

新能源风电和光伏工程中的储能技术应用

李 强 周 杨 何宇哲 费 强 刘 明

华能新能源股份有限公司辽宁分公司 辽宁 沈阳 110000

摘 要：在“双碳”目标的引领下，新能源产业迎来了前所未有的发展机遇，风电和光伏装机量呈爆发式增长。本文聚焦新能源风电和光伏工程中的储能技术应用。首先阐述储能技术对新能源发电的重要性，进而系统介绍电化学、机械、电磁、热能等多种储能技术及其在风电和光伏工程中的具体应用。同时，深入剖析储能技术应用面临的热失控风险、储能效率受限、初始投资高昂和预测精度不高等挑战，并从提升设备本质安全、优化工艺、降低成本、提高预测精度等方面提出应对策略，旨在推动储能技术在新能源风电和光伏工程中的高效应用。

关键词：新能源风电；光伏工程；储能技术应用

引言：随着全球对清洁能源的需求不断攀升，新能源风电和光伏产业发展迅猛。然而，风电和光伏发电具有间歇性、波动性等特点，给电网稳定运行带来巨大挑战。储能技术作为解决这一难题的关键手段，能够有效平滑功率波动，提升电能质量，保障电力供需平衡。本文通过梳理各类储能技术在新能源风电和光伏工程中的应用现状，分析应用过程中面临的挑战，并提出针对性的解决策略，为推动储能技术在新能源领域的广泛应用提供参考，助力新能源产业持续健康发展。

1 储能技术在新能源风电和光伏工程中的重要性

在全球追求能源可持续发展的浪潮中，风电和光伏作为重要的可再生能源，凭借清洁环保的特性，在能源领域的地位愈发重要。然而，风能和太阳能受自然条件制约，发电具有明显的间歇性和波动性，给电力供应和电网运行带来了严峻挑战。储能技术作为应对这一挑战的关键手段，在新能源风电和光伏工程中发挥着不可或缺的作用。在稳定电力供应方面，储能系统能够充当“调节阀门”。当风电和光伏发电量远超负荷需求时，它将多余电能储存起来；而在用电高峰或新能源发电不足时，释放所储存的电能，有效缓解电力供需的矛盾，确保电力供应的稳定，降低对电网的冲击。从经济价值来看，储能技术大幅提升了新能源的利用效率，减少因弃风弃光导致的能源浪费，降低新能源发电的单位成本^[1]。

2 主要储能技术及其在风电和光伏工程中的应用

2.1 电化学储能

2.1.1 锂离子电池储能

锂离子电池凭借高能量密度、长循环寿命以及出色的充放电效率，在风电和光伏工程中得到广泛应用。其工作原理是通过锂离子在正负极之间的嵌入和脱嵌来实现电能的储存与释放。在新能源发电端，当风电或光伏

产生过剩电能时，锂离子电池迅速将电能储存起来，避免能源浪费；用电低谷向高峰过渡时，电池又能及时将储存的电能释放至电网。在分布式发电场景中，锂离子电池储能系统灵活性高，安装便捷，能有效稳定小型风电和光伏电站的输出功率，减少对主电网的冲击，保障电力供应的稳定性与可靠性。

2.1.2 铅酸电池储能

铅酸电池技术成熟、成本相对较低，在早期风电和光伏储能领域占据一定份额。其依靠硫酸溶液中铅及其化合物的电化学反应实现充放电。在大规模集中式风电和光伏电站，铅酸电池储能系统能对波动的电能进行初步调节。例如，在光照或风力较强的时段，收集并储存多余电能；当发电量无法满足用电需求时，向电网补充电能。不过，铅酸电池能量密度较低，循环寿命有限，自放电率较高。随着技术发展，新型铅酸电池不断改进，在对成本控制要求较高，且对储能性能要求相对不苛刻的场景，仍发挥着一定作用。

2.1.3 液流电池储能

液流电池具有功率和容量相互独立、充放电特性好、寿命长等优势，在大型风电和光伏储能项目中极具潜力。它以溶解于不同电解质溶液中的活性物质进行电化学反应来储存和释放电能。在集中式新能源发电场景中，液流电池储能系统可以对大规模电能进行长时间储存与稳定释放，帮助平衡电力供需。例如，在沙漠等风力和光照资源丰富的地区建设的大型电站，配套液流电池储能系统，能有效平抑发电功率波动，将不稳定的电能转化为可调度的稳定电力，提升新能源在电网中的消纳能力。

2.2 机械储能

2.2.1 抽水蓄能

抽水蓄能是目前应用最为广泛的大规模储能技术。其基本原理是,在电力负荷低谷期,利用过剩的风电或光伏电能驱动水泵,将下水库的水抽到上水库,以势能的形式储存起来;在电力负荷高峰期,上水库的水通过水轮机发电,释放储存的能量。这种储能方式容量大、寿命长、运行稳定,能有效改善新能源发电的间歇性和波动性问题。在大型风电、光伏基地,配套建设抽水蓄能电站,能在发电过剩时吸纳多余电能,用电高峰时提供可靠电力支持,对维持电网频率稳定、提升电力系统稳定性起到关键作用。然而,抽水蓄能受地理条件限制较大,建设周期长,初期投资成本高。

2.2.2 压缩空气储能

压缩空气储能技术是在用电低谷时,利用风电或光伏产生的多余电能将空气压缩并储存于地下洞穴、废弃矿井等空间;用电高峰时,释放压缩空气,推动燃气轮机发电。压缩空气储能规模较大,储能周期长,且对地理条件的依赖相对较小,更易于部署。在大型风电和光伏集中发电区域,该技术可以大规模储存电能,缓解发电与用电在时空上的不匹配问题。此外,将压缩空气储能与天然气联合循环发电相结合,能显著提高能源利用效率。不过,压缩空气储能系统存在能量转换效率有待提高、需消耗一定燃料等问题,随着技术的进步,这些弊端正逐步得到改善。

2.2.3 飞轮储能

飞轮储能借助电动机带动飞轮高速旋转,将电能转化为机械能存储起来;当需要供电时,飞轮带动发电机运转,将机械能重新转换为电能释放。在风电和光伏工程里,飞轮储能凭借响应速度快、充放电效率高、循环寿命长的特点,能够瞬间平抑功率波动。在小型分布式光伏电站和离网型风电系统中,飞轮储能可以及时储存多余电能,稳定系统输出,提升供电质量。

2.3 电磁储能

2.3.1 超导磁储能

超导磁储能系统利用超导体制成的线圈,在超导状态下无电阻损耗的特性,将电能以磁场能的形式直接储存起来。在风电和光伏工程中,当发电功率出现剧烈波动时,超导磁储能系统能够快速响应,通过与电力系统进行功率交换,对电能进行有效调节。例如,在大型风电场中,超导磁储能可在短时间内吸收或释放大量电能,平抑风电输出的大幅波动,增强电网稳定性。其优势在于响应速度极快,充放电效率高,可达90%以上。但超导磁储能系统需要维持超导线圈的低温超导环境,这使得系统的前期建设和运营成本高昂,技术难度大,目

前仍处于示范应用与研究改进阶段。

2.3.2 超级电容器储能

超级电容器通过电极和电解质界面的双电层,或在电极表面发生快速可逆的氧化还原反应来储存电荷。在风电和光伏工程领域,超级电容器凭借充放电速度快、循环寿命长的特性,可快速吸收或释放电能。在光伏阵列列为路灯供电的小型系统中,超级电容器能迅速储存光伏产生的电能,并在夜间快速释放,保障路灯稳定工作。在分布式风电系统中,超级电容器能有效应对风电功率的快速变化,降低对电网的冲击。不过,超级电容器的能量密度相对较低,不适用于长时间大容量的电能存储,限制了其在大型储能项目中的应用。

2.4 热能储能

2.4.1 显热储能

显热储能是通过材料温度的升降来实现能量的存储与释放。常见的储能材料包括水、岩石和陶瓷等。在风电和光伏工程中,当电力过剩时,利用电加热器将储能材料加热,储存热能;在需要能量时,通过热交换器将储存的热能转换为电能或其他形式的能量供使用。例如,在太阳能光热发电站中,以熔盐作为显热储能介质,白天收集并储存太阳热能,在夜晚或光照不足时,释放热能驱动发电设备持续发电,保障电站稳定供电。显热储能技术成熟、成本较低,但它的储能密度相对有限,且储能过程伴随较大的温度变化,导致能量损失较大。

2.4.2 相变储能

相变储能借助储能材料在物相转变过程中吸收或释放大量潜热来储存和释放能量,常见的相变材料有石蜡、盐类水合物等。在光伏建筑一体化项目中,将相变材料应用于墙体或屋顶,白天吸收并储存光伏组件产生的多余热量,降低室内温度;夜间当温度降低时,相变材料凝固释放热量,维持室内温度稳定。在太阳能热水器系统中,相变储能材料可有效储存多余热能,延长热水供应时间。相变储能的储能密度高,在相变过程中温度波动小,能实现高效的能量存储与利用^[2]。

3 储能技术在新能源风电和光伏工程中的应用的挑战与对策

3.1 应用的挑战

3.1.1 热失控风险

在新能源风电和光伏储能系统里,电化学储能尤其容易出现热失控问题。以锂离子电池为例,其在充放电过程中,电化学反应会产生热量。当散热设计缺乏合理性,或电池管理系统对温度监控和调控失效时,热量就会持续累积。这不仅可能造成电池性能快速衰退,还会

触发连锁反应，导致热失控。一旦热失控发生，不仅会引发火灾和爆炸，威胁人员安全与财产安全，而且在大规模储能系统中，由于电池组排列紧密，热失控极易蔓延，严重影响储能系统的安全稳定运行。

3.1.2 储能效率受限

储能技术在风电和光伏项目中的应用，面临储能效率不高的难题。一方面，不同储能技术的能量转换过程存在固有损耗，比如抽水蓄能在电能与机械能转换时，机械部件摩擦和水力传输都会造成能量损失。另一方面，储能设备长期运行会老化，致使性能下降，加大能量损耗。

3.1.3 初始投资高昂

储能技术在新能源风电和光伏工程的大规模应用，被初始投资成本过高所制约。建设抽水蓄能电站，不仅需特定地理条件，前期建设大坝、水库等基础设施，投资规模巨大。锂离子电池储能系统虽部署灵活，但电池本身和配套管理系统的成本也不容小觑。超导磁储能系统维持超导环境所需的复杂低温冷却设备，进一步增加了建设成本。

3.1.4 预测精度不高

风电和光伏发电功率受天气等自然因素影响，随机性和波动性强，导致功率预测精度难以保障。储能系统的充放电调度，依赖准确的功率预测，预测误差会使调度决策出现偏差。若发电量预测值高于实际值，储能系统可能过度充电，造成能量浪费；反之，储能系统可能无法及时存储多余电能。

3.2 对策

3.2.1 提升设备本质安全

为应对热失控风险，需要全方位提升储能设备的本质安全。在电池设计阶段，采用高安全性的材料，比如使用热稳定性高的正负极材料与电解液，从源头降低热失控发生的概率。构建先进的电池管理系统，精确监控电池的电压、电流、温度等参数，及时发现异常情况，并通过均衡充电等措施避免电池过充或过放。优化储能系统的散热设计，采用风冷、液冷或两者结合的散热方式，确保电池在适宜的温度范围内工作。

3.2.2 优化储能技术工艺

针对储能效率受限的问题，优化储能技术工艺十分关键。深入研究不同储能技术的能量转换机制，通过改进材料性能、优化结构设计，降低转换过程中的能量损耗。加强储能设备的维护管理，定期对设备进行检测与保养，及时更换老化部件，延长设备使用寿命，保持

设备的高效运行。同时，探索储能系统与环境的协同优化，采用温控技术调节储能系统的运行环境，降低温度变化对储能效率的影响，保障储能系统在不同工况下都能高效运行。

3.2.3 降低设备制造成本

为解决初始投资高昂的难题，需降低储能设备的制造成本。相关部门可以出台相关政策，对储能设备制造企业给予税收优惠、研发补贴等支持，鼓励企业扩大生产规模，实现规模经济，降低单位生产成本。推动产学研合作，加速储能技术的创新与成果转化，研发新型低成本储能材料和制造工艺。此外，通过标准化设计和模块化生产，提高生产效率，减少生产过程中的资源浪费，降低制造成本。

3.2.4 提高功率预测精度

为提升功率预测精度，需整合多源数据，运用先进的预测技术。收集历史风电和光伏发电数据、气象数据、地理信息等，构建多维度的数据库。利用大数据分析、人工智能、机器学习等技术，建立高精度的功率预测模型。同时，加强对气象预报的跟踪与分析，实时更新预测模型的输入参数，以适应多变的天气条件。此外，建立预测结果的反馈机制，将实际发电数据与预测数据进行对比分析，不断优化预测模型，持续提高功率预测精度，为储能系统的充放电调度提供可靠依据^[3]。

结束语

储能技术在新能源风电和光伏工程的应用，对推动能源转型、构建新型电力系统具有重要战略意义。尽管当前储能技术的应用面临热失控风险、储能效率、成本及预测精度等诸多挑战，但通过提升设备本质安全、优化技术工艺、降低制造成本，以及提高功率预测精度等一系列措施，可有效应对这些难题。未来，随着科技的持续进步和产业政策的扶持，储能技术有望在成本、性能和安全性上取得重大突破，在新能源风电和光伏领域实现更广泛、更高效的应用，为全球能源的可持续发展提供强大助力。

参考文献

- [1]金阳.探讨新能源电力系统中的储能技术研究[J].低碳世界, 2023 (11) : 149-151.
- [2]徐一斌, 何琪.分析储能技术在光伏电站并网中的应用研究[J].电气技术与经济, 2023 (9) 16567.
- [3]关新, 吴世玮, 解雨琪, 等.研究储能技术在新能源电力系统中的应用分析[J].蓄电池, 2023 (4) : 181-182.