

# 分布式光伏发电系统中的电池储能技术优化分析

高洋

内蒙古龙源新能源发展有限公司

**摘要:**近年来,我国对电能的需求不断增加,光伏发电系统建设也越来越完善。现阶段,全世界化石燃料的过度开采带来了较大程度上的能源危机,因此能源系统对于新能源的技术提出了更大的使用需求。作为清洁能源的代表技术之一,太阳能发电系统提供了较大的使用价值,该发电系统对于储能装置具有一定的特殊性要求,因此本文首先分析光伏储能技术,其次探讨电池储能系统中的控制技术应用,最后就分布式光伏发电系统中的电池储能优化进行研究,具有较好的应用效果。

**关键词:**分布式储能;经济性分析;优化配置

【DOI】10.12252/j.issn.2096-6288.2023.11.239

## 引言

分布式光伏发电系统作为一种可再生能源技术,成为减少对化石燃料的依赖的重要手段。然而,光伏发电系统的太阳能产能受到天气条件的影响,这带来了供电的不稳定性。为了应对这一挑战,电池储能技术为系统提供了能源存储和平衡的机会。但要实现最佳性能,控制技术变得至关重要。这些组成部分共同作用,确保电池储能系统能够实现自耦合能力、最大化能源利用率、延长电池寿命,同时保持经济性。

### 一、光伏储能技术

光伏发电受太阳光强度、温度、气候和时间等不稳定因素的影响,输出功率不稳定。当光伏系统并网发电时,将对电网质量、能效、系统运行安全产生严重影响,此时,储能技术在光伏发电中起着关键作用。它可以补偿系统功率,保持能量平衡,为系统的稳定运行和满足电网用户正常需求提供必要的保障,并提高能量利用率和系统可靠性。2017年,国家针对可再生能源弃光、弃风等问题发布了一系列通知,大力发展光伏+储能技术,以适应不同能源需求。化学储能是大多数应用中最常用的储能形式,如蓄电池储能技术和锂电池储能技术。物理储能用于存储不同来源的动能或势能。电磁储能利用电场将能量存储在电能存储器中,如电容、超导体等。

### 二、电池储能系统中的控制技术应用

(一) 控制技术在电池储能系统中发挥着至关重要的作用

它涉及监测、管理和调节电池的充电和放电过程,以确保系统的安全、高效运行。电池管理系统(BMS)是电池储能系统的关键组成部分,负责监测电池的状态、温度、电压和电流。它也负责控制充电和放电过程,以保护电池免受过充、过放、过温和短路等问题的

影响。控制算法是一组数学方程和逻辑规则,用于确定何时充电、何时放电以及以何种速率进行这些操作。这些算法基于电池的特性和系统的性能目标,可以根据不同情况进行调整。控制技术也包括了系统与其他部件的通信,如逆变器、太阳能逆变器以及与电网的连接。这种通信使系统能够实时监测电池状态,以便及时调整。

#### (二) 储能路线的调控

在储能管控工作中,几乎全部储能装机都是借助抽水蓄能和锂电池完成,而在能源安全发展基础上,储能技术也实现了多元化转型,在原有技术体系层面上展开新的应用控制模式,更多的技术在时机成熟后也将大范围实现商用。(1) 氢储能技术。基于多余电量电解氢完成储能工作,有效实现发电的目标。正是因为氢能本身属于类型多样且转换灵活的能源体系,无论是储能的规模还是储能的时间都有较大的空间弹性,加之其自身清洁环保、易得的特性,被广泛应用在新能源处理模式中。并且,随着科学技术的发展进步,制氢效率以及运氢水平也得以优化,氢储能技术不断成熟。(2) 磷酸铁锂电池。指的是用磷酸铁锂作为正极材料的锂离子电池。在新能源汽车行业广泛应用,磷酸铁锂电池具有能量密度较高、安全性能优化、循环寿命长、高温性能适应性号以及容量较大的特点,且具有环保优势,能减少对环境的污染。在储能市场的应用,磷酸铁锂电池具有工作电压高、能量密度大、循环寿命长、自放电率小、无记忆效应、绿色环保等一系列独特优点,并且支持无级扩展,适合于大规模电能储存,在可再生能源发电站发电安全并网、电网调峰、分布式电站、UPS电源、应急电源系统等领域有着良好的应用前景。(3) 镁基电池。相较于锂电池产源锂矿,我国镁矿的含量更加丰富,且我国贡献了全球70%以上的镁产品,镁产量的增高也能有效降低产业的成本价格,打造更加安全可靠的

产品链结构。要想进一步推动镁基电池发展进程，就要更好地解决“电压滞后”以及阶段性间歇放电等问题，搭建更加科学规范的整合技术模式，从而促进镁电池的多元发展。（4）钠离子电池。相较于锂电池，我国钠电池的资源也更加丰富，且资源的成本较低，若是积极推动钠电池的发展进程，能更好地减少行业对于锂电池产源的进口依赖性，建立更加科学且动态的行业运行模式。之所以选择钠离子电池替代锂电池，就是因为对应的制造设备兼容性较高，转换成本适中。只有积极储备钠离子电池生产技术方案，才能更好地推动产业链结构升级，实现储能技术的全面进步。（5）熔盐储能。主要是发挥溶液自身的储能特性，相较于其他的储能技术模式，熔盐储能技术在实际应用过程中能减少系统结构的复杂度，兼顾能源利用率的基础上满足经济性和安全性的多元要求。（6）压缩空气。在压缩空气储能技术应用过程中，要借助电能完成空气的压缩和存储，并配置高压密封环境或者是低温业态环境，以便于其能完成发电工作。最关键的是，实际作业既能实现燃气轮机的协作管理，也能实现独立运行，建立大规模装机处理模式，更好地维持清洁无污染储能工作。综上所述，在能源安全视角下的储能技术发展工作要着眼于多元化发展模式，积极开发新型技术体系的应用结构，从而满足能源安全标准的同时，提高技术体系的响应水平和灵活度，更好地促进行业进步。现有的产业是市场环境下成本最低的最优解，但为了推动关键产业核心资源供给发展进程，要进一步关注进口依赖性问题，在全方位评估我国资源自给能力的同时，结合产业发展需求和能源安全控制标准选择更加适宜的技术路线，为国内产业保障能力的提高奠定基础。

### （三）嵌入式操作系统

嵌入式操作系统（Embedded Operating System）主要负责任务分配、资源调度、进程管理、系统协调等工作，是嵌入式系统中的重要组成部分。它一般包含设备驱动接口、系统内核、驱动软件等各个部分。嵌入式操作系统对任务响应的实时性有很高的要求。其中，Linux是一款开放、自由的Unix操作系统，操作简单且功能齐全，有利于新手的学习和使用。

### （四）控制技术在优化电池充放电中的应用

控制技术在电池充放电过程中的应用可以帮助优化能源的利用和电池的性能。控制技术可用于平衡负载需求，以确保充电和放电过程不会过于频繁或过于急剧，从而延长电池寿命。控制系统可以根据电池的状态和需求的变化来动态调整充电和放电速率，以最大程度提高

系统效率。电池控制技术还可用于提供应急备用电源，当电网故障或其他紧急情况发生时，电池可以迅速供电。通过优化充电和放电周期，控制技术有助于降低能源成本，减少电池的维护需求，以及提高系统的整体效率。

### （五）敏感性分析

对影响储能经济收益的因素进行敏感性分析能够为储能投资建设提供决策，本文在社会综合收益模式下对储能容量成本和分时电价峰谷价差两项因素进行敏感性分析。在保持储能功率5MW和峰谷电价不变的前提下遍历改变储能容量和成本，在保持储能功率5MW和储能容量成本不变的前提下遍历改变储能容量和峰谷价差。储能容量成本减小或峰谷价差增大时，净现值NPV变化率增大，动态投资回收期 $P_t$ 变化率减小，内部收益率IRR变化率增大且储能容量配置较大时，经济指标的敏感度系数更大。储能功率保持5MW，容量分别在最优配置16.2MWh和最大配置30MWh时，系统净现值指标对储能单位容量成本的敏感度系数分别为1.29和6.54，同样情况下净现值指标对峰谷价差的敏感度系数分别为0.98和3.27。同时通过系统经济指标分别对储能单位容量成本和峰谷价差的敏感度相比可知，储能成本因素对项目经济收益的影响更为关键。主要原因在于峰谷价差的增大只影响储能的售电收益，而成本的降低则减少了绝大部分投资建设费用，因此未来电池成本的降低对于推动分布式储能的发展起重要作用。

## 三、分布式光伏发电系统中的电池储能优化

### （一）储能路线的调控

在储能管控工作中，几乎全部储能装机都是借助抽水蓄能和锂电池完成，而在能源安全发展基础上，储能技术也实现了多元化转型，在原有技术体系层面上展开新的应用控制模式，更多的技术在时机成熟后也将大范围实现商用。（1）氢储能技术。基于多余电量电解氢完成储能工作，有效实现发电的目标。正是因为氢能本身属于类型多样且转换灵活的能源体系，无论是储能的规模还是储能的时间都有较大的空间弹性，加之其自身清洁环保、易得的特性，被广泛应用在新能源处理模式中。并且，随着科学技术的发展进步，制氢效率以及运氢水平也得以优化，氢储能技术不断成熟。（2）磷酸铁锂电池。指的是用磷酸铁锂作为正极材料的锂离子电池。在新能源汽车行业广泛应用，磷酸铁锂电池具有能量密度较高、安全性能优化、循环寿命长、高温性能适应性号以及容量较大的特点，且具有环保优势，能减少对环境的污染。在储能市场的应用，磷酸铁锂电池具有

工作电压高、能量密度大、循环寿命长、自放电率小、无记忆效应、绿色环保等一系列独特优点，并且支持无级扩展，适合于大规模电能储存，在可再生能源发电站发电安全并网、电网调峰、分布式电站、UPS电源、应急电源系统等领域有着良好的应用前景。（3）镁基电池。相较于锂电池产源锂矿，我国镁矿的含量更加丰富，且我国贡献了全球70%以上的镁产品，镁产量的增高也能有效降低产业的成本价格，打造更加安全可靠的产品链结构。要想进一步推动镁基电池发展进程，就要更好地解决“电压滞后”以及阶段性间歇放电等问题，搭建更加科学规范的整合技术模式，从而促进镁电池的多元发展。（4）钠离子电池。相较于锂电池，我国钠电池的资源也更加丰富，且资源的成本较低，若是积极推动钠电池的发展进程，能更好地减少行业对于锂电池产源的进口依赖性，建立更加科学且动态的行业运行模式。之所以选择钠离子电池替代锂电池，就是因为对应的制造设备兼容性较高，转换成本适中。只有积极储备钠离子电池生产技术方案，才能更好地推动产业链结构升级，实现储能技术的全面进步。（5）熔盐储能。主要是发挥溶液自身的储能特性，相较于其他的储能技术模式，熔盐储能技术在实际应用过程中能减少系统结构的复杂度，兼顾能源利用率的基础上满足经济性和安全性的多元要求。（6）压缩空气。在压缩空气储能技术应用过程中，要借助电能完成空气的压缩和存储，并配置高压密封环境或者是低温业态环境，以便于其能完成发电工作。最关键的是，实际作业既能实现燃气轮机的协作管理，也能实现独立运行，建立大规模装机处理模式，更好地维持清洁无污染储能工作。综上所述，在能源安全视角下的储能技术发展工作要着眼于多元化发展模式，积极开发新型技术体系的应用结构，从而满足能源安全标准的同时，提高技术体系的响应水平和灵活度，更好地促进行业进步。现有的产业是市场环境下成本最低的最优解，但为了推动关键产业核心资源供给发展进程，要进一步关注进口依赖性问题，在全方位评估我国资源自给能力的同时，结合产业发展需求和能源安全控制标准选择更加适宜的技术路线，为国内产业保障能力的提高奠定基础。

## （二）数据采集与监测系统

要实现电池储能的优化，数据采集与监测系统起到了至关重要的作用。这些系统负责实时收集有关系统性能和环境条件的数据，以支持优化决策。分布式光伏发电系统通常配备有各种传感器和监测设备，用于测量太阳能产量、电池电压、电流、温度和电池状态等关键

参数。监测系统将实时数据采集到中央存储库，这使得数据分析和决策制定成为可能。数据采集还可以包括历史数据的记录，用于长期性能评估。远程监控是关键之一，它使系统操作员能够远程访问监测数据，并实时监控系统性能。这有助于及时发现潜在问题并采取必要的措施。

## （三）测量方法对比

使用三极/四极法测量时需拧开杆塔与接地装置的所有螺丝，接地装置与杆塔必须分开，测量完成后，需要重新连接接地体和塔架，这需要大量的人力、物力和时间，大大降低了测试效率。当使用夹钳法测量时断开其他铁塔接地线，用夹钳夹住被测杆塔接地线就可直接测出接地电阻，通过统计数据发现，夹钳法测试效率比三极/四极测试法效率提高50%以上。

## 四、储能技术的发展趋势

为更好地应对全球经济局势以及能源发展体系的动态变化，我国要积极构建能源高效管理体系。在2021年4月，国家发展和改革委员会联合国家能源局引发《关于加快推动新型储能发展的指导意见》，并在其中确定了2025年新型储能装机规模超30GW以上的目标，在2030年实现新型储能全面市场化发展。正是基于较为完善的政策机制，我国储能产业结构也将向着更加多元的方向发展，无论是技术应用控制体系，还是能源改革管理模式，也会不断升级改造，积极建立跨越式发展体系，是国家实现3060双碳目标的重要技术和产业。

## 结语

电池储能技术的不断发展和改进将推动可再生能源领域的创新，促进清洁能源的广泛采用。通过合理优化，实现清洁、可持续和自主的能源供应，为未来的能源系统打下坚实基础。

## 参考文献

- [1]陈毅湛, 吴昊, 邹鼎森等. 基于太阳能电池微裂纹的失效分析与光伏发电系统优化设计[J]. 五邑大学学报(自然科学版), 2022, 36(02): 15-19+28.
- [2]卢锦玲, 张伟, 张祥国, 等. 含混合储能的光伏微电网系统协调控制策略[J]. 电力系统及其自动化学报, 2021(8): 102-108.
- [3]程志浩. 混合储能系统平抑光伏微电网功率波动策略研究[D]. 武汉: 湖北工业大学, 2020: 25-37.
- [4]金楚. 光伏储能联合发电系统控制方法及其容量优化配置研究[D]. 武汉: 华中科技大学, 2016: 12-15.
- [5]何宸. 大型光储电站容量优化配置及其经济性分析[D]. 北京: 华北电力大学, 2017: 26-33.