
J — Multidisciplinary Scientific Journal：全固态电池：电动汽车的“终极电源”还有多远？

作者：writer 来源：科学网

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/42498.html>

本文仅供学习交流之用，版权归原作者所有，请勿用于商业用途！

J — Multidisciplinary Scientific

Journal：全固态电池：电动汽车的“终极电源”还有多远？。论文标题：Challenges and Advancements in All-Solid-State Battery Technology for Electric Vehicles

论文链接：<https://www.mdpi.com/2571-8800/7/3/12>

期刊名：J — Multidisciplinary Scientific Journal

期刊主页：<https://www.mdpi.com/journal/J>

1. 文章导读

长期以来，传统锂离子电池一直是为从智能手机到电动汽车（EV）等各类设备提供动力的主力军。然而，这些电池面临着严峻挑战，例如在持续充放电循环中性能逐渐衰退，导致电池容量随时间推移而下降。此外，液态电解质的使用带来了电解质泄漏和锂枝晶形成等隐患。

为应对这些挑战，全固态电池（ASSB）作为一种极具前景的替代方案应运而生，特别是在电动汽车领域；它通过用全固态电解质替代液态电解质，有效降低了电解质泄漏风险，并解决了与枝晶形成相关的安全隐患，从而提高了电池的可靠性与使用寿命。除了安全性提升外，全固态电池还具备更高的能量密度、更快的充电速度以及更好的环境可持续性，使其成为下一代储能解决方案中极具吸引力的选择。

来自美国军事学院 (USMA) 系统工程系的Vikram Mittal副教授和其研究团队在J — Multidisciplinary Scientific Journal期刊上发表了一篇标题为《Challenges and Advancements in All-Solid-State Battery Technology for Electric Vehicles》的综述论文。文章首先概述了全固态电池的基本特性及不同类型，随后讨论了该技术在制造、稳定性、安全性和成本方面面临的挑战，并介绍了全固态电池技术的最新进展。通过综合分析这些研究成果，本文力求为寻求适应快速发展的电动汽车市场的可持续、高效储能解决方案提供参考，并激发持续的创新活力。

2. 研究内容

(1) 全固态电池的优势与类型

论文通过对比表格清晰展示了ASSB相较传统锂离子电池的优势：更高的能量密度潜力、更宽的工作温度范围（可达约200 °C）、更长的循环寿命（潜在可达锂离子电池的2-10倍）、更灵活的设计可能性。

固态电解质主要分为三大类：

类型 核心特点 优势 局限 无机固态电解质 陶瓷材料（氧化物、硫化物、磷酸盐）
高离子电导率、优异热/化学稳定性、宽电化学窗口 脆性大、制造成本高 固态聚合物电解质
聚合物基材料 柔韧性好、加工容易、成本较低 离子电导率和热稳定性偏低 复合固态电解质
无机+聚合物复合 兼顾高电导率与机械柔性 新兴领域，仍需优化

（2）核心挑战

论文深入剖析了ASSB商业化面临的五大挑战：

- ① 制造工艺复杂：固态电解质层的精密制造涉及复杂合成方法和高温处理，成本高昂，且从实验室规模放大到量产面临质量和一致性难题。
- ② 界面稳定性：固态电解质与电极材料之间需要强粘附力和化学/电化学稳定性。机械性能不匹配可能导致分层或开裂；热管理不当则会影响性能和寿命。
- ③ 安全性考量：尽管ASSB本质上更安全，但阳极、阴极与固态电解质之间的放热副反应仍可能引发热失控。研究人员正通过开发更稳定的固态电解质、保护性涂层和先进热管理系统来应对。
- ④ 成本与可扩展性：当前制造方法资源密集、成本高昂，需要开发经济高效的合成路线和streamlined 制造工艺。
- ⑤ 能量密度提升：采用锂金属阳极替代石墨阳极，固态电池配置已实现超过350 Wh/kg的能量密度，但还需进一步优化。

（3）最新研究突破

论文重点介绍了近年来ASSB技术的一系列关键突破：

无机固态电解质领域：

超薄LLTO陶瓷电解质膜（25 μm厚）：显著降低内阻，提升能量密度、功率输出和充放电速率；

ZrO₂纳米线+Li₃InCl₆超薄膜（25 μm厚）：相比传统500-1000 μm厚度，内阻大幅降低，能量密度潜在提升高达300%；

NASICON+硼硅酸盐玻璃复合电解质：断裂强度达74 MPa（纯NASICON的2.38倍），相对密度97.17%，循环稳定性优异；

LLZO纳米片自组装层状电解质：离子电导率高达0.17 S，能量密度340 Wh/kg，抗压强度3.2

GPa。

固态聚合物电解质领域：

GP-LiF-

SN复合电解质：结合玻璃纤维增强PEO与LiF和丁二腈添加剂，提升机械稳定性和电化学性能；

PVNB固态聚合物电解质：通过原位聚合形成稳定界面，电池在5C高倍率下1000次循环后仍保持80%容量；

超薄固态聚合物膜（ $<5\ \mu\text{m}$ ）：拉伸强度达556.6 MPa，最薄仅 $3.4\ \mu\text{m}$ ，实现Li-S电池1C倍率下千次循环。

复合固态电解质领域：

PLP-HP超薄复合聚合物电解质（ $6\ \mu\text{m}$ 厚）：PEO/LiTFSI浸入PTFE基质， $60\ ^\circ\text{C}$ 下稳定循环超900小时无枝晶生长，LiFePO₄/Li全电池500次循环库仑效率超99.9%。

3. 总结与展望

论文总结指出，ASSB技术近年来的重大进展——超薄电解质膜、纳米材料增强导电性、新型制造工艺——已显著改善了电池性能、安全性和可扩展性。然而，要实现广泛商业化，仍需在以下方面持续努力：

优化制造工艺，降低成本，提升可扩展性；

改善电极-电解质界面，降低电阻，提高效率；

探索可持续材料和环保生产工艺；

建立标准化测试协议和监管框架。

产学研政持续合作是推动创新、加速商业化、实现可持续能源未来的关键。全固态电池技术有望为电动汽车及更广泛领域开启清洁、高效、可靠能源存储的新时代。

Shah, R.; Mittal, V.; Precilla, A.M. Challenges and Advancements in All-Solid-State Battery Technology for Electric Vehicles. J 2024, 7, 204-217. <https://doi.org/10.3390/j7030012>

期刊介绍

主编：Pietro Ciproso, University of Turin, Italy

J — Multidisciplinary Scientific Journal是一个涵盖所有自然科学与应用科学领域的国际性同行评审开放获取期刊。本刊诚邀并鼓励提交涵盖从基础研究到实际应用的各类成果，既包括单一学科内的研究，也包括跨学科研究。具体涵盖领域包括但不限于：生物学与生命科学、化学与材料科学、计算机科学与数学、工程学、环境与地球科学、医学与药学、物理科学、公共卫生与医疗保健

。

来源：J — Multidisciplinary Scientific Journal

更多 科学进展 请访问 <https://www.iikx.com/news/progress/>

本文版权归原作者所有，请勿用于商业用途，[爱科学iikx.com](https://www.iikx.com)转发