

山西省自然科学奖提名项目公示材料

项目名称：高比能锂金属电池用固态聚合物电解质的结构功能化设计与界面稳定化机制

提名者：太原理工大学

项目简介：

本项目属于材料科学储能电池领域。

锂金属电池被视为下一代高比能储能体系的核心方向，但传统液态电解质存在易燃泄漏等问题，且与锂金属负极界面副反应严重。固态聚合物电解质虽具备本征安全优势，却长期受困于离子电导率低、力学性能差、固-固界面阻抗高等科学难题。基于此，本项目围绕聚合物电解质开展了系统性研究，具体如下：

- 1. 聚合物电解质拓扑结构设计**与**多尺度解耦调控**。从聚合物分子拓扑结构出发，建立了贯通分子、纳米至介观尺度的三级结构解耦设计准则，实现了离子传导与力学支撑的空间分离。
- 2. 离子溶剂化团簇-聚合物桥接的凝胶电解质微结构调控**。提出了离子-偶极相互作用的离子液体固定化策略与溶剂-聚合物弹性桥接的无氟凝胶电解质设计策略，将电解液以化学键合方式锚定于聚合物基体中，消除了相分离与溢出失效隐患。
- 3. 基于聚合反应调控与界面设计的原位聚合界面锚定**。针对原位聚合体系中聚合度难以精准调控、界面化学难以定向构筑两大核心难题，提出了富F界面原位构筑与聚合度精准调控策略、分子功能化界面工程策略等核心思路，实现了固-固界面从物理接触到化学键合锚固。

科学价值：

本项目创建了聚合物多尺度结构解耦设计准则，破解了离子电导率与力学性能此消彼长的技术瓶颈；揭示了固态聚合物电解质的跨尺度离子传导新机制；攻克了原位聚合界面化学不可控难题；对推动固态电化学储能学科发展具有重要学术价值。

代表性论文目录

1. Wang, H.; Wang, Q.; Cao, X.; He, Y.; Wu, K.; Yang, J.; Zhou, H.; Liu, W.; Sun, X. Thiol-Branched Solid Polymer Electrolyte Featuring High Strength, Toughness, and

Lithium Ionic Conductivity for Lithium-Metal Batteries, *Advanced Materials* 2020, 32, 2001259.

2. Zhang, L.; Wang, S.; Wang, Q.; Shao, H.; Jin, Z. Dendritic Solid Polymer Electrolytes: A New Paradigm for High - Performance Lithium - Based Batteries, *Advanced Materials* 2023, 35, 2303355.

3. Chen, T.; Kong, W.; Zhang, Z.; Wang, L.; Hu, Y.; Zhu, G.; Chen, R.; Ma, L.; Yan, W.; Wang, Y.; Liu, J.; Jin, Z. Ionic liquid-immobilized polymer gel electrolyte with self-healing capability, high ionic conductivity and heat resistance for dendrite-free lithium metal batteries, *Nano Energy* 2018, 54, 17-25.

4. Zhang, L.; Gao, H.; Xiao, S.; Li, J.; Ma, T.; Wang, Q.; Liu, W.; Wang, S. In-Situ Construction of Ceramic-Polymer All-Solid-State Electrolytes for High-Performance Room-Temperature Lithium Metal Batteries, *ACS Materials Letters* 2022, 4, 1297-1305.

5. Wang, Q.; Wang, S.; Lu, T.; Guan, L.; Hou, L.; Du, H.; Wei, H.; Liu, X.; Wei, Y.; Zhou, H. Ultrathin Solid Polymer Electrolyte Design for High-Performance Li Metal Batteries: A Perspective of Synthetic Chemistry, *Advanced Science* 2022, 10, 2205233.

主要完成人情况及排序如下

1. 王骞（太原理工大学）

2. 王师（南京邮电大学）

3. 金钟（南京大学）

4. 刘文（北京化工大学）

5. 侯利锋（太原理工大学）