

新型固态电池在分布式能源系统中的安全性与经济性评估

安燕龙

宏腾能源（锡林郭勒）有限公司 内蒙古锡盟

【摘要】新型固态电池在分布式能源系统中的应用正逐渐展现出潜在优势，其在安全性和经济性方面的综合评价成为研究重点。通过分析固态电池在热稳定性、循环寿命及失效机理上的改进，能够凸显其在防止热失控与降低运维风险上的优势。对比传统锂离子电池在投资成本、生命周期费用及能量转化效率等方面的差异，可以发现固态电池在分布式能源场景中具备较强的长期经济竞争力。新型固态电池的推广不仅有助于提升分布式能源系统的运行安全，还能通过降低综合成本促进能源结构优化，为未来能源体系的可持续发展提供有力支撑。

【关键词】固态电池；分布式能源系统；安全性；经济性

【收稿日期】2025 年 10 月 24 日 **【出刊日期】**2025 年 11 月 24 日 **【DOI】**10.12208/j.jeea.20250208

Evaluation of safety and economy of new-type solid-state batteries in distributed energy systems

Yanlong An

Hongteng energy (Xilingol) Co., Ltd. Ximeng, Inner Mongolia

【Abstract】The application of new-type solid-state batteries in distributed energy systems is gradually demonstrating potential advantages, and the comprehensive evaluation of their safety and economy has become a research focus. By analyzing the improvements of solid-state batteries in thermal stability, cycle life, and failure mechanism, their advantages in preventing thermal runaway and reducing operation and maintenance risks can be highlighted. Meanwhile, by comparing the differences between solid-state batteries and traditional lithium-ion batteries in terms of investment cost, life-cycle cost, and energy conversion efficiency, it can be found that solid-state batteries have strong long-term economic competitiveness in distributed energy scenarios. The promotion of new-type solid-state batteries not only helps improve the operational safety of distributed energy systems but also promotes the optimization of energy structure by reducing comprehensive costs, providing strong support for the sustainable development of the future energy system.

【Keywords】Solid-state batteries; Distributed energy systems; Safety; Economy

引言

新能源发展趋势要求能源系统兼具安全性、经济性与可持续性，而分布式能源系统的快速普及为储能技术提出了更高要求。传统锂离子电池虽然已大规模应用，但其存在的易燃电解液、热失控风险及高运维成本等问题，限制了分布式能源系统的进一步优化。在此背景下，新型固态电池因其固态电解质带来的热稳定性提升、循环寿命延长和能量密度改善，逐渐成为研究与应用的热点。探讨固态电池在分布式能源系统中的安全性与经济性，不仅有助于揭示其应用潜力，也能为能源行业提供技术选择和投资决策参考。本文将通过安全性与经济性两个维度进行分析，为分布式能源系统储能技术的发展提供系统化评价。

1 新型固态电池在分布式能源系统中的应用背景

与研究意义

新型固态电池的出现为分布式能源系统提供了全新的储能思路。传统锂离子电池虽然在能源存储和释放效率方面取得了广泛应用，但其液态电解质带来的热稳定性不足、易燃性和漏液风险始终困扰着分布式能源系统的长期运行。固态电池的研究进展为解决这些问题提供了可行路径。固态电解质不仅在抑制枝晶生长方面具有天然优势，还能显著降低热失控概率，从而提高整个储能系统的安全水平。在分布式能源系统中，这种特性格外重要，因为分布式系统往往部署于居民社区、工业园区和交通枢纽等地，对安全性的要求极为严格。研究固态电池在这一背景下的应用，不仅可以推动储能技术的迭代升级，还能为清洁能源的深入利用提供支撑。

在分布式能源系统的运行模式中，能源供需的波动性和间歇性特征凸显，对储能环节的性能提出了更高要求。新型固态电池因其高能量密度和长循环寿命，能够更好地平衡供需不稳定带来的冲击^[1]。与传统锂电池相比，固态电池在深度充放电时仍能保持较高的容量保持率，这使其在风能、太阳能等可再生能源并网应用中具有明显优势。随着分布式光伏和微电网的发展，单个储能单元的稳定性与经济性将直接影响整个系统的运行效率。固态电池的引入意味着分布式能源可以摆脱对大型集中式储能设施的过度依赖，从而推动能源利用模式的去中心化和灵活化，这一过程对能源结构转型具有长远意义。

固态电池的研究意义不仅局限于技术层面，更在于其所带来的能源战略与经济效应。对于国家能源安全而言，固态电池的广泛应用能够减少对进口化石燃料的依赖，促进清洁能源的消纳和储备，进而提升整体能源自主可控水平。从经济角度看，固态电池在分布式能源系统中的应用将推动上下游产业链的发展，涵盖电解质材料研发、隔膜技术改进、电极结构优化等多个环节，形成新的技术集群和经济增长点。对新型固态电池在分布式能源系统中的应用进行系统性研究，不仅能为储能技术的未来演进提供方向，还将为能源产业的高质量发展创造新的空间。

2 固态电池在分布式能源系统中的安全性分析

固态电池的安全性评价主要集中在电解质材料的物理化学稳定性和电极界面的可靠性上。固态电解质能够有效避免液态电解质易燃、易泄漏的问题，同时，在高温环境下依然保持稳定结构，不易引发热失控反应。在分布式能源系统的场景中，储能装置常常需要在户外环境下长时间运行，温差变化和湿度波动对储能单元提出了极高要求。固态电池凭借其无机或高分子固态电解质的稳定特性，能够显著降低外部环境对其性能的影响，从而为系统运行提供更高的安全保障。固态电池在过充过放情况下的安全阈值更高，降低了电网波动对电池组造成的潜在损害。

在电化学反应过程中，传统锂电池普遍存在锂枝晶穿透隔膜导致内短路的风险，而固态电池由于固态电解质的阻隔作用，有效抑制了枝晶的生长。这一特征不仅提升了电池的循环寿命，也在根本上减少了内部短路导致的火灾隐患。分布式能源系统通常包含多个储能单元并联运行，一旦某一单元发生故障，可能引发连锁反应，威胁整个系统的稳定性^[2]。固态电池在这一方面的优势尤为显著，其内部稳定性和低风险特征，使

得分布式能源系统具备更高的冗余能力和风险管理水平。部分新型固态电池采用陶瓷电解质或硫化物电解质，其在极端条件下的热稳定性表现尤为突出，进一步拓展了应用场景。

安全性不仅仅体现在材料性能上，还涉及到整个分布式能源系统的管理和维护。固态电池在长期运行中展现出的较低热积累效应，能够减少额外冷却系统的依赖，从而简化设备设计和运行管理。在智能化监控系统的配合下，固态电池组可以实现电压、电流、温度的实时监控与异常预警，为分布式能源系统的安全运行提供双重保障。随着固态电池产业化的推进，标准化的安全测试体系和运行规范逐步建立，这将进一步提升其在分布式能源系统中的应用信心，为未来储能技术的普及奠定坚实基础。

3 固态电池在分布式能源系统中的经济性评估

经济性评估是决定固态电池能否大规模应用于分布式能源系统的关键环节。在初始投资阶段，固态电池的生产工艺和材料成本普遍高于传统锂离子电池，尤其是固态电解质制备的复杂性导致单位成本居高不下。然而从全生命周期的角度来看，固态电池的高能量密度和长循环寿命显著降低了更换频率和运维支出。对于分布式能源系统而言，储能设备一旦投入运行，更换成本和停机损失往往高于初始设备购置成本，因此固态电池的长期经济优势逐渐显现。这种成本优势不仅体现在单个储能单元上，更体现在整个系统的运维效率提升和投资回报率优化方面。

在能量转化效率方面，固态电池凭借更低的内阻和更高的电化学稳定性，使得充放电效率大幅提升。这对于分布式能源系统来说尤为关键，因为系统需要频繁响应负荷波动和电网调节需求，高效率意味着更少的能量损失和更稳定的供电质量。固态电池的高效率运行不仅能够提高分布式能源的利用率，还能减少对备用电源的依赖，从而降低整体能源成本。固态电池更适合深度放电的使用场景，使得分布式系统能够在低谷时段充分释放能量，在高峰时段灵活调配储能，实现峰谷差价的最大化利用，为用户带来更高的经济收益。

从宏观层面来看，固态电池在分布式能源系统中的应用还将推动相关产业链的发展，带动电解质材料、隔膜技术、系统集成和智能运维等领域的技术创新。随着生产规模的扩大和工艺的优化，固态电池的单位成本将逐步下降，形成规模经济效益^[3]。未来，若政策层面出台相应的补贴措施或碳减排激励机制，固态电池在分布式能源系统中的经济性将得到进一步提升。通

过综合考量投资回收周期、运维成本和系统效率,固态电池展现出的长期经济竞争力将为分布式能源的发展提供强有力的支持。

4 固态电池在分布式能源系统推广应用的现实挑战与对策

固态电池虽然展现出显著的技术优势,但在推广应用过程中依然面临一系列现实挑战。材料制备难度和产业化规模不足是当前最突出的瓶颈。固态电解质在离子电导率、界面接触和加工工艺方面仍存在局限,导致量产过程中良品率不高,成本难以快速下降。这些因素限制了其在分布式能源系统中的普及速度。固态电池在低温环境下的性能衰减问题尚未完全解决,对于分布式能源系统覆盖的多样化场景而言,这一短板制约了其应用范围。若无法在短期内突破这些技术难题,固态电池的市场渗透率将受到抑制。

在系统集成和运行管理方面,固态电池也面临适配性挑战。分布式能源系统具有高度分散和多样化的特点,固态电池在不同场景下的匹配度需要进一步验证。在偏远地区的微电网中,电池需要面对极端气候和有限的维护条件,这对固态电池的稳定性提出了更高要求。另一方面,当前分布式能源管理平台和调度机制大多是针对传统锂电池设计,固态电池的大规模引入需要重新建立优化调度模型和管理机制,以确保其优势能够充分发挥。如何实现固态电池与现有系统的高效融合,是实现推广的关键议题。

针对上述挑战,可以从多个方面提出对策。科研层面需要加强对固态电解质材料的基础研究,提升离子电导率并优化界面设计,以解决性能瓶颈。应推动产业链上下游的协同发展,建立规模化生产体系,降低制造成本。政策层面则应加大对固态电池产业化的支持力度,出台相关补贴政策和税收优惠,推动示范项目建设^[4-8]。在应用层面,可以通过构建标准化的安全评估体系和完善的运行监控平台,提升分布式能源系统对固态电池的适配性和管理效率。通过技术、产业与政策的多重发力,固态电池在分布式能源系统中的应用前景将更加广阔,最终实现安全与经济性的双重优化。

5 结语

新型固态电池在分布式能源系统中的应用展现出安全性与经济性并重的显著优势。固态电解质的引入有效提升了电池的热稳定性与循环寿命,为分布式能源系统的安全运行提供了有力保障。长周期低运维的特性也使其在整体成本控制上具备长期竞争力。尽管推广过程中仍存在材料制备与产业化等挑战,但通过技术突破与政策支持,固态电池有望成为分布式能源未来发展的核心储能方案。

参考文献

- [1] 丁蓉. 多家公司披露固态电池产品中试最新进展[N]. 证券日报, 2025-08-21(A03).
- [2] 陈宇阳. 新能源汽车电池技术创新与发展趋势[J]. 时代汽车, 2025, (18): 139-141.
- [3] 郭琦, 陈孟晓, 余佳微, 等. 考虑负荷灵活调节潜力的分布式能源系统能量管理策略[J/OL]. 中国电力, 1-17 [2025-08-25].
- [4] 才智龙, 王丹洁, 范晋卿, 等. 分布式能源系统储能技术应用研究[J]. 中国设备工程, 2025, (15): 201-203.
- [5] 张时聪, 李涵钰, 刘志坚, 等. 考虑建筑屋顶光伏/光热和生物质耦合的农村综合能源系统研究[J]. 太阳能学报, 2025, 46(07): 93-103.
- [6] 洪瑞新, 刘飞璇, 张璐璐. 新型电力系统中的分布式能源智能化管理系统应用研究[J]. 通讯世界, 2025, 32(07): 121-123.
- [7] 朱晨光, 张颖洁, 岳彩通, 等. 基于多能互补分布式能源站研究及分析[J]. 能源与环保, 2025, 47(07): 108-115.
- [8] 谭贝贝, 白锦强. 智能电网中分布式能源接入与微电网协调控制技术研究[J]. 自动化应用, 2025, 66(11): 141-144.

版权声明: ©2025 作者与开放获取期刊研究中心(OAJRC)所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



OPEN ACCESS