# 光伏风能发电中储能技术的适配性研究

穆鹏飞[1] 丁白瑜[2]
1. 中国电建集团西北勘测设计研究院有限公司，中国·陕西 西安 710000
2. 青岛市产品质量检验研究院，中国·山东 青岛 266100

**摘 要：**本研究聚焦光伏风能发电中的储能技术适配性问题。首先介绍了光伏风能发电概况，包括资源特点、分布及发电系统构成与原理。接着阐述常用储能技术分类、原理、性能特点及应用现状。研究方法上，从发电系统运行特性、成本效益、地域环境因素三方面，分析储能技术在光伏风能发电中的适配性。研究结果表明：不同运行特性下，适配的储能技术可平抑功率波动，提升发电稳定性；考虑成本效益时，需依据发电规模等综合选择储能技术实现双赢；基于地域环境，不同地形、气温及特殊区域需匹配相应储能技术保障稳定供电，为合理选用储能技术提供参考。
**关键词：**光伏风能发电；储能技术；适配性

## Research on the Adaptability of Energy Storage Technologies in Photovoltaic and Wind Power Generation

**Mu Pengfei[1] Ding Baiyu[2]**
1. China Power Construction Northwest Survey and Design Institute Co., Ltd., Xi'an, Shaanxi, 710000, China
2. Qingdao Institute of Product Quality Inspection, Qingdao, Shandong, 266100, China

**Abstract:** This study focuses on the issue of the adaptability of energy storage technologies in photovoltaic and wind power generation. Firstly, it introduces the general situation of photovoltaic and wind power generation, including the characteristics and distribution of resources, as well as the composition and principle of power generation systems. Then, it expounds on the classification, principles, performance characteristics and application status of commonly used energy storage technologies. In terms of research methods, the adaptability of energy storage technologies in photovoltaic and wind power generation is analyzed from three aspects: the operating characteristics of power generation systems, cost-effectiveness, and regional environmental factors. The research results show that: under different operating characteristics, adapted energy storage technologies can suppress power fluctuations and improve power generation stability; when considering cost-effectiveness, it is necessary to comprehensively select energy storage technologies according to power generation scale and other factors to achieve a win-win situation; based on regional environments, different terrains, temperatures and special areas need to be matched with corresponding energy storage technologies to ensure stable power supply, which provides a reference for the rational selection of energy storage technologies.
**Keywords:** Photovoltaic and wind power generation; Energy storage technology; Adaptability

## 0 前言

长期以来，能源问题都是一个急需要解决的现实问题。尤其是在当前环保、节能要求越来越高的情况下，很多新型能源类型备受关注。其中光伏风能发电因为其具有清洁、可持续的优势，成为很多电力企业的首选，在企业能源结构中占比越来越高。但需要注意的是，光伏风能发电很容易受外界环境的影响，如果光照条件不足或者风力条件不够的话，都会影响到光伏风能发电效果，造成功率输出不稳定，不仅影响发电效果，也可能会给整个电力系统的运行安全带来不利影响。为解决这个问题，就需要有更适配的储能技术，以有效平抑功率波动，保证电力稳定供应，实现光伏风能发电的高效利用。

## 1 光伏风能发电概述

### 1.1 光伏风能资源特点与分布

光伏发电和风能发电都是当前非常重要的新型能源类型，其中光伏资源主要指的是太阳能，利用光照辐射来发电，分布广泛、取之不尽，但光照强度会因为地理位置、季节、天气等原因各地有所不同。一般情况下，海拔高、少云的地区，太阳辐射较强，是光伏发电的良好选择，如青藏高原地区。风能资源则主要是利用风，也就是大气的流动来实现发电目的，和风速、风向有直接关系。一般在沿海地区和辽阔的平原地区，风力资源较为丰富，如中国东部沿海、内蒙古草原等，因为风速常年比较稳定，很多地方都建有大型的风电场。

### 1.2 光伏风能发电系统的构成与工作原理

光伏发电系统主要由光伏阵列、控制器、逆变器、蓄电池及其他配件组成，其利用太阳电池的光生伏特效应，将太阳辐射能直接转换成电能的过程。风能发电系统主要由叶片、齿轮箱、发电机以及其他配件组成，当风吹动叶片时，通过齿轮箱增速，驱动发电机转动，将风能转换成机械能，再通过发电机将机械能转换成电能的过程。为此，光伏风能发电系统的构成主要由风力发电机 / 光伏组件、风机 / 光伏控制器、蓄电池和逆变器等构成（如图 1 所示），其工作原理是将光伏发电和风能发电相结合进行联合发电，光电系统和风电系统把太阳能和风能转换成电能，通过控制器对蓄电池充电，最后通过逆变器对用电负荷供电，进而共同为电力系统提供电力能源。光伏风能发电系统的优势是供电可靠性高，可以满足用户用电需求，是当前更为合理、可靠、安全、经济、环保的供电系统。

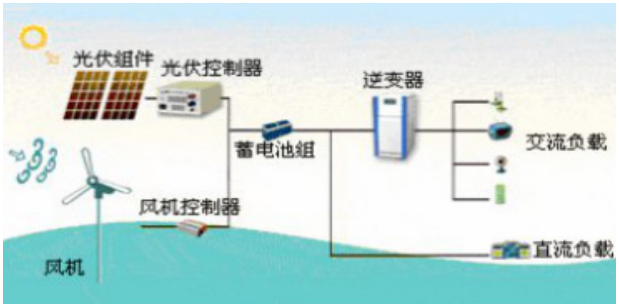


图 1 光伏风能发电系统的基本结构

## 2 常用储能技术介绍

### 2.1 储能技术分类及基本原理

储能技术的基本原理是将太阳能和风能转化成的电能储存起来，并在需要的时候释放，当发电过剩时将多余的电量储存，当系统发电不足时释放能量，以保证供电质量和供电稳定。当前来看，常用的储能技术有以下几种，如表 1 所示。

表 1 常用的储能技术

| 储能技术类型 | 具体举例 |
|---|---|
| 物理储能 | 抽水蓄能、压缩空气储能等 |
| 化学储能 | 铅酸电池、锂电池、钠硫电池、超级电容储能 |
| 其他储能 | 超导电磁储能等 |

其中，抽水蓄能主要是利用不同高程的水库存储能量，低谷时水从低水库抽到高水库，高峰时放水发电；压缩空气储能是在用电低谷时将空气压缩储存在地下洞穴等，高峰时释放驱动涡轮发电。锂电池储能是通过锂电子在正负极之间的嵌入和脱嵌实现电能储存与释放；超导电磁储能是基于双电层原理，在电极和电解液界面存储电能。对于储能技术的研究，不仅是为了可以为电网提供稳定的电力供应，也是推动可再生能源进一步发展的重要条件，更是未来新能源供电发展的必然趋势。

### 2.2 各类储能技术的性能特点与应用现状

当前储能技术类型多样，且各有各的特点。抽水蓄能容易受到地形及水文等因素的限制，所以并不适合短期及就近与风光发电相结合；压缩空气储能有良好的环保性，且密度较高，可以在较小的空间内储存大量的能量，设备也较为简单，使得成本较低。但其也有局限性，如设备占地面积较高，能量损失较大，对地理环境和气候条件依赖性较高；超导储能技术是近些年发展的较为新型的储能技术，虽然有较好效果，但成本较高且技术还不是很成熟，不具备大规模推广价值。当前较为成熟的储能技术是化学储能技术，也是应用最为广泛的一种储能技术。如铅酸电池技术已经很成熟，且价格低廉，但因对运行稳定性要求较高，且存在储能密度及放电深度低、循环次数少等缺点而受限，一般运用于一些小型发电系统且性能要求不高的场景；钠硫电池具有能量密度大、充电效率高的优点，但如果是在高温环境中，就有一定的安全隐患，而且生产工艺复杂成本高，不适合大规模应用；超级电容具有寿命长、快速充放电等优点，但其能量密度只有铅酸电池的 1/10 左右，这限制了其大规模发展；磷酸铁锂电池是近几年发展较为迅速的一类电池，由于其具有能量密度较高、循环次数较多、放电深度较大、电流大的特点，被广泛的运用在很多储能系统中。表 2 是一些常见储能技术储能参数的基本情况，通过准确把握和利用，可以使光伏风能发电系统的能量调度实现最大化，进而不断提升系统发电效率。

表 2 不同储能技术的储能参数基本情况

| 储能类型 | 响应时间 | 系统能效 /% | 度电成本 / 元 |
|---|---|---|---|
| 抽水蓄能 | 数分钟 | 70~85 | 0.22~0.35 |
| 压缩空气 | 数分钟 | 65~75 | 0.24~0.41 |
| 锂电子电池 | 数秒 | 85~95 | 0.50~0.70 |
| 钠硫电池 | 数毫秒 | 70~80 | 0.27~0.66 |
| 铅酸电池 | 数毫秒 | 60~70 | 0.52~0.74 |

## 3 储能技术在光伏风能发电中的适配性分析

### 3.1 基于发电系统运行特性的适配性

无论哪一种发电形式，都需要有相适应的储能技术支持，对于两者结合的光伏风能发电更不例外。由于光伏发电受日光亮度、时间及温度影响而存在明显的间歇性和波动性特点。白天光照越强功率输出越大，夜晚不再发电，并且阴天、多云天气条件下功率不稳定。通过储能技术的匹配能够有效平滑波动性，在光照强发电余量大的时候发电，而在光照弱或不发电时储存起来，在用电高峰的傍晚时释放，从而保证输出的平稳性，提高光伏发电站对电网的友好程度。如光储一体化的分布式光伏发电站，当光电发电充足且余量大时储存起来，在需要用电的傍晚时释放，缓解高峰用电压力，改善了用电曲线。

风能发电系统依靠风速，风速的不确定性及随机性决

定风能发电功率的波动性。过低的风速使得风机处于不发电状态，超过额定风速的风速又需要采取保护措施以限制发电。储能装置在风速适宜，风力发电功率较大的时候储存电量，风速异常时补充风能发电量，对风能发电功率加以调节。如采用超级电容器储能的海上风电场，在风速突变时能快速地响应突变的功率变化，在瞬间吸收过剩电能量，输出功率稳定，不会对电网造成冲击，能有效提高风电场运行的稳定性。

### 3.2 基于成本效益的适配性

光伏风能发电是当前正被越来越多选择的发电系统，也是较为合理的独立能源供应系统，这种合理性不仅指的是资源的合理适配，更要充分考虑到发电的成本和经济效益，这样才可以更好的为广大用户提供安全稳定持续的供电服务，同时也保证光伏风能发电的高可靠性。通常情况下，光伏风能发电中储能技术的应用要考虑到投资成本、运行成本以及经济效益。无论选择哪一种合适的储能技术，都要考虑到投资成本，包括相关设备的购置成本、安装成本、建设成本等。同时，储能技术使用中的维护成本、设备的维修成本等，以及储能技术的使用会不会使得效益更高，如果使用一些有关部门倡导的储能技术，能不能得到政府的补贴等，都应该是要考虑的部分。如对于大规模集中式的光伏风能发电，在抽水蓄能上虽然有较大的初始造价，但其长周期和低运行成本在全生命期内的优势显而易见，非常适合作为长期稳定储能需求；而对于分布式光伏风能发电系统而言，由于投资规模的限制，铅酸电池由于其低造价可作为过渡储能解决方案，未来随着相关技术的不断进步，锂离子电池的价格会不断降低，这就显示出更好的性价比，在追求储能效率的分布式系统中更有应用前景。需要指出的是，光伏风能发电中储能技术的运用，在安装时会因为发电系统规模、安装环境的不同有所差异，通常复杂地形或者对安装空间有特殊要求时，会增加成本。例如，一些高山地形环境中的储能技术成本要高于平原环境中储能设备安装成本，这一点一定要注意，要根据地形、供电需要以及后期的维护、维修等来综合考虑，进而科学合理的选择出合适的储能技术，最终实现发电企业和电网的双赢。

### 3.3 基于地域环境因素的适配性

前面已经提到，光伏风能发电虽然可靠性和持续性高，但不是所有的地区都适合建设光伏风能发电场，更不是不用考虑地域和环境因素，就可以随意采用成本低或者效率高的储能技术。一定要充分考虑地域环境因素，使得其具有更高的适配性，进而保证光伏风能发电的长期稳定持续运行。如山地、平原、海洋等不同的地形地貌对储能技术的选择其实是有直接影响的。并且还要考虑到环境保护的要求，避免储能技术的运行对环境和生态带来破坏。如对于有合理地质条件的地区，如山地有可供利用上下水库的地形，抽水蓄能是更为合理的方式，同时一些地势平坦、土地资源较为丰富的地区，也可以采用占地面积较大但成本相对较低的抽水蓄能方式，从而实现大规模的电能储存；在气温偏低的地区，部分电池温度特性限制明显，如铅酸电池，而在气温偏低地区电池组会额外增加加热管理系统。相比之下，压缩空气储能受温度影响较不明显，可以选择压缩空气储能方式；在气温较高的地区，钠硫电池利用其高温特性，在利用环境热量的同时可以避免温控能源，增加储能系统整体能量利用效率；在一些较为偏僻的区域和环境，如海岛等，这些地区远离主电网，一般情况下交通也有所不便，应该选择可靠性更高、寿命更长的储能技术，以减少维护频次，这时液流电池等具有较长使用寿命的储能技术是更佳的选择，可以有效保证电力能源稳定供应，也适合海岛这样的特殊环境需求。

## 4 结语

在当前电力能源紧缺以及需求日益旺盛的情况下，光伏风能发电是一种有效的解决方案，而合适的储能技术的应用不仅可以提高能源的利用率，也可以有效减少能源消耗和环境污染。需要明确的是，在光伏风能发电技术不断进步的同时，储能技术也在发展，也不会是单一类型的发展模式，会向着各类方式融合、多线并举发展格局迈进，并且会越来越考虑到储能场景的多元化应用，以及多样性的电能适配，从而使得整体电网不断升级优化，在不断提高发电效率和可靠性的同时，也减少对环境的影响，具有更高的经济效益和较低的成本。

## 参考文献：

[1] 李源元.储能技术在光伏发电系统和风力发电系统中的应用[J].光源与照明,2025(2):139-141.

[2] 陈伟.电池储能技术在新能源发电系统中的应用与优化[J].电力设备管理,2024(24):138-140.

[3] 区彩娟.新能源发电系统中储能技术的集成与优化应用研究[J].光源与照明,2024(10):225-227.

[4] 李伟.风电光伏系统中的电池储能技术及其应用[J].电气技术与经济,2024(3):75-77.

[5] 李源元.储能技术在光伏发电系统和风力发电系统中的应用[J].光源与照明,2025(2):139-141.

[6] 熊福军,黄升华.新形势下储能技术在光伏和风力发电系统中的应用[J].光源与照明,2025(1):150-152.

[7] 丁吾鹏.储能技术在风力发电系统中的应用研究[J].科技视界,2024,14(29):80-82.

作者简介：穆鹏飞（1988-），男，中国陕西西安人，中级工程师，从事项目市场营销及 EPC 总承包项目管理研究。