

2025 年山东省自然科学奖申报项目情况公示

一、项目名称：碳基电化学能源材料的表界面调控与性能优化机制

二、提名者：山东省教育厅

三、提名意见：

该项目围绕碳材料的表界面特性调控以及界面荷质传输机制关键科学问题，在国家自然科学基金等项目支持下，发明了单离子活化精准调控多孔炭亚纳米孔尺寸的革新性方法，揭示孔尺寸与电解质离子之间的匹配机制，显著提升了多孔炭的空间电容电荷密度；提出“原位生长-纳米限域相转化”制备策略，创制出兼具强界面耦合特性与三维分级电输运网络的一体化自支撑电极，显著提升了电极活性材料的电化学活性和稳定性，构建高倍率、长循环钾离子电容器；提出缺陷诱导氟化反应机制，据此研制出高性能氟化碳电极材料，提出了系列氟化碳改性新方法，指导企业实现了氟化碳材料产业化并应用于重要装备电源。

该项目 5 篇代表性论文发表于 *Energy Environ. Sci.*、*Adv. Funct. Mater.* 等期刊，被 32 个国家 250 个单位在 *PNAS*、*Matter*、*Adv. Mater.*、*Angew* 等刊物上的论文引用 495 次，其中他引 431 次，单篇最高他引 120 次。成果得到中国科学院钱逸泰院士、工程院陈立泉院士、加拿大科学院/工程院陈忠伟院士等学者引用和正面评价。第一完成人获批山东省自然科学杰出青年基金、入选泰山学者青年专家，培养山东省高校青年创新团队 1 个。

符合山东省自然科学奖提名条件，现提名该项目申报 2025 年度山东省自然科学奖二等奖。

四、提名奖种及等级：山东省自然科学奖（二等奖）

五、项目简介：

电化学储能技术是推动能源转型、实现“双碳”战略目标的重要支撑。碳材料凭借丰富的结构可调性和优异的荷质传输特性，以活性材料、活性材料载体及前驱体等形式在电化学储能器件中发挥关键作用。尽管碳材料的角色各异，但其表界面特性以及界面荷质传输效率决定了所参与电化学反应的动力学与稳定性，相关机制成为电化学储能器件领域共性的核心科学问题。

围绕上述问题，本项目在国家自然科学基金等项目支持下，发明了单离子活

化精准调控多孔炭亚纳米孔尺寸的革新性方法；创制了兼具强界面耦合特性与高效三维电荷传输网络的一体化碳基复合电极；提出缺陷诱导氟化反应机制，据此研制出高性能氟化碳电极材料，指导山东重山光电材料股份有限公司实现了产业化并应用于重要装备电源。主要科学发现如下：

1. 发明了单离子活化精准调控多孔炭亚纳米孔尺寸的革新性方法
2. 创制兼具强界面耦合特性与高效三维电荷传输网络的一体化 $WS_2@$ 碳和 $VN@$ 碳复合电极

3. 提出缺陷诱导氟化反应机制，研制高性能氟化碳材料并指导实现产业化

本项目 5 篇代表性论文发表于 *Energy & Environmental Science*、*Advanced Functional Materials* 等期刊，被中国科学院钱逸泰院士、工程院陈立泉院士、加拿大科学院/工程院陈忠伟院士等 32 个国家 250 家单位的研究人员在 *PNAS*、*Matter*、*Adv. Mater.*、*Angew* 等期刊论文上引用和正面评价，总被引用 495 次，其中他引 431 次，单篇他引最高 120 次。第一完成人获批山东省自然科学杰出青年基金、入选泰山学者青年专家，培养山东省高校青年创新团队 1 个。

六、代表性论文专著目录：

- (1) A new approach to tuning carbon ultramicropore size at sub-Angstrom level for maximizing specific capacitance and CO_2 uptake, Jin Zhou, Zhaohui Li, Wei Xing*, Honglong Shen, Xu Bi, Tingting Zhu, Zhipeng Qiu, Shuping Zhuo*, *Advanced Functional Materials*, 2016, 26, 7955–7964
- (2) Carbon-coated WS_2 nanosheets supported on carbon nanofibers for high-rate potassium-ion capacitors, Shitao Geng, Tong Zhou*, Minyu Jia, Xiangyan Shen, Peibo Gao, Shuang Tian, Pengfei Zhou, Bo Liu, Jin Zhou*, Shuping Zhuo, Feng Li*, *Energy & Environmental Science*, 2021, 14, 3184–3193
- (3) Surface redox pseudocapacitance boosting vanadium nitride for high-power and ultra-stable potassium-ion capacitors, Chengrong Xu, Jinglin Mu, Tong Zhou*, Shuang Tian, Peibo Gao, Guangchao Yin, Jin Zhou*, Feng Li*, *Advanced Functional Materials*, 2022, 32, 2206501
- (4) Fluorinated multi-walled carbon nanotubes as cathode materials of lithium and sodium primary batteries: effect of graphitization of carbon nanotubes, Yanyan Li, Xiaozhong Wu, Chao Liu, Shuo Wang, Pengfei Zhou, Tong Zhou, Zhichao

Miao, Wei Xing, Shuping Zhuo, Jin Zhou*, *Journal of Materials Chemistry A*, 2019, 7, 7128–7137

- (5) Urea-assistant ball-milled CF_x as electrode material for primary lithium battery with improved energy density and power density, Pengfei Zhou, Junying Weng, Xiaolan Liu, Yanyan Li, Li Wang, Xiaozhong Wu, Tong Zhou, Jin Zhou*, Shuping Zhuo*, *Journal of Power Sources*, 2019, 414, 210–217

七、主要完成人情况：

主要完成人：周晋，周通，周朋飞，吴小中，邢伟，李峰，嵯淑萍

八、主要完成单位情况：

山东理工大学，第一完成单位，对发现点 1、2 和 3 均具有重要学术贡献。

中国科学院金属研究所，第二完成单位，对发现点 2 有重要贡献。

中国石油大学（华东），第三完成单位，对发现点 1 和 3 有重要贡献。