

# 中国颗粒学会自然科学奖项目申报公示

**项目名称：**染料敏化太阳能电池碳对电极强化理论与碳功能调控

## 项目简介：

该项目紧密围绕国家在高新技术和新能源等领域的重大需求，以促进器件的光电转换效率和降低器件成本为出发点，以染料敏化太阳能电池（DSSCs）对电极为研究和开发对象，围绕 DSSCs 对电极吸附催化活化  $I_3^-$  离子和界面电荷输运关键科学问题，从分子工程和过程工程的层面，发展了分子工程和碳材料精细化的技术理念。经过 10 余年的研究和技术攻关，设计开发了一系列廉价、高效、稳定的碳基对电极材料。形成并建立了 DSSCs 体系中碳基对电极材料从结构性能理论预测、微观结构优化和材料可控制备系列技术。具体而言：（1）在原子和分子尺度层面，建立了电化学微环境中异质原子掺杂碳材料电子结构预测模型，提出了 DSSCs 碳材料对电极之活性描述符，基于异质原子几何/电子效应，成功实现碳局域化学位微结构调制及  $I_3^-$  离子活化与还原。（2）在分子工程层面，基于化学/物理键合强化的过程工程技术手段，建立了可控碳结构基元协同杂化新方法，揭示了分子尺度上物理/化学耦合和组装新机制，开发了具有高本征电化学活性的系列廉价、高效的杂原子掺杂碳基对电极材料。（3）在表-界面工程层面，辅以机械物理/化学外场和分子交联等策略，建立了调控碳材料与负载活性物种之间相互作用强度的新方法，实现了碳颗粒和活性物质材料的强耦合和碳颗粒材料的表面高功能化，提升了碳材料的光电化学活性和稳定性。上述工作为 DSSCs 的发展和真正走向实际应用奠定科学与技术基础。上述具有国际水准的创新性工作丰富和发展了碳素材料、太阳能电池和能源化工等学科领域的内容，促进了相关领域的技术进步，在国际上产生了重要的影响。

项目实施期间，申请/授权专利 8 项，在国际学术期刊上发表论文 50 余篇。10 篇代表论文发表在 *Angew Chem Int Ed*、*Adv Energy Mater* 等功能材料、碳素材料与能源化工技术领域的国际主流学术刊物上。项目完成人受邀在包括染料敏

化太阳能电池、世界碳科学大会等国内外会议上做大会或邀请报告 30 余次。因为在功能碳材料等技术领域系统深入的创新研究成果,项目成员 1 人获国家自然科学基金杰出青年基金, 2 人入选教育部长江学者特聘教授、1 人获国家自然科学基金优秀青年基金, 1 人入选教育部青年长江学者; 20 余人次在国内外重要学术机构任职, 包括: 中国科协先进材料学会联合体主席团副主席、中国微米纳米技术学会副理事长、中国化工学会会刊《化工学报》副主编、国际学术刊物 Chemical Engineering Science 副主编、Carbon 副主编(2006-2010)、FlatChem 共同创刊主编(2015.11-2017.06)、及 Science China Materials 等 20 余种国内外学术刊物编委。结合本项目的工作, 培养了一批优秀博士生, 其中, 1 人获全国优秀博士论文提名奖, 5 人获辽宁省优秀博士学位论文, 2 人入选国家青年千人计划。

#### 主要完成人 (完成单位)

序号	完成人姓名	完成单位	工作单位
1	邱介山	大连理工大学	北京化工大学
2	于畅	大连理工大学	大连理工大学
3	孟祥桐	大连理工大学	北京化工大学
4	宋雪旦	大连理工大学	大连理工大学
5	常江伟	大连理工大学	郑州大学
6	赵宗彬	大连理工大学	大连理工大学

代表性论文（专著）目录（不超过 10 篇）

序号	论文（专著）名称 /刊名/作者	年卷页码 (xx 年 xx 卷 xx 页)	通讯作者（含 共同）	第一作者 (含共同)
1	Scrutinizing Defects and Defect Density of Selenium-Doped Graphene for High-Efficiency Triiodide Reduction in Dye-Sensitized Solar Cells / Angewandte Chemie-International Edition / Xiangtong Meng, Chang Yu, Xuedan Song, James Iocozzia, Jiafu Hong, Matthew Rager, Huile Jin, Shun Wang, Longlong Huang, Jieshan Qiu, Zhiqun Lin	2018 年 57 卷 17 期 4682-4686 页	于畅 邱介山 林志群	孟祥桐
2	A C-S-C Linkage-Triggered Ultrahigh Nitrogen-Doped Carbon and the Identification of Active Site in Triiodide Reduction / Angewandte Chemie-International Edition / Jiangwei Chang, Chang Yu, Xuedan Song, Xinyi Tan, Yiwang Ding, Zongbin Zhao, Jieshan Qiu	2021 年 60 卷 7 期 3587-3595 页	于畅 邱介山	常江伟
3	Nitrogen-Doped Graphene Nanoribbons with Surface Enriched Active Sites and Enhanced Performance for Dye-Sensitized Solar Cells / Advanced Energy Materials / Xiangtong Meng, Chang Yu, Xuedan Song, Yang Liu, Suxia Liang, Zhiqiang Liu, Ce Hao, Jieshan Qiu	2015 年 5 卷 11 期 文献号 1500180	于畅 邱介山	孟祥桐
4	Chemically grafting graphene oxide to B,N co-doped graphene via ionic liquid and their superior performance for triiodide reduction / Nano Energy / Chang Yu, Haiqiu Fang, Zhiqiang Liu, Han Hu, Xiangtong Meng, Jieshan Qiu	2016 年 25 卷 184-192 页	邱介山	于畅 房海秋

5	Dual integration system endowing two-dimensional titanium disulfide with enhanced triiodide reduction performance in dye-sensitized solar cells / Nano Energy / Xiangtong Meng, Chang Yu, Bing Lu, Juan Yang, Jieshan Qiu	2016 年 22 卷 59-69 页	邱介山	孟祥桐 于畅
6	Gravity field-mediated synthesis of carbon-conjugated quantum dots with tunable defective density for enhanced triiodide reduction / Nano Energy / Jiangwei Chang, Xuedan Song, Chang Yu, Huawei Huang, Jiafu Hong, Yiwang Ding, Hongling Huang, Jinhe Yu, Xinyi Tan, Zongbin Zhao, Jieshan Qiu	2020 年 69 卷 文献号 104377	于畅 邱介山	常江伟 宋雪旦
7	Rational design and fabrication of sulfur-doped porous graphene with enhanced performance as a counter electrode in dye-sensitized solar cells / Journal of Materials Chemistry A / Xiangtong Meng, Chang Yu, Xuedan Song, Zhiqiang Liu, Bing Lu, Ce Hao, Jieshan Qiu	2017 年 5 卷 5 期 2280-2287 页	邱介山	孟祥桐 于畅
8	Graphene-mediated highly-dispersed MoS <sub>2</sub> nanosheets with enhanced triiodide reduction activity for dye-sensitized solar cells / Carbon / Chang Yu, Xiangtong Meng, Xuedan Song, Suxia Liang, Qiang Dong, Gang Wang, Ce Hao, Xichuan Yang, Tingli Ma, Pulickel M. Ajayan, Jieshan Qiu	2016 年 100 卷 474-483 页	邱介山	于畅 孟祥桐
9	Boron-doped graphene as a high-efficiency counter electrode for dye-sensitized solar cells / Chemical Communications / Haiqiu Fang, Chang Yu, Tingli Ma, Jieshan Qiu	2014 年 50 卷 25 期 3328-3330 页	邱介山	房海秋 于畅

10	CoS nanosheets-coupled graphene quantum dots architectures as a binder-free counter electrode for high-performance DSSCs / 中国科学·材料科学 / Chang Yu, Zhiqiang Liu, Yiwen Chen, Xiangtong Meng, Mingyu Li, Jieshan Qiu	2016年 59卷2期 104-111页	邱介山	于畅
----	---	----------------------------	-----	----