潜力的储能方式，正逐渐受到业界的关注与重视。（1）超级电容器，又名电化学电容器，是指一类位于常规电容器与电池中间的储能器件。它融合了电容器的高功率密度与燃料电池的大能力密度特性，拥有长循环寿命、快速充放电能力以及宽工作温度范围等优势。在短时高功率应用中，超级电容器能够迅速提供大量电能，满足设备对瞬时大功率的需求，如电动汽车的启动加速、电力系统的瞬时功率补偿等；超级电容器的充放电过程高度可逆，且对环境的污染较小，是一种绿色、高效的储能技术。（2）超导储能则是采用了超导物质在一定温度下电流为零的特点，来贮存能量。在超导状态下，电流可以在超导材料中无损耗地流动，从而实现电能的长期储存；超导储能系统具备能量密度高、反应速度快、传输效率高，以及无污染等优势。目前超导储能技术仍面临一些挑战，如超导材料的成本较高、需要维持低温环境以及技术尚不成熟等，这些因素限制了超导储能技术的广泛应用。随着超导材料科学的不断进步和制冷技术的日益成熟，超导储能有望在未来成为储能领域的重要力量，特别是在对能量密度和响应速度有极高要求的场合，如电力系统的稳定控制、磁悬浮列车等高科技领域。

## 3 储能技术在光伏发电系统中的应用

### 3.1 电力调峰与调谷

在光伏发电系统中，储能技术对于电力调峰与调谷具有举足轻重的地位。由于光伏发电受天气、时间等因素影响较大，其输出功率存在显著的不稳定性和间歇性；这就给电网的稳定运行带来了挑战，特别是在用电高峰期和低谷期，电网的供需矛盾尤为突出。（1）储能技术的引入，为这一难题提供了有效的解决方案。在用电高峰期，当光伏发电系统的输出功率无法满足电网需求时，储能装置可以迅速释放之前储存的电能，补充电网的供电缺口，从而减轻电网的负担，避免电力短缺导致的停电等风险；这一过程不仅保障了电网的稳定运行，还提高了电力供应的可靠性和质量。（2）而在用电低谷期，光伏发电系统往往会产生多余的电能。此时，储能装置可以发挥其储存功能，将这些多余的电能储存起来，以备后续使用；这种削峰填谷的储能策略，不仅有助于平衡电网的功率波动，减少电网的负荷峰谷差，还能提高电网的整体效率和稳定性。（3）储能技术在电力调峰与调谷中的应用，还有助于优化光伏发电系统的经济运行。通过合理调度储能装置，可以在保证电力供

应的同时,降低光伏发电系统的运行成本,提高整个系统的经济效益<sup>[4]</sup>。

### 3.2 提高能源利用效率

光伏发电作为一种清洁、可再生的能源利用方式,其发电过程受到光照强度、天气变化等多种因素的影响,具有显著的间歇性和不稳定性。这种特性导致光伏发电系统在某些时段可能产生大量电能,而在其他时段则可能供电不足,进而造成能源的浪费和电网的不稳定。储能技术的引入,为这一难题提供了有效的解决方案。(1)储能装置能够储存光伏发电系统在光照充足时产生的多余电能,并在光照不足或夜间无光照时释放电能,从而确保光伏发电系统的连续供电。这一过程不仅避免了能源的浪费,还提高了光伏发电系统的整体能源利用效率。通过储能技术的调节,光伏发电系统能够更好地适应电网的需求,实现电能的稳定输出。(2)储能技术还可以与智能电网技术相结合,进一步提升光伏发电系统的能源利用效率。智能电网技术能够实时监测电网的供需状况,并根据实际情况对电能进行智能调度和优化分配。储能装置作为智能电网的重要组成部分,可以根据智能电网的指令,在合适的时机进行电能的储存和释放,从而实现电能的最佳利用。(3)通过储能技术与智能电网技术的有机结合,光伏发电系统能够更加高效地利用太阳能资源,减少能源的浪费,提高能源利用效率。这不仅有助于推动光伏发电技术的广泛应用,还能促进整个能源体系的可持续发展,为构建绿色、低碳、高效的能源体系贡献力量。

### 3.3 微电网系统

微电网系统作为分布式能源的重要组成部分,实现了能源的本地化生产和消费,提高了能源利用的灵活性和可靠性。在这一系统中,储能技术发挥着不可或缺的关键作用,为微电网的稳定运行和高效管理提供了有力支撑。(1)微电网通常整合了多种分布式能源发电单元,如光伏发电、风力发电等,这些发电方式受到自然

环境条件的制约,具有显著的间歇性和不稳定性。储能装置的引入,为微电网系统提供了稳定的备用电源;在发电单元输出不足或故障时,储能装置能够迅速释放储存的电能,确保负载的连续供电,从而显著提高负载供电的可靠性。(2)除了作为备用电源外,储能装置还能根据微电网系统的实际需求,灵活调整输出功率。在电网负荷高峰时段,储能装置可以释放电能,减轻发电单元的负担,实现电网调峰;而在负荷低谷时段,则可以储存多余的电能,以备后续使用,从而达到节能降耗的目的。(3)储能技术还与微电网的智能控制系统紧密相连。通过实时监测电网状态、负载需求和发电单元的输出情况,智能控制系统能够精确控制储能装置的充放电行为,实现能源的自主管理和优化分配。这种智能化的管理方式,不仅提高了微电网系统的运行效率,还降低了运维成本,为微电网的长期发展奠定了坚实基础。

### 结语

储能技术作为解决光伏发电系统间歇性和不稳定性问题的有效手段,具有广泛的应用前景和巨大的发展潜力。随着储能技术的不断进步和成本的降低,其在光伏发电系统中的应用将更加广泛和深入。未来,应进一步加强储能技术的研究和开发,推动其在光伏发电系统中的广泛应用,为构建绿色、智能、高效的能源体系贡献力量。

### 参考文献

- [1]全俊晓.储能技术在光伏并网发电系统中的应用分析[J].电子测试,2020(02):129-130+118.
- [2]张帅.储能技术在光伏并网发电系统中的应用[J].通信电源技术,2020,36(05):227-228.
- [3]高思俨.储能技术在光伏并网系统中的应用研究[J].通讯世界,2020,26(05):188-189.
- [4]冉亮,郭建华,袁铁江.新能源站侧规模化应用储能的电力系统运行模拟[J].分布式能源,2020,5(03):1-8.