

电力现货市场下的储能技术应用与价值研究

张 政

中国华能集团有限公司山西分公司 山西 太原 030032

摘 要：随着全球能源结构的转型和电力市场的深化改革，电力现货市场逐渐崭露头角，成为电力行业的新兴模式。在这一背景下，储能技术以其独特的优势，正在为电力系统的稳定与高效运行提供强大支持。本文旨在深入探讨电力现货市场下储能技术的多元化应用及其产生的多维价值，以期对相关领域的实践与发展提供有益的参考。

关键词：电力现货市场；储能技术；电力系统稳定性；新能源接入；经济价值；社会价值

引言

电力现货市场，作为电力市场的一种重要交易模式，正逐渐成为全球电力行业发展的新趋势。与此同时，储能技术以其独特的存储与释放电能的能力，正在为电力系统的稳定运行提供重要支撑。本文将详细剖析储能技术在电力现货市场中的具体应用，并进一步探讨其带来的经济价值与社会价值。

1 电力现货市场的特点

电力现货市场的特点主要体现在以下几个方面：①实时供需平衡：电力现货市场因其短时特性，能够更有效地满足电力系统的实时供需平衡。由于电力商品具有不能大量储存的特性，有功电量和无功电量必须实时平衡，否则会影响电压或频率质量。现货市场的交易单位较短，因此更容易实现这种平衡。②促进清洁能源消纳：现货市场通常采用区域或节点边际电价定价，清洁能源如风电和光伏因其边际成本低而在市场中具有竞争力。此外，现货市场的短时特性可以降低清洁能源出力预测的不确定性，有助于清洁能源的合理消纳。③优化资源配置：电力现货市场能够优化电力资源在时间和空间上的配置。通过市场机制，可以根据实时供需情况调整电价，引导电力资源的合理分配和利用。④交易方式灵活多样：在电力现货市场中，交易方式包括双边协商交易、集中竞价交易和挂牌交易等。这些灵活的交易方式有助于满足不同市场主体的需求，提高市场的流动性和效率。⑤价格机制具有弹性：电力现货市场的价格具有充分的弹性，能够根据供需变化进行自我调节。这种价格机制有助于实现市场的供求均衡，即市场出清的状态。

2 电力现货市场下储能技术的多元应用

2.1 平衡电力供需与优化资源配置

电力现货市场中，电力价格的实时波动与供需关系的不断变化是市场的核心特性。储能技术在这一动态环境中起着至关重要的作用，特别是在平衡电力供需和

优化资源配置方面。大规模储能系统（如锂离子电池、抽水蓄能等）具有显著的调峰能力。根据国际能源署（IEA）的数据，一个典型的锂离子电池储能系统，能够在几分钟内从0%充电到80%，这种快速响应能力使其成为调节电力供需的理想选择。具体来说，当电网负荷处于低谷时，储能系统可以以较低的成本储存多余的电能。相反，在电力需求高峰时段，这些储存的电能可以被迅速释放到电网中，以缓解供应压力。此外，储能系统通过“削峰填谷”的运行模式，可以显著提高电网的设备利用率，降低输电和配电损耗。例如，在电力需求低谷时段，储能系统可以吸收多余的电能，减少弃风、弃光等现象，从而提高可再生能源的利用率。在高峰时段，通过释放储存的电能，可以减少对高成本峰值电力资源的需求，进而降低整体电力成本^[1]。从电价稳定的角度来看，储能技术的引入也起到了积极作用。根据一些电力市场的分析数据，储能系统的应用能够显著降低批发市场的电价波动。在电力需求高峰时，储能系统释放的电能可以增加市场供应，从而避免电价飙升。这种稳定电价的作用对于保护消费者利益和维护市场稳定具有重要意义。最后，储能技术对于提高电力系统的可靠性也至关重要。而储能系统能够在电力需求高峰或电网故障时提供关键的电力支持，确保电力系统的稳定运行。例如，在飓风等自然灾害发生后，储能系统可以为关键设施（如医院、通信基站等）提供不间断的电力供应，从而保障社会的正常运转。

2.2 增强电力系统稳定性与安全性

为了提升电力系统的稳定性与安全性，储能技术的引入显得尤为重要。在实际应用中，储能技术为电力系统的平稳运行注入了强大的技术动力。特别是那些响应迅速的储能系统，例如超级电容器和锂离子电池储能系统，在电力系统出现扰动时，能够迅速介入并提供必要的电力支撑。具体来说，当电网发生故障，如电压瞬间

跌落或上升时,储能系统可以在毫秒级的时间内响应,向电网注入或吸收电能。据研究显示,采用储能技术后,电力系统的故障恢复时间可以减少15%,从而显著降低了因电压波动引发的大面积停电风险。在无功功率补偿方面,储能系统也展现出了其独特的优势。电力系统中,无功功率的平衡对电压稳定起到了至关重要的作用。储能系统可以实时调整其充放电状态,为系统提供或吸收无功功率。根据实际运行数据,通过储能系统的无功补偿,电网的电压稳定性可以提高10%,在重载或故障情况下,这种提升尤为关键,可以有效地防止电压失稳,确保电网的连续安全运行。此外,储能技术与自动电压控制(AVC)和自动发电控制(AGC)等稳定性控制策略的结合,可以进一步提高电力系统的稳定性。通过精确调节,这些控制措施与储能系统协同工作,可以在各种工况下将电网的电压和频率波动控制在 $\pm 0.2\%$ 以内,远超传统电网的控制精度^[2]。储能技术还在提高电力系统的抗干扰能力方面发挥了关键作用。在外部干扰或系统故障导致的电网波动中,储能系统能够在几十毫秒内做出反应,为电网提供紧急电能支持。据统计,采用储能技术后,电力系统的抗干扰能力可以提高20%,大大增强了电网的鲁棒性和可靠性。

2.3 促进新能源接入与消纳

随着全球能源结构的深度调整,风电、光伏等可再生能源在电力系统中的比重日益增加。然而,这些能源的间歇性和不稳定性对电力系统的持续稳定运行构成了新的挑战。在这一背景下,储能技术以其独特的调节和平衡功能,为新能源的大规模接入与高效消纳提供了坚实的技术支撑。具体来说,风电和光伏发电受风速、光照强度等自然因素影响,发电量存在显著的波动。据统计,某些地区的风电和光伏发电量在一天之内可能波动超过50%。这种大幅度的波动不仅影响电力系统的稳定运行,也给电网调度带来了极大的复杂性。储能技术的引入,则能有效地缓解这一问题。根据国际电工委员会(IEC)的研究,配备储能系统的新能源电站,其输出功率的波动性可以降低30%以上。储能系统通过在新能源发电量高时吸收并存储多余的电能,在发电量低时释放电能,实现了电力系统的供需动态平衡。这种“削峰填谷”的运行策略,显著减少了新能源输出波动对电力系统的冲击,提升了系统的整体稳定性。此外,储能技术对于提高新能源的并网性能也起到了关键作用。由于新能源发电的波动性,其并网时往往会对电网造成较大的冲击,甚至可能导致并网失败。然而,根据国际能源署(IEA)的报告,配备储能系统的新能源电站并网时的冲

击可以减少高达60%。储能系统通过实时调节电能的输出,有效减轻了电网的负担,从而大幅提高了新能源的并网成功率。更为关键的是,储能技术还解决了新能源发电中的“弃风”“弃光”问题。由于电网输送和调峰能力的限制,新能源发电量高峰时往往无法全部并网,导致大量能源的浪费。然而,储能系统的引入显著减少了这种浪费。根据中国电力科学研究院的数据,配备储能系统的风电场和光伏电站,“弃风”“弃光”率可以降低至5%以下。储能系统在新能源发电量高峰时吸收并存储多余的电能,在电网需求增加时再释放,从而有效避免了能源的浪费,提高了新能源的利用率。

3 储能技术在电力现货市场中的多维价值

3.1 显著的经济效益

储能技术通过平衡电力供需,为市场带来了直接的经济效益。在电力需求高峰时段,传统的发电方式可能需要增加额外的发电容量来满足需求,这无疑会增加发电成本。而储能技术能够在需求低谷时充电,高峰时放电,有效地平衡了供需矛盾,从而降低了这种额外成本。其次,储能技术提高了电力系统的稳定性,这也间接地为市场带来了经济效益。电力系统的稳定运行是市场稳定的基础。储能技术能够在电力系统出现故障时迅速提供电能支持,减少了停电等事故发生的概率,从而降低了因事故带来的经济损失^[3]。再者,储能技术通过促进新能源接入,进一步提升了市场的经济效益。新能源的接入不仅降低了对传统能源的依赖,还因其清洁、可再生的特性,为市场带来了环保和可持续发展的双重效益。储能技术能够平滑新能源的输出波动,提高其并网友好性,从而促进了新能源的大规模接入和应用。最后,储能技术还能通过提供辅助服务等方式,为电力系统创造额外的收益。例如,储能系统可以提供无功补偿、调频调峰等辅助服务,这些服务在电力现货市场中都是具有经济价值的。

3.2 深远的社会价值

储能技术的广泛应用在推动社会进步和可持续发展方面体现了深远的社会价值。首先,储能技术是推动电力系统绿色转型的关键力量。而储能技术通过提高电力系统的效率、平衡供需,以及促进新能源的接入和消纳,有效地降低了对化石能源的依赖,从而减少了碳排放和环境污染,为电力系统的绿色转型提供了强有力的技术支持。其次,储能技术还显著提高了电力系统的可靠性和安全性,这对于保障社会的用电需求得到满足具有重要意义。在现代社会,电力已成为人们生活和工作的必需品,电力系统的稳定运行直接关系到社会的正常

运转。储能技术能够在电力系统出现故障或波动时迅速提供电能支持，有效地防止了大面积停电等事故的发生，保障了人们的正常生活和工作的用电需求。这种可靠性和安全性的提升，无疑为社会的稳定和发展提供了坚实的电力保障^[4]。再者，储能技术的推广和应用还有助于提高公众对于绿色能源和可持续发展的认识和参与度。随着储能技术的普及，越来越多的人开始关注和参与到绿色能源的使用和推广中来，这不仅增强了公众的环保意识，也为社会的可持续发展奠定了坚实的基础。

4 储能技术分析

4.1 储水式储能

储水式储能技术，作为一种利用水的重力势能进行能量存储的方法，已经在全球范围内得到了广泛应用。在深夜电力需求低的时候，利用富余电能将水抽至高处的水库储存，而在白天电力需求高峰时，则通过放水发电来满足电网需求。这种储能方式的储能容量大，对于电力系统的稳定运行起到了至关重要的作用。然而，它也对地理环境有着较高的要求，需要适宜的水位和地势差，同时建设和维护成本也相对较高。

4.2 储气式储能

储气式储能技术，尤其是压缩空气储能和液化空气储能，则利用了气体的可压缩性进行能量存储。在电力需求低谷时，利用富余电能压缩并存储空气，在电力需求高峰时则释放压缩的空气来发电。这种方式的能量转换效率高，响应速度快，但也需要大规模的储气空间和配套设施，增加了其投资成本。

4.3 电池式储能

电池式储能技术，尤其是锂离子电池，因其高能量密度、长寿命和快速响应等特点而备受青睐。锂离子电池通过锂离子在正极和负极之间的迁移来实现电能的储存和释放。除了锂离子电池，钠硫电池和铅酸电池等也在特定场合下得到了应用。这些电池式储能技术在电力系统中不仅可以进行峰值调节和频率控制，确保电网的稳定运行，还能有效支持新能源的接入，推动绿色能源的发展。

4.4 超级电容式储能

超级电容式储能则以其极高的电荷存储能力和极快的充放电速度脱颖而出。与传统的电池相比，超级电容器的使用寿命更长，充放电效率更高。虽然其储能密度相对较低，但在需要迅速响应和频繁进行充放电操作的场景中表现优异。在电力系统中，超级电容器的瞬时大功率输出能力和吸收电能波动的特性使其成为提供辅助服务的理想选择。

4.5 磁能储存

超导磁储能技术作为磁能储存的一种高效实现方式，借助超导材料在极低温度下电阻变为零的特性实现了电能的无损存储与迅速释放。这种技术响应速度快、能量转换效率高且使用寿命长，极大地提升了电力系统的稳定性和调节能力。尽管需要配备复杂的冷却系统和面临较高的初期投资成本等挑战，但其在电力系统中提供电压支撑、频率调节等关键辅助服务方面仍具有广泛应用前景。

结语

在电力现货市场下，储能技术的应用展现出了巨大的潜力和价值。它不仅有助于电力系统的稳定运行和高效管理，还为电力现货市场的发展注入了新的活力。展望未来，随着储能技术的不断进步和成本的降低，其在电力现货市场中的应用将更加广泛和深入。我们应该进一步加强储能技术的研究和创新，推动其在电力现货市场中的更广泛应用，为电力行业的可持续发展做出更大的贡献。

参考文献

- [1]井然.加快推动储能在电力现货市场发挥作用[J].中国电力企业管理,2022,(13):32-35.
- [2]郑茵.储能参与电力现货市场分析[J].大众用电,2024,39(03):24-25.
- [3]张华鲁.面向电力调峰的柔性符合群调节能力表征及相应策略研究[D].东北电力大学,2022-10-19.
- [4]罗智夫.储能技术在电力系统中的应用[J].电气传动自动化,2021(04):14-16,10.