

2024 年度安徽省自然科学奖提名项目公示内容

项目名称	推动全固态电池商业化的关键材料开发
提名者	中国科学技术大学
提名意见	我校郑重提名马骋教授带领其团队完成的“推动全固态电池商业化的关键材料开发”项目，申报 2024 年度安徽省自然科学奖。该项目面向国家新能源战略重大需求，针对全固态电池产业化面临的高成本、电极适配性差、专利壁垒等核心难题，取得原创性突破。团队基于原子尺度机理研究, 开发出以氧氯化锆锂为代表的锆基氧氯化物固态电解质，在综合性能国际领先的前提下实现了仅 10 美元/公斤左右的原材料成本，不仅远低于其它固态电解质（不低于 150 美元/公斤），也远低于全固态电池商业化对固态电解质原材料成本的要求（50 美元/公斤）。与此同时，团队还开发了以氯化钛锂为代表的新型正极材料，在复合物正极中活性物质质量比高达 95%时仍保持稳定循环，显著优于商业化材料的 80%极限，从而得以更充分的发挥全固态电池在能量密度上的潜力。相关成果发表于 Nature Communications 等国际权威期刊，并且所有核心知识产权已申请发明专利，正在进行成果转化。提名材料公示无异议，同意提名 2024 年度安徽省自然科学奖。
项目简介	全固态电池通过将目前商业化锂离子电池中易燃、不稳定的液态电解质替换为不可燃、稳定的固态电解质，有望同时打破锂离子电池在安全性和能量密度上的瓶颈，因此已成为国家重点布局的下一代电池技术。但是，全固态电池的核心材料—固态电解质—成本普遍高于其商业化所需要的 50 美元/公斤， 并且目前液态锂离子电池所使用的商业化电极材料也难以充分发挥全固态电池的优势。而且， 全固态电池大部分关键材料的专利掌握在日韩、欧美企业手中，导致我国全固态电池的产业化面临巨大瓶颈。针对这些问题，本项目完成人通过将原子尺度的机理研究和材料/电池开发有机结合，基于对微观机理的深入理解开发了以氧氯化锆锂为代表的一系列低成本锆基氧氯化物固态电解质，以及以氯化钛锂为代表的适配全固态电池的先进正极材料。本团队开发的固态电解质不仅具有领先的综合性能，而且原材料成本仅 10 美元/公斤左右，远低于商业化所需要的 50 美元/公斤，也远低于硫化物、卤化物等其他固态电解质（不低于 150 美元/公斤）。而本团队开发的氯化物正极材料可以在复合物正极中活性物质质量比高达 95%时仍然保持稳定循环，远远超过高镍三元化合物、磷酸铁锂等商业化正极所能达到的约 80%的活性物质质量比，从而能更好的发挥全固态电池能量密度上的优势。作为系列材料的原创开发者，本项目第一完成人马骋教授拥有全部相关知识产权，并已通过中科大赋权流程将其转化至新设的成果转化公司，正在推动产业化。
主要完成人	马骋、胡吕、王凯、古震琦、朱峰

主要完成单位		中国科学技术大学						
5 名论证专家		1. 南策文、清华大学、教授、材料科学与工程 2. 张强、清华大学、教授、化学工程 3. 黄云辉、华中科技大学、教授、材料科学与工程 4. 李泓、中科院物理所、研究员、锂电池 5. 周豪慎、南京大学、教授、能源化学						
代表性论文（专著）目录								
序号	论文（专著）名称/刊名/作者	年卷页码 （xx 年 xx 卷 xx 页）	发表时间 （ 年 月 日）	通讯作者 （含共同）	第一作者 （含共同）	国内作者	论文署名单位是否包含国外单位	是否国内期刊
1	A cost-effective, ionically conductive and compressible oxychloride solid-state electrolyte for stable all-solid-state lithium-based batteries; <i>Nature Communications</i> , Lv Hu, Jinzhu Wang, Kai Wang, Zhenqi Gu, Zhiwei Xi, Hui Li, Fang Chen, Youxi Wang, Zhenyu Li, Cheng Ma.	2023 年 14 卷 3807 页	2023 年 6 月 27 日	马骋（Cheng Ma）	胡吕（Lv Hu）	胡吕，王金柱，王凯，古震琦，奚志伟，李惠，陈放，王有喜，李震宇，马骋	否	否
2	A cost-effective and humidity-tolerant chloride solid electrolyte for lithium batteries; <i>Nature Communications</i> , Kai Wang, Qingyong Ren, Zhenqi Gu, Chaomin Duan, Jinzhu Wang, Feng Zhu, Yuanyuan Fu, Jipeng Hao, Jinfeng Zhu, Lunhua He, Chin-Wei Wang, Yingying Lu, Jie Ma, Cheng Ma	2021 年 12 卷 4410 页	2021 年 7 月 20 日	马骋（Cheng Ma）	王凯（Kai Wang）	王凯，任清勇，古震琦，段超民，王金柱，朱峰，符媛媛，郝继鹏，朱金峰，何伦华，王进威，陆盈盈，马杰，马骋	否	否

3	Li ₃ TiCl ₆ as ionic conductive and compressible positive electrode active material for all-solid-state lithium-based batteries; <i>Nature Communications</i> , Kai Wang, Zhenqi Gu, Zhiwei Xi, Lv Hu, Cheng Ma	2023 年 14 卷 1396 页	2023 年 3 月 13 日	马骋 (Cheng Ma)	王凯 (Kai Wang)	王凯, 古震琦, 奚志伟, 胡吕, 马骋	否	否
4	Atomic-scale study clarifying the role of space-charge layers in a Li-ion-conducting solid electrolyte; <i>Nature Communications</i> , Zhenqi Gu, Jiale Ma, Feng Zhu, Ting Liu, Kai Wang, Ce-Wen Nan, Zhenyu Li, Cheng Ma	2023 年 14 卷 1632 页	2023 年 3 月 24 日	马骋 (Cheng Ma)、李震宇 (Zhenyu Li)	古震琦 (Zhenqi Gu), 马家乐 (Jiale Ma), 朱峰 (Feng Zhu)	古震琦, 马家乐, 朱峰, 刘亭, 王凯, 南策文, 李震宇, 马骋	否	否
5	Overcoming the Na-ion conductivity bottleneck for the cost-competitive chloride solid electrolytes; <i>Journal of Energy Chemistry</i> , Lv Hu, Hui Li, Fang Chen, Yating Liu, Jinzhu Wang, Cheng Ma	2024 年 95 卷 1-8 页	2024 年 3 月 25 日	马骋 (Cheng Ma)	胡吕 (Lv Hu)	胡吕, 李惠, 陈放, 刘雅婷, 王金柱, 马骋	否	是