

为绿色能源赋能: 动力电池和储能电池的发展与创新

周豪慎

固体微结构物理国家重点实验室, 人工微结构科学与技术协同创新中心, 功能材料设计原理与应用技术江苏省重点实验室, 南京大学现代工程与应用科学学院, 储能材料与技术中心, 南京 210093

E-mail: hszhou@nju.edu.cn

Empowering green energy: Development and innovation of power batteries and energy storage batteries

Haoshen Zhou

Center of Energy Storage Materials & Technology, College of Engineering and Applied Sciences, Jiangsu Key Laboratory of Artificial Functional Materials, National Laboratory of Solid-State Microstructures, Collaborative Innovation Center of Advanced Microstructures, Nanjing University, Nanjing 210093, China

E-mail: hszhou@nju.edu.cn

doi: [10.1360/TB-2025-0202](https://doi.org/10.1360/TB-2025-0202)



周豪慎

南京大学教授。研究方向为物理化学与能源化学。长期致力于电化学能量转换与存储的物理化学基础和应用研究, 在高比能电池体系设计、界面电化学反应机制和电极材料构筑领域作出了创新性和系统性的科学贡献。

电池由正极、负极和电解质等组成。基于正负极活性材料中化学能与电能的相互转换, 电池可实现充电和放电过程中能量的储存与释放, 被广泛应用于消费电子产品、电动交通工具、可再生能源储存、电力系统调节、军事和航空航天等领域。随着全球能源结构转型和新能源汽车行业快速发展, 具有高能量密度、高安全性等特点的动力电池和安全环保、成本低廉的储能电池已成为未来能源技术发展的重要方向, 在推动能源革命和支撑能源新业态发展方面发挥着日益重要的作用。

电池技术的持续进步依赖于关键电池材料的设计调控和性能提升。近年来, 科技工作者致力于关键电极材料设计、新型功能电解质开发、电池反应机理探索和失效机制分析等方面的研究, 发展了高比能锂离子电池、钠离子电池、锂-氧电池和水系锌离子电池、铜电池、液流电池等电池体系, 在动力电池和储能电池领域取得了一系列突破性进展。为了集中展示我国在动力电池和储能电池领域的研究成果, 推动电池技术的进一步发展, 促进同行之间学术思想的碰撞, 《科学通报》组织出版“面向未来发展的动力电池和储能电池”专辑。本专辑特邀领域内多位学者撰文, 涵盖了从电池材料设计到体系优化和机理分析的最新成果^[1~13]。

围绕高比容量正极材料设计, 周豪慎/曹鑫/乔羽团队^[1]结合他们的研究成果, 总结了基于氧阴离子电荷补偿机制的锂离子电池富锂层状正极在结构设计领域的改性研究, 以及基于氧化物-过氧化物可逆转化的封闭锂氧电池; 胡勇胜团队^[2]系统总结了从富锂锰基材料到钠基层状氧化物的氧变价机理研究进展, 探讨了氧变价正极材料在实际应用中面临的关键问题; 王永刚课题组^[11]全面探究了不同电

引用格式: 周豪慎. 为绿色能源赋能: 动力电池和储能电池的发展与创新. 科学通报, 2025, 70: 1115–1117

Zhou H S. Empowering green energy: Development and innovation of power batteries and energy storage batteries (in Chinese). Chin Sci Bull, 2025, 70: 1115–1117, doi: [10.1360/TB-2025-0202](https://doi.org/10.1360/TB-2025-0202)

荷载体对醌类化合物芘-4,5,9,10-四酮电极电化学性能的影响,为有机电极材料的设计提供了新思路;付永柱课题组^[3]综述了含杂原子的有机硫化物作为可充电电池正极材料的反应机理和电化学性能.何平课题组^[4]总结了锂-二氧化碳电池的反应路径和提升电池性能的可行性策略.

在新型功能电解质开发方面,陈人杰课题组^[12]使用乙基碘化胺作为锂-氧气电池的液相添加剂,实现了放电产物的溶剂相生长和固体电解质界面的原位构筑,为筛选高性能锂-氧气电池多功能氧化还原介质提供了新的方法参考;余彦课题组^[13]在钠金属电池常规醚类电解液中加入LiClO₄添加剂,开发了基于静电屏蔽效应的钠金属电池低温电解液,为发展低温钠金属电池提供了新策略;汤卫平课题组^[5]详细总结了典型氧化物系锂离子固态电解质的研究进展,并对其优缺点进行了综合比较;许晓雄团队^[6]深入剖析了锂二次电池体系传统有机液态电解液、混合固液电解质、纯固体电解质的特点、产业化现状、面临的挑战及未来发展机遇.

面向未来能源存储和先进表征与模拟技术发展,李亮课题组^[7]分别从铜正极和铜负极的角度全面综述了水系铜电池的研究进展及其在未来能源存储领域的重要作用;李先锋课题组^[8]综述了面向长时储能的无机和有机液流电池技术的发展现状、挑战和未来发展方向,指出了实现液流储能高效利用的有效策略;潘慧霖课题组^[9]总结了水系锌离子电池负极界面双电层结构的调控策略和先进表征技术;尉海军课题组^[10]总结了相场模拟在锂离子电池微区结构失效分析中的研究进展,并展望了相场方法在电池关键材料微区结构设计与演化方面的应用前景.

由于本专刊的篇幅有限,我们无法列出动力电池和储能电池领域的所有最新进展.希望本专刊能够为相关研究者提供有益的借鉴和启发,促进电池技术研究的进步,推动电池体系的科学创新与技术突破.最后,感谢所有作者、审稿人和编辑人员的辛勤工作与贡献.

参考文献

- 1 Zhao X W, Chen Y L, Cao X, et al. Research progress in cathode materials of secondary batteries with high specific energy based on anion charge compensation mechanism (in Chinese). *Chin Sci Bull*, 2025, 70: 1118–1131 [赵晓雯, 陈毅龙, 曹鑫, 等. 基于阴离子电荷补偿机制的高比能二次电池正极材料研究进展. *科学通报*, 2025, 70: 1118–1131]
- 2 Hou X Y, Tang B, Yu H, et al. Research progress on the mechanism of oxygen redox in sodium cathodes (in Chinese). *Chin Sci Bull*, 2025, 70: 1132–1150 [侯雪妍, 唐彬, 于昊, 等. 基于氧变价的钠电池正极材料的机理研究进展. *科学通报*, 2025, 70: 1132–1150]
- 3 Yu Q, Fu Y Z, Guo W. Recent progress in organosulfur cathode materials containing heteroatoms (in Chinese). *Chin Sci Bull*, 2025, 70: 1151–1163 [于钱, 付永柱, 郭玮. 含杂原子有机硫正极材料研究进展. *科学通报*, 2025, 70: 1151–1163]
- 4 Liu Y W, Pan H, He P. Aprotic carbon dioxide electrochemical reduction pathways and lithium-CO₂ batteries (in Chinese). *Chin Sci Bull*, 2025, 70: 1164–1176 [刘忆雯, 潘慧, 何平. 非质子型二氧化碳电化学还原路径与锂-二氧化碳电池. *科学通报*, 2025, 70: 1164–1176]
- 5 Wang Y Q, Chen J C, Zhu Y Z, et al. Research progress in lithium-ion solid electrolytes of oxides (in Chinese). *Chin Sci Bull*, 2025, 70: 1177–1190 [王雅秋, 陈俊超, 朱彦者, 等. 氧化物系锂离子固态电解质研究进展. *科学通报*, 2025, 70: 1177–1190]
- 6 Wang R, Lin J, Chen S S, et al. Research progress on electrolyte materials for power and energy storage batteries facing future development: From liquid to solid (in Chinese). *Chin Sci Bull*, 2025, 70: 1191–1217 [王若, 林久, 陈珊珊, 等. 面向未来发展的动力和储能电池电解质材料研发进展: 从液态走向固态. *科学通报*, 2025, 70: 1191–1217]
- 7 Feng Y F, Zhu J B, Huang Z H, et al. Aqueous copper batteries for future energy storage (in Chinese). *Chin Sci Bull*, 2025, 70: 1218–1229 [冯远峰, 朱俊冰, 黄志皓, 等. 面向未来储能的水系铜电池. *科学通报*, 2025, 70: 1218–1229]
- 8 Xu X X, Zhang C K, Li X F. Flow battery for long duration energy storage: Development, challenges and prospects (in Chinese). *Chin Sci Bull*, 2025, 70: 1230–1246 [许晓璇, 张长昆, 李先锋. 面向长时储能的液流电池储能技术: 发展、挑战及未来展望. *科学通报*, 2025, 70: 1230–1246]
- 9 Zhou M Q, Zhao X S, Cheng Z Y, et al. Research progress on structural regulation and advanced characterization of double electric layer at Zn anode interface of aqueous Zn-ion batteries (in Chinese). *Chin Sci Bull*, 2025, 70: 1247–1263 [周梦奇, 赵学松, 程展翼, 等. 水系锌离子电池负极界面双电层结构调控及先进表征研究进展. *科学通报*, 2025, 70: 1247–1263]
- 10 Liu F Z, Zhao S, Yu H J. Applications and prospects of phase field simulations of local structures in lithium-ion battery materials (in Chinese). *Chin Sci Bull*, 2025, 70: 1264–1283 [刘方正, 赵姝, 尉海军. 锂离子电池材料微区结构相场模拟的应用与展望. *科学通报*, 2025, 70: 1264–1283]
- 11 Qiu X, Cao Y J, Guo Z W, et al. Effects of different charge carrier ions on the electrochemical properties of organic electrodes (in Chinese). *Chin Sci Bull*, 2025, 70: 1284–1293 [邱璇, 曹永杰, 郭昭薇, 等. 不同电荷载体离子对有机物电极电化学性能的影响. *科学通报*, 2025, 70: 1284–1293]

- 12 Li B H, Sun W, Lai J N, et al. Ethylammonium iodide-driven solvent phase mediation and *in-situ* solid electrolyte interface construction for Li-O₂ batteries (in Chinese). Chin Sci Bull, 2025, 70: 1294–1303 [李博华, 孙雯, 赖静宁, 等. 乙基碘化胺驱动锂氧电池溶剂相介导及固体电解质界面原位构筑. 科学通报, 2025, 70: 1294–1303]
- 13 Yang Y J, Xu S T, Liu C C, et al. Difunctional electrolyte additive based on the electrostatic shield mechanism for low-temperature sodium-metal batteries (in Chinese). Chin Sci Bull, 2025, 70: 1304–1314 [杨永健, 许世铤, 刘聪聪, 等. 基于静电屏蔽效应的双功能钠金属电池低温电解液添加剂. 科学通报, 2025, 70: 1304–1314]