

新能源电力系统中的储能技术探讨

王 强

中核汇能河南能源有限公司 河南 郑州 450000

摘 要: 新能源电力系统的快速发展迫切需要储能技术的支持, 以提升电网稳定性和促进新能源消纳。本文探讨了储能技术的重要性, 分析了其定义、分类及在电力系统中的应用, 并对锂离子电池、液流电池、压缩空气储能、飞轮储能和长时储能技术进行了详细分析。同时, 讨论了重力储能和盐穴压缩空气储能等新型技术的创新应用和产业化前景, 为新能源电力系统的构建和发展提供了理论依据和实践指导。

关键词: 新能源电力系统; 储能技术; 技术创新

新能源电力系统正面临间歇性和不稳定性的挑战, 储能技术成为解决这些问题的关键^[1]。储能技术能够平滑新能源发电波动, 提高电力系统的灵活性和可靠性。本文综述了储能技术的发展现状, 分类及其在电力系统中的应用场景, 深入分析了主要储能技术的特点, 并展望了新型储能技术的创新与实践, 旨在为新能源电力系统的可持续发展提供参考。

1 储能技术在新能源电力系统中的应用

1.1 储能技术在电力系统中的应用场景

储能技术在新能源电力系统中的应用场景多样, 涵盖了从发电侧到用电侧的整个电力链。在发电侧, 储能技术主要用于平滑可再生能源的波动性, 如风电和太阳能的间歇性输出, 通过储能系统储存低谷时段的电能, 高峰时段释放, 实现电力的平滑供应。在电网侧, 储能技术用于调频调峰、系统备用、紧急响应以及改善电能质量, 确保电网运行的稳定性和可靠性。用电侧则利用储能技术进行需求侧管理, 通过峰谷削峰填谷, 降低用电成本, 并提供备用电源, 增强供电的连续性和安全性。此外, 储能技术在微电网和分布式能源系统中也发挥着重要作用, 支持能源的独立供应和优化运行。

1.2 储能技术对电力系统稳定性和灵活性的影响

储能技术对提升电力系统的稳定性和灵活性具有显著影响。首先, 储能系统能够快速响应电网需求变化, 通过储存和释放电能, 有效缓解电网负荷波动, 减少对传统发电资源的依赖, 提高电网对可再生能源的适应性。其次, 储能技术通过提供必要的调节服务, 如频率调节、电压支持和提供备用, 增强了电力系统的鲁棒性, 降低了因供需不平衡导致的停电风险。此外, 储能技术还提高了电力系统的运行灵活性, 使得系统能够更有效地应对突发事件和计划性维护, 通过灵活调整储能设备的充放电策略, 优化电力资源配置, 提升整体能效。

1.3 储能技术对新能源消纳的促进作用

储能技术在促进新能源消纳方面发挥着至关重要的作用。由于风能和太阳能等新能源具有不可预测性和间歇性, 其大规模并网可能会对电网稳定性造成冲击。储能系统通过在风力和光照充足时储存能量, 在需求高峰或能源短缺时释放能量, 有效解决了新能源发电的不连续性和不稳定性问题^[2]。此外, 储能技术的应用还促进了新能源电力的经济性, 通过减少弃风弃光, 提高了新能源的利用率和经济收益。随着储能成本的降低和技术的进步, 储能系统与新能源发电的结合将更加紧密, 为新能源的广泛消纳和高效利用提供了坚实的技术支撑。

2 新能源电力系统中主要储能技术分析

2.1 锂离子电池储能技术

在新能源电力系统中, 储能技术扮演着举足轻重的角色。其中, 锂离子电池储能技术尤为突出。其高能量密度、长寿命和快速充放电能力, 使得锂离子电池成为当前新能源电力系统中的明星储能方式^[3]。特斯拉电池工厂以其先进的研发和生产能力, 推出了高性能的锂离子电池。以特斯拉Megapack储能项目为例, 该项目不仅展示了锂离子电池储能技术的巨大潜力, 还通过提供高达360MWh的电力储备, 能够支持城市电网的稳定运行, 为约6万户家庭供电, 并预计每年可减少40万吨碳排放。

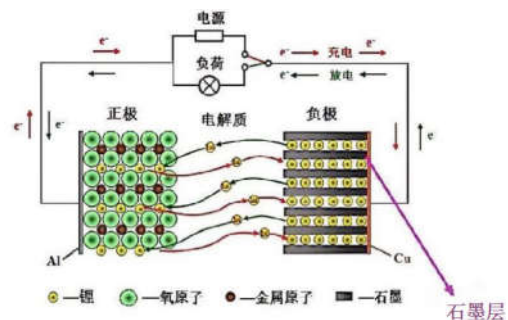


图4 1-1 锂电池工作原理

2.2 液流电池储能技术

液流电池储能技术，特别是全钒液流电池（VRFB），以其长循环寿命和快速响应能力在新能源电力系统中备受青睐。全钒液流电池通过改变电解液中钒离子的氧化态来实现充放电，允许独立控制功率和容量，实现储能容量的灵活配置。它们能在数秒至数分钟内完成充放电转换，非常适合电网调频和峰谷削峰需求，且能在较宽的温度范围内工作，适应不同气候条件。

中国大连液流电池储能调峰电站国家示范项目是全钒液流电池技术应用的典型案例。该项目总投资约38亿元人民币，总建设规模为200兆瓦/800兆瓦时，其中一期工程100兆瓦/400兆瓦时已建成商运^[4]。电站相当于城市的“电力银行”，在电网用电低谷时储存电能，在高峰时释放电能，有效缓解电网调峰压力，提高供电可靠性。该电站投用后，将提升可再生能源并网率、平衡电网稳定性并提高电网可靠性，对加快推进中国大规模储能在电力调峰及可再生能源并网中的应用具有重要意义。



图4 2-1中国大连液流电池储能调峰电站国家示范项目

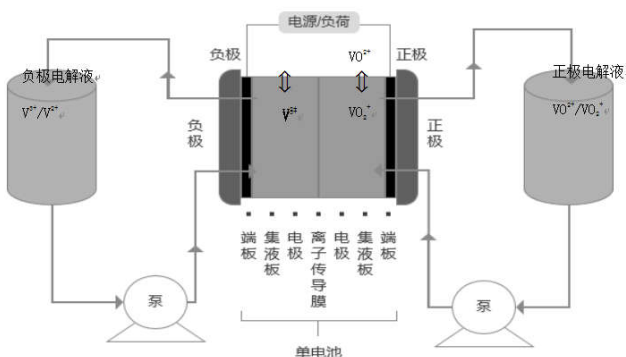


图4 2-2全钒液流电池工作原理示意图

2.3 压缩空气储能技术

压缩空气储能技术通过在电力需求低时压缩空气并储存于地下洞穴或压力容器中，在电力需求高峰时释放空气驱动涡轮机发电，展示了其大规模储能能力和较高

的储能效率。江苏金坛盐穴压缩空气储能国家试验示范项目，作为该技术的代表，利用当地丰富的盐穴资源，构建了大规模的储能系统。



图4 3-1江苏金坛盐穴压缩空气储能国家试验示范项目

该项目的储能容量达到300兆瓦时，一个储能周期（8小时）可存储电量30万千瓦时，足以供应6万居民一天的用电需求，年发电量约1亿千瓦时。金坛项目的供电转换效率达到了62.38%，超出了60%的设计预期，显示了技术的实际应用效率。

金坛盐穴压缩空气储能项目在选址灵活性、建设周期、维护成本等方面具有显著优势。与传统的抽水蓄能电站相比，其建设周期仅为1.5至2年，远低于抽水蓄能电站的6至8年。此外，单位投资成本仅为同等容积地面储气罐的30%，维护成本也大幅降低。在土地使用方面，1000万立方米的地下盐穴储气库仅占地400亩左右，相比地面储罐节省了大量土地资源^[5]。

国家政策支持为压缩空气储能技术的产业化和规模化发展提供了动力。《“十四五”新型储能发展实施方案》将百兆瓦级压缩空气储能技术列为新型储能核心技术装备攻关重点方向之一。随着技术成熟度的提升和规模化应用，预计成本将进一步降低，单位成本优势将更加明显。

2.4 飞轮储能技术

飞轮储能技术利用高速旋转的飞轮储存能量，具有响应速度快、充放电效率高等优点。飞轮储能系统适用于需要快速响应的场合，如电网调频、不间断电源等。例如，美国Active Power公司开发的飞轮储能系统已广泛应用于数据中心和医疗机构等领域，为关键设备提供稳定的电力支持。据测试，其飞轮储能系统的充放电效率高达90%以上。

2.5.长时储能技

长时储能技术主要解决可再生能源发电的间歇性问题，实现能源的稳定供应。熔盐储热、氢储能等技术是长时储能的代表。熔盐储热利用熔盐的高热稳定性和高

能量密度特性，通过储存热能实现电力的稳定输出。氢储能则通过电解水制氢并储存，在需要时通过燃料电池发电。例如，中国的张北风光储输示范项目就采用了熔盐储热技术，该项目中的熔盐储热系统总容量为数百兆瓦时，能够在需要时通过热发电系统输出数百兆瓦的电力，为当地提供了稳定的电力支持。

3 新型储能技术的创新与实践

3.1 重力储能技术的创新与应用

重力储能技术是一种新兴的储能方式，通过模拟自然重力势能的过程，如“电梯储能”和“矿井储能”，重力储能技术实现了能量的高效存储与释放。Energy Vault公司开发的重力储能技术是一个典型案例。该技术使用六边形混凝土块构建巨大的塔结构，通过起重机将这些混凝土块堆叠起来储存能量。在放电过程中，混凝土块逐层降低，驱动发电机发电。这种技术的优势在于其长期的储能能力和较低的环境影响。Energy Vault的系统设计寿命长达30年，且使用的混凝土块可以是建筑废料，实现了材料的循环利用。此外，该系统的储能容量可达35MWh，放电功率为4MW。

3.2 盐穴压缩空气储能的探索

盐穴压缩空气储能技术（CAES）是一种利用地下盐穴储存压缩空气的储能方式，它通过在电力需求低时压缩空气并储存于地下盐穴，在高峰时段释放空气发电。这种技术具有存储容量大、储能周期长、环保无污染、提高储能效率等优点。在美国，一个名为“非补燃压缩空气储能”（AA-CAES）的项目正在探索这一技术。与传统CAES相比，AA-CAES不依赖于燃烧化石燃料来加热释放的压缩空气，而是采用电加热器，提高了整个储能过程的能效。在能源存储和电网调度方面，盐穴压缩空气储能技术具有重要的应用价值，为电力系统的稳定运行提供了有力保障。

3.3 新型储能技术的产业化和商业化前景

随着技术的不断成熟和成本的逐步降低，新型储能技术的产业化和商业化前景越来越广阔。从锂离子电池到重力储能，从盐穴压缩空气储能到氢储能，新型储能技术正逐步走向市场，成为推动能源转型的重要力量。未来，随着技术的进一步创新和应用的拓展，新型储能技术将在能源领域发挥更加重要的作用，为构建清洁、高效、安全的能源体系提供有力支撑。

总结

储能技术在新能源电力系统中发挥着至关重要的作用，其发展对于能源转型具有决定性影响。本文分析了储能技术在电力系统中的应用，并展望了新型技术的创新与商业化前景。随着技术进步和成本降低，储能技术的广泛应用将为新能源电力系统带来革命性的变化，推动全球能源的可持续发展。

参考文献

- [1]马静,沈玉明,荣秀婷,等.考虑储能用户与新能源双边交易调峰服务的电力系统联合运营模式[J].电力自动化设备,2023,43(1):113-120.
- [2]滕贤亮,谈超,昌力,等.高比例新能源电力系统有功功率与频率控制研究综述及展望[J].电力系统自动化,2023,47(15):12-35.
- [3]新能源电力系统装备绝缘介电性能测试与表征特约主编寄语[J].电工技术学报,2023,38(3):563-564.
- [4]臧延雪,边晓燕,梁思琪,等.计及线路传输能力的新能源电力系统灵活性评估及优化调度方法[J].电力系统保护与控制,2023,51(11):15-26.
- [5]余潇潇,宋福龙,李隽,等.含高比例新能源电力系统极端天气条件下供电安全性的提升[J].现代电力,2023,40(3):303-313.