

中国科学院大连化学物理研究所

催化基础国家重点实验室

2018 年报



**2018 Annual Report of
State Key Laboratory of Catalysis
Dalian Institute of Chemical Physics
Chinese Academy of Sciences**

**中国科学院大连化学物理研究所
催化基础国家重点实验室
2018年报**

**2018 Annual Report of
State Key Laboratory of Catalysis
Dalian Institute of Chemical Physics
Chinese Academy of Sciences**



目 录

• 催化基础国家重点实验室第七届学术委员会.....	1
• 催化基础国家重点实验室第三届国际顾问委员会.....	5
• 催化基础国家重点实验室主任及组长.....	6
• 催化基础国家重点实验室2018年大事记.....	9
• 催化基础国家重点实验室媒体采风.....	11
• 催化基础国家重点实验室2018年重要研究进展.....	13
之一：成功研制短波长手性拉曼光谱仪.....	13
之二：木质素催化转化研究.....	15
之三：对二甲苯“绿色合成”研究.....	16
之四：二氧化碳转化研究.....	18
之五：氧化物束缚自由基催化研.....	19
之六：模拟自然光合作用体系光电分解水制氢的研究.....	20
之七：合成气定向转化.....	22
之八：有机酸修饰 MnO _x 催化氨氧化选择性控制研究.....	23
之九：氧化物酸碱催化研究.....	24
之十：手性银原子簇合成研究.....	25

之十一：天然气中有害气体电催化资源化利用研究.....	26
之十二：甲醇直接制乙二醇研究.....	28
之十三：纳米热电材料等离激元性质研究.....	30
之十四：二氧化碳高效电催化还原研究.....	31
之十五：高温二氧化碳电催化还原.....	33
之十六：二氧化碳催化转化研究.....	34
之十七：单原子催化剂应用于生物质转化反应研究.....	36
之十八：全固态柔性平面锂离子微型电容器研究.....	38
之十九：20万吨/年催化汽油固定床催化吸附脱硫装置 在牡丹江首控石化开车成功.....	40
之二十：揭示太阳能光催化“向阳背阴”电荷分离机制.....	42
之二十一：锂离子微型电池研究.....	44
之二十二：纳米催化研究.....	46
之二十三：多相酸碱催化研究.....	48
之二十四：纳米反应器研究.....	50
之二十五：实现甲烷室温直接催化转化.....	52
之二十六：宽光谱捕光催化剂全分解水制氢研究.....	54
之二十七：金属载体强相互作用研究.....	56

之二十八：我室“裁剪”出新型钙钛矿太阳能电池空穴传输材料.....	58
之二十九：G-四链体核酸结构及催化功能研究取得进展.....	60
之三十：新型宽光谱捕光催化剂研究.....	62
之三十一：研究单原子催化应用于类芬顿反应研究.....	64
之三十二：我室发现单核锰催化剂的水氧化活性可媲美 自然光合作用催化剂.....	66
之三十三：金属-N ₄ 活性中心高效电催化二氧化碳还原研究.....	68
之三十四：人工光合成太阳燃料研究.....	70
之三十五：金属-载体强相互作用的研究.....	72
之三十六：二氧化碳加氢制芳烃研究.....	74
之三十七：规模化制备高度集成微型超级电容器研究.....	76
之三十八：我室发展了生物质发酵液转化的新策略.....	78
之三十九：高稳定性二维钙钛矿太阳能电池研究.....	80
● 催化基础国家重点实验室2018年综述文章.....	82
之一：单原子催化述评.....	82
之一：肼分解制氢研究.....	84
● 催化基础国家重点实验室2018年发表文章目录.....	86
● 催化基础国家重点实验室2018年专利申请一览表.....	122

- 催化基础国家重点实验室 2018 年专利授权一览表..... 130
- 催化基础国家重点实验室 2018 年开放课题一览表..... 132
- 催化基础国家重点实验室 2018 年自主研究课题一览表..... 133

催化基础国家重点实验室

第七届学术委员会名单

主 任	李 灿 院士	中国科学院大连化学物理研究所
副 主 任	丁奎岭 院士	中国科学院上海有机化学研究所
	谢在库 院士	中国石油化工股份有限公司
委 员	包信和 院士	中国科学院大连化学物理研究所
(按音序排列)	陈初升 教授	中国科学技术大学
	丁维平 教授	南京大学
	胡培君 教授	华东理工大学/贝尔法斯特女王大学
	李静海 院士	中国科学院过程工程研究所
	刘中民 院士	中国科学院大连化学物理研究所
	孙立成 教授	大连理工大学/瑞典皇家工学院
	王建国 研究员	中国科学院山西煤炭化学研究所
	王 野 教授	厦门大学
	吴 凯 教授	北京大学
	夏春谷 研究员	中国科学院兰州化学物理研究所
	徐柏庆 教授	清华大学
	徐 杰 研究员	中国科学院大连化学物理研究所
	张 涛 院士	中国科学院大连化学物理研究所
	赵东元 院士	复旦大学
	赵进才 院士	中国科学院化学研究所
	宗保宁 教授级高工	石油化工科学研究院

顾 问	徐如人	院士	吉林大学
	陈 懿	院士	南京大学
	谢有畅	教授	北京大学
	万惠霖	院士	厦门大学
	何鸣元	院士	石油化工科学研究院
	郑小明	教授	浙江大学
	石·米歇尔	教授	法国巴黎第六大学
	林国强	院士	中国科学院上海有机化学研究所

State Key Laboratory of Catalysis

Members of Academic Committee

Chairman	Prof. Can Li	Dalian Institute of Chemical Physics
Vice Chairmen	Prof. Kuiling Ding	Shanghai Institute of Organic Chemistry
	Prof. Zaiku Xie	China Petrochemical Corporation
Advisory Members	Prof. Shaoyi Peng	Shanxi Institute of Coal Chemistry
	Prof. Ruren Xu	Jilin University
	Prof. Yi Chen	Nanjing University
	Prof. Youchang Xie	Peking University
	Prof. Huilin Wan	Xiamen University
	Prof. Mingyuan He	SINOPEC Research Institute of Petroleum
	Prof. Xiaoming Zheng	Zhejiang University
	Prof. Michel Che	Universite Pierre et Marie Curie
	Prof. Guoqiang Lin	Shanghai Institute of Organic Chemistry
Members	Prof. Xinhe Bao	Dalian Institute of Chemical Physics
	Prof. Chusheng Chen	University of Science and Technology of China
	Prof. Weiping Ding	Nanjing University
	Prof. Peijun Hu	East China University of Science and Technology
	Prof. Jinghai Li	Institute of Process Engineering
	Prof. Zhongmin Liu	Dalian Institute of Chemical Physics
	Prof. Licheng Sun	Dalian University of Technology
	Prof. Jianguo Wang	Shanxi Institute of Coal Chemistry
	Prof. Ye Wang	Xiamen University
	Prof. Kai Wu	Peking University
	Prof. Chungu Xia	Lanzhou Institute of Chemical Physics

Prof. Boqing Xu	Tsinghua University
Prof. Jie Xu	Dalian Institute of Chemical Physics
Prof. Tao Zhang	Dalian Institute of Chemical Physics
Prof. Dongyuan Zhao	Fudan University
Prof. Jincai Zhao	Institute of Chemistry
Prof. Baoning Zong	SINOPEC Research Institute of Petroleum Processing

催化基础国家重点实验室第三届国际顾问委员会名单

The 3rd International Advisory Committee of the State Key Laboratory of Catalysis

Prof. Alexis T. Bell

*University of California Berkeley,
USA*

Prof. Jürgen Caro

University of Hannover, Germany

Prof. Michael Claeys

*University of Cape Town,
South Africa*

Prof. Avelino Corma

*Institute for Chemical Technology,
Spain*

Prof. Kazunari Domen

The University of Tokyo, Japan

Prof. Masatake Haruta

*Tokyo Metropolitan University,
Japan*

Prof. Graham J. Hutchings

Cardiff University Wales, UK

Prof. Jae Sung Lee

*Pohang University of Science & Technology,
Korea*

Prof. Thomas Maschmeyer

The University of Sydney, Australia

Prof. Martin Muhler

*Ruhr-Universitaet Bochum,
Germany*

Prof. Jens K. Nørskov

Stanford University, USA

Prof. Valentin N. Parmon

*Boriskov Institute of Catalysis,
Russia*

Prof. Lachezar A. Petrov

*King Abdulaziz University,
Kingdom of Saudi Arabia*

Prof. Peter C. Stair

Northwestern University, USA

Prof. Rutger A. van Santen

*Eindhoven University of Technology,
The Netherlands*

Prof. Bert M. Weckhuysen

Utrecht University, The Netherlands

Prof. Ganapati D. Yadav

*Institute of Chemical Technology,
India*

催化基础国家重点实验室主任及组长
Directors and Group Leaders of
the State Key Laboratory of Catalysis

主任：申文杰

Director: Prof. Wenjie Shen

副主任：范峰滔、傅强

Associate Directors: Profs. Fengtao Fan and Qiang Fu

- 催化反应化学组，组长：申文杰

Catalytic Reaction Chemistry

Group Leader: Prof. Wenjie Shen

金催化研究中心，主任：春田正毅

Gold Catalysis Research Center

Group Leader: Prof. Masatake Haruta

- 纳米与界面催化组，组长：傅强

Nano and Interfacial Catalysis

Group Leader: Prof. Qiang Fu

能源战略组群

Basic & Strategic Studies on Energy Team

- 仿生能源材料和系统组，组群组长：傅强

Biomimetic Energy Materials and Systems

Sub-group Leader: Prof. Qiang Fu

- 碳基能源纳米材料组，组群组长：潘秀莲

Nanostructured Carbon Materials for Energy

Sub-group Leader: Prof. Xiulian Pan

- 二维热电材料研究组，组群组长：姜鹏

Two-dimensional Thermoelectric Materials

Sub-group Leader: Prof. Peng Jiang

- **碳基资源电催化转化研究组，组群组长：汪国雄**
Electrocatalytic Conversion of Carbon-Based Resources
Sub-group Leader: Prof. Guoxiong Wang

- **分子催化与原位表征组，组长：李 灿**
Molecular Catalysis and In-Situ Characterization
Group Leader: Prof. Can Li
太阳能研究组群
Solar Energy Research Team
 - **太阳能转化利用系统耦合研究组，组群组长：宗旭**
Coupled System for Solar Energy Conversion and Storage
Sub-group Leader: Prof. Xu Zong
 - **光催化反应机理研究组，组群组长：韩洪宪**
Mechanism of Photocatalysis Reaction
Sub-group Leader: Prof. Hongxian Han
 - **太阳能光电催化研究组，组群组长：施晶莹**
Photoelectrocatalytic Conversion of Solar Energy
Sub-group Leader: Prof. Jingying Shi
 - **光电成像光谱研究组，组群组长：范峰滔**
Spectroscopic Photoelectric Imaging
Sub-group Leader: Prof. Fengtao Fan
 - **有机光电材料与器件研究组，组群组长：郭鑫**
Organic Optoelectronic Materials and Devices
Sub-group Leader: Prof. Xin Guo
 - **微纳光电材料及光催化研究组，组群组长：李仁贵**
Micro/Nano Photo(electro)catalyst and Photocatalysis
Sub-group Leader: Prof. Rengui Li
 - **光电催化瞬态光谱研究组**
Time-resolved Characterization of Photo(electro)catalytic Mechanisms

- 无机膜与催化新材料组，组长：杨维慎
Inorganic Membrane and New Catalytic Materials
Group Leader: Prof. Weishen Yang
- 有机-无机杂化材料组，组长：杨启华
Organic-Inorganic Hybrid Materials
Group Leader: Prof. Qihua Yang
- 固体核磁共振及催化化学创新特区研究组，组长：侯广进
Solid-State NMR & Catalytic Chemistry
Group Leader: Prof. Guangjin Hou
- 二维材料与能源小分子转化创新特区研究组，组长：邓德会
2D Materials & Energy Catalysis
Group Leader: Prof. Dehui Deng
- 纳米反应器与反应工程学创新特区研究组，组长：刘健
Micro-Nano Reactor & Reaction Engineering
Group Leader: Prof. Jian Liu
- 理论催化创新特区研究组，组长：肖建平
Theoretical Catalysis
Group Leader: Prof. Jianping Xiao
- 宽光谱捕光材料与光催化创新特区研究组，组长：章福祥
Photocatalysis on Materials with Wide Visible Light Utilization
Group Leader: Prof. Fuxiang Zhang
- 技术支撑与管理组，组长：胡林彦
Analytical Services and Administration
Group Leader: Dr. Linyan Hu

催化基础国家重点实验室 2018 年大事记

1. 1 月 12 日，潘秀莲研究员荣获第十四届“中国青年女科学家奖”。
2. 1 月 24 日，李灿、刘中民担任中国人民政治协商会议第十三届全国政协委员。
3. 1 月 28 日，李灿在太阳能高登会议上当选为 2022 年太阳燃料高登会议主席。
4. 3 月 12 日，中共中央组织部办公厅公布了第三批国家“万人计划”入选名单，申文杰、潘秀莲入选“万人计划”科技创新领军人才。
5. 3 月 18 日，包信和院士当选为第十三届全国人民代表大会常务委员会委员。
6. 3 月 27 日，邓德会研究员因其在催化化学领域的贡献，在日本化学会第 98 届年会上获杰出报告奖“The Distinguished Lectureship Award”。该奖项是日本化学会（The Chemistry Society of Japan）为表彰亚洲各国在化学研究领域做出杰出贡献的优秀青年科学家而设立的，旨在加强亚洲年轻化学家的交流，促进科研合作。
7. 4 月 27 日，杨维慎获辽宁省五一劳动奖章。
8. 5 月 21 日，实验室召开第七届学术委员会第二次会议
9. 5 月 30 日，包信和获 2018 年度陈嘉庚化学科学奖。
10. 6 月 18 日，兼聘研究员张涛获首届“中国科学材料·创新奖”。
11. 7 月 2 日，叶盛获 2018 年度“博士后创新人才支持计划”资助。

12. 7 月 26 日，郭文岗获 2018 年度“香江学者计划”资助。
13. 8 月 12 日，实验室召开第三届国际顾问委员会第二次会议。
14. 10 月 24 日，李灿获“中国光谱成就奖”。
15. 10 月 30 日，刘中民获 2018 年美国化学工程师协会“Program Committee’ s Professional Achievement Award”。
16. 11 月 30 日，张涛当选发展中国家科学院院士。
17. 12 月 21 日，朱雪峰入选中国科学院 2018 年度青年创新促进会优秀会员。

催化基础国家重点实验室媒体采风

1. 2月12日,中国科学报报道:中科院大连化物所研发出碳修饰镍基催化剂。
2. 3月5日,中国科学报头版报道“全国政协委员、中国工程院院士刘中民:打造“一带一路”技术输出“第三张名片””。
3. 3月7日,中新社、中国改革报报道:“洁净能源”探索获重要进展。
4. 3月9日,人民政协网报道:刘中民委员:在全国加快推广使用车用乙醇汽油。
5. 3月11日,央广网专访李灿院士:建议设立基础研究和应用基础研究两项国家杰出青年基金。
6. 3月12日,中新社报道:政协委员李灿:一箭双雕,推进二氧化碳资源化绿色转化减排
7. 3月21日,中国科学报、中新社、新华社等报道:中科院大连化物所提出绿色途径利用天然气中的有害气体新设想。
8. 4月17日,大同日报头版报道:打造全国清洁能源多能互补示范转化基地——访中国工程院院士、中科院大连化物所所长刘中民。
9. 6月13日,中国科学报报道:中科院大连化物所肼分解制氢研究取得新进展。
10. 8月28日,中国科学报头版、科技日报报道:我研发人员实现甲烷在室温条件下直接催化转化。

11. 10月16日，中国科学报报道：实现“液态阳光”迈出关键一步 科学家发现媲美自然光合作用的单核锰催化剂。
12. 11月23日，中国化工报报道：人物篇|刘中民：在现代煤化工领域书写历史。

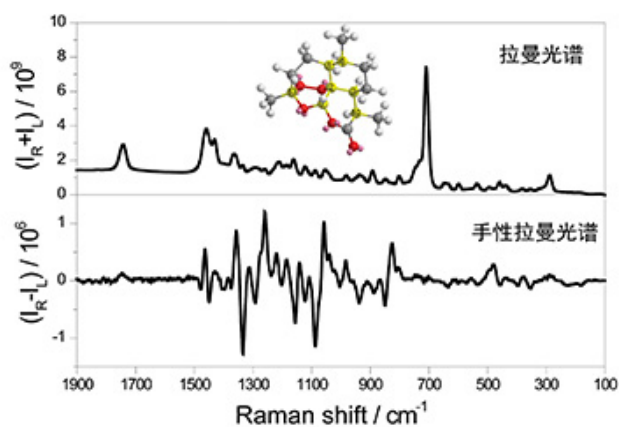
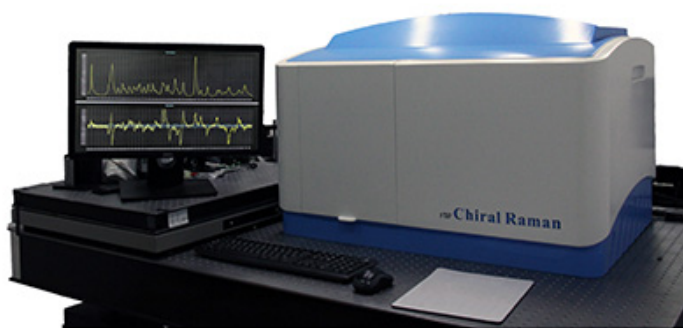
成功研制短波长手性拉曼光谱仪

李灿院士，冯兆池研究员团队主持完成的“电场、磁场调制的短波长手性拉曼光谱仪研制”专项通过国家自然科学基金委员会主持的国家重大科研仪器设备研制专项项目结题验收，并获得优秀。同时，这个进展也在 *Applied Spectroscopy* 上发表。这标志着我室成功研制国际上第一台 457nm 激光为激发光源的短波长手性拉曼光谱仪。

手性是自然界的基本属性之一，手性分子的研究在生命科学、药物合成及不对称催化等领域中具有重要的意义。其中手性分子的绝对构型鉴定是科学界的一个挑战课题。手性拉曼光谱是手性分子结构表征的一种新的光谱学方法，由于该方法不需要样品结晶，可直接对溶液相中手性样品进行绝对构型的鉴定，因而受到学术界和工业界高度关注。然而，手性拉曼光谱的本征信号非常弱，比常规光谱技术信号弱 3 至 7 个数量级，因此在实验上检测手性拉曼信号极具挑战。该研究团队在多年紫外拉曼光谱仪器研制的基础上，提出短波长手性拉曼光谱仪器的研制思路，基于躲开电子态吸收和避免荧光干扰两个基本原理分析，优化选取了适合于手性拉曼光谱的 457nm 激光作为光源，与国内外相关光谱仪器公司合作，成功研制世界上首台短波长手性拉曼光谱仪，也同时填补了我国手性拉曼光谱技术的空白。

仪器研制成功后，在第十九届全国光散射学术会议上，还专门举行了 457nm 短波长手性拉曼光谱学术研讨会。国内分析化学、不对称合成、药物研究领域的 6 位院士、拉曼光谱领域的相关专家以及华北制药集团等手性药物的企业技术负责人近 30 位专家出席了会议。与会专家在听取了项目负责人李灿的总结汇报、项目组其他成员的研制工作介绍、以及现场测试专家的汇报后，进行了深

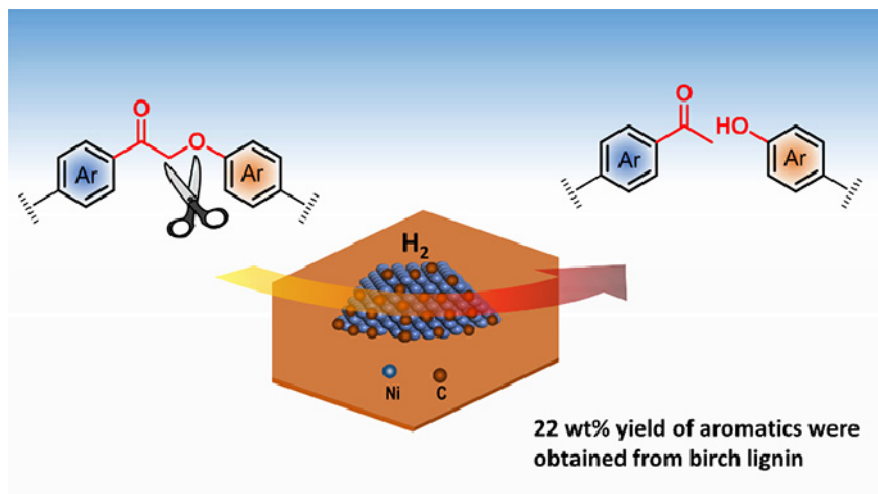
入的研讨。最后与会专家认为：该国际上首次成功研制的 457nm 短波长手性拉曼光谱仪，信噪比大幅度提升，摄谱时间由数小时缩短至几十分钟，待测样品要求从纯化合物到 10%，使手性拉曼仪器性能达到了一个新的高度，同时也填补了我国在手性拉曼光谱仪器的技术空白。并建议将短波长手性拉曼光谱仪尽快工程化，该光谱仪预计将在手性分子鉴定、新药合成和鉴定、不对称催化和生物大分子研究领域发挥重要的作用。



木质素催化转化研究

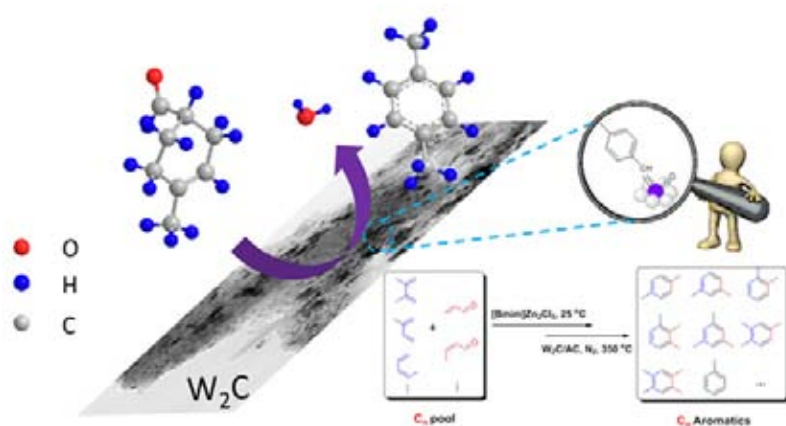
兼聘研究员王峰带领的团队在生物质催化转化利用方面取得系列进展：发展了一种碳修饰的镍基催化剂，实现了木质素选择性氢解到酚类化合物。

木质素作为一种储量丰富的生物质资源，占生物质资源的 20-30%，是自然界中唯一可以提供可再生芳香基化合物的非石油资源。该研究团队致力于木质素化学键的选择断裂研究，发展了一系列催化转化方法选择性断裂木质素中的 C-O 键。最近，该团队采用造纸工业中的废弃木质素磺酸钠为碳源，通过高温碳热还原的方法，制备出以超薄尖晶石为载体的碳修饰镍纳米催化剂，该催化剂在木质素加氢反应中，能高选择性的裂解 C-O 键。相关文章发表在 ACS Catalysis 上 (ACS Catalysis, 2018, 8, 1614-1620)。



对二甲苯“绿色合成”研究

兼聘研究员王爱琴和张涛团队在绿色对二甲苯（PX）合成路线中取得新进展，设计出一条以木质纤维素资源生物发酵产物（生物基异戊二烯）和甘油脱水产物（丙烯醛）为原料，利用碳化钨催化分子内氢转移串联反应的合成路线。该反应可实现 PX 总收率高达 90%，相关研究结果发表在《德国应用化学》上（*Angew. Chem. Int. Ed.*, 2018, 57, 1808-1812）。



芳烃是重要的石化产品，PX 作为最主要的芳烃，是生产三大合成材料——合成树脂、合成纤维和合成橡胶的一级基本化工原料。我国 2016 年 PX 供需缺口为 1230 万吨，进口依存度达 57%。为缓解我国 PX 供给量不足，该研究团队致力于开发和利用可再生生物质资源，选择转化制备 PX 及其它芳烃产品。前期，该团队已发展了从生物质到甲苯的高选择合成路线（ChemSusChem）。

在本进展中，研究人员选择具有特定结构的生物质平台分子异戊二烯和丙烯醛为底物，首先在路易斯酸离子液体催化作用下，通过狄尔斯—阿尔德反应，

构建具有对位取代基的六元环中间体——4-甲基-3-环己烯甲醛。随后，该中间体在碳化钨催化剂的作用下，通过连续气相脱氢—加氢脱氧反应生成PX，两步反应PX总收率高达90%。此外，通过对底物分子取代基及官能团的改变，可拓展制备其它生物基芳烃，单一产物收率为80%至92%。

该团队首次报道了以碳化钨为催化剂，通过分子内氢转移，进而实现脱氢芳化和加氢脱氧的高度耦合反应。该过程中的碳化钨表面剪切式反应机理完全不同于传统贵金属催化过程，且碳原子在产物中可100%保留，主要副产物为水，便于PX产物的分离。此进展为探索从生物质资源出发制备芳香化学品提供了一条新思路。

二氧化碳转化研究

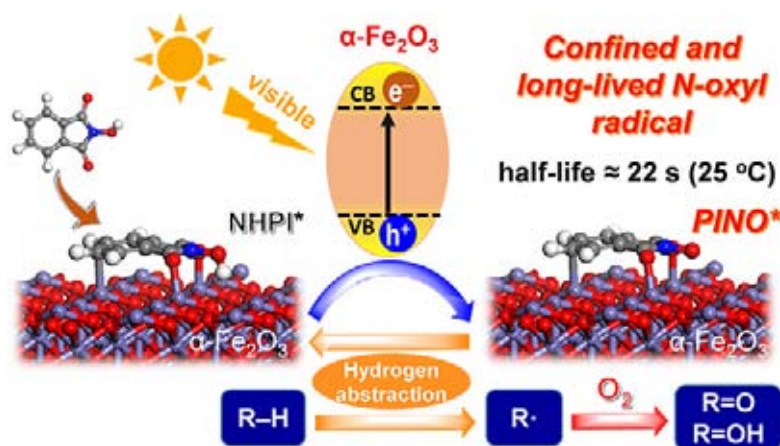
兼聘研究员黄延强、张涛团队与新加坡南洋理工大学刘彬教授合作，开发出一种氮掺杂石墨烯锚定的 Ni 单原子催化剂，能够作为二氧化碳还原的高效电催化剂，相关工作以共同通讯作者形式发表在《自然-能源》上（*Nature Energy*, 2018, 3, 140-147）。

二氧化碳电化学还原是实现碳资源循环的有效途径。设计性能优异的催化剂以降低过电势、提高反应选择性和稳定性是 CO₂ 电化学还原研究的重点。单原子催化剂活性中心结构清晰,且中心金属电子结构取决于相邻配位原子间的相互作用，能够表现出与均相催化剂相类似的性质，进而有望实现对 CO₂ 分子的高效活化和定向转化。因此，单原子催化剂在 CO₂ 电化学还原中展现出巨大潜力。

该团队采用高温热解含氮、碳有机物和 Ni 盐混合物的方法，制备了一种氮掺杂石墨烯锚定的 Ni 单原子催化剂，利用多种表征手段证明：Ni 与 4 个吡啶氮配位并形成了 Ni-N₄ 结构，其中 Ni 为+1 价，最外层电子结构为 3d⁹ 排布；Ni(I) 单原子最外层的 3d 未成对电子易于离域化,能使部分电子从 Ni_{3d_{x²-y²}} 轨道离域，与吸附的 CO₂ 分子的 2p 轨道形成共价键，最终形成带负电的 Ni-CO₂^{δ-} 结构，从而实现了 CO₂ 分子的高效活化。Ni 单原子催化剂在 CO₂ 电化学还原反应中表现出了优异的催化性能：在 0.6V 过电位下，达到 350 安培每克的比电流和 14800h⁻¹ 的转换频率，CO 转化具有 97% 的法拉第效率。在电流密度 22mAcm⁻² 下连续反应 100 小时后，催化剂保持其初始活性的 98%。相关研究成果为高效 CO₂ 电还原催化剂的设计提供了新思路。

氧化物束缚自由基催化研究

兼聘研究员王峰的团队在氧化物束缚自由基催化方面取得新进展，相关文章发表在《美国化学会志》上（*J. Am. Chem. Soc.*, 2018, 6, 2032-2035）。

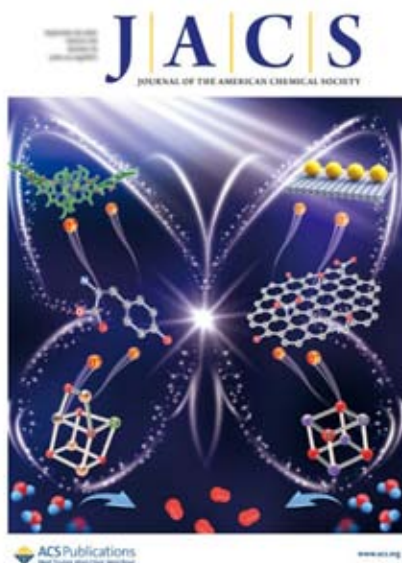


自然界中，自由基是一种特别活泼的基团，当自由基与氧气结合，会形成活性氧自由基，因此采用自由基活化碳氢键是实现烃类选择性氧化生成含氧化合物重要方法。利用氮氧自由基首先将稳定的烃类转化为碳自由基一种常用的策略，然而产生氮氧自由基通常需要加入引发剂，且氮氧自由基的寿命短（毫秒级），容易引发烃类不受控制的自由基链式副反应和自噬反应。

该团队一直致力于氧化物用于选择性活化的研究。最新研究发现通过金属氧化物半导体可以束缚氮氧自由基，将氮氧自由基的半衰期从毫秒级提升到秒级别（22 秒），而且保持较高的催化 C-H 键选择活化的能力。该研究为自由基性能的调控提供新的方法，同时为利用有机自由基提高烃类资源利用提供新的思路。

模拟自然光合作用体系光电分解水制氢的研究

李灿院士指导的博士生叶盛等人在模拟自然光合作用构建高效的人工光合体系的研究中取得新进展。科研人员基于仿生的概念，将部分氧化的石墨烯和空穴储存层相结合，大幅度提高了光生电荷分离效率，从而实现了高效的光电催化分解水制氢，相关研究结果以全文的形式发表在《美国化学会志》上（*J. Am. Chem. Soc.*, 2018, 9, 3250-3256），并被邀请作为 JACS 当期封面文章。



该研究团队通过模拟光系统 II 中关键组分的重要功能，采用 BiVO_4 半导体作为捕光材料，以及可抑制 BiVO_4 光腐蚀的镍铁层状双氢氧化物（ NiFeLDH ）作为空穴储存层（*Angew. Chem. Int. Ed.*, 2014, 53, 7295; *Energy Environ. Sci.*, 2016, 9, 1327）。并以分子 Co 立方烷作为水氧化催化剂，用于模拟自然光合作用中的 Mn_4CaO_5 放氧中心。研究人员发现部分氧化的石墨烯（ pGO ）可作为捕光材料与水氧化催化剂之间的电荷传输媒介，展示出类似于自然光系统 II 中酪

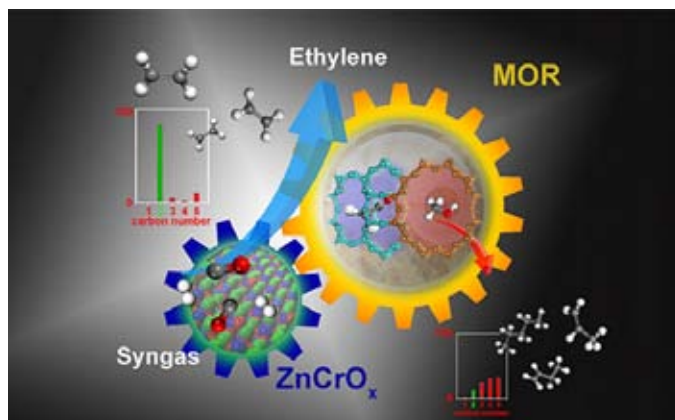
氨酸 (Tyr) 的功能。研究结果显示, 该仿生体系在光电催化分解水反应中具有高效性和高稳定性, 且水氧化反应的起始电位为 0.17V, 接近热力学理论值, 为目前文献报道的最低值。此外, 该体系在 1.23V (vs.RHE) 偏压下的光电流高达 $4.45\text{mA} \cdot \text{cm}^{-2}$, 太阳能到氢能的转化率 (STH) 大于 2.0%。该工作是继该研究组半导体与分子催化剂耦合体系用于光催化的相关研究后 (J. Catal., 2016, 338, 168; J. Am. Chem. Soc., 2016, 138, 10726), 在光电催化分解水应用方面取得的新进展。

合成气定向转化

潘秀莲研究员、包信和院士带领团队在合成气定向转化方面取得新进展，相关结果被《德国应用化学》以“Hot Paper” (*Angewandte Chemie-International Edition*, 2018, 57, 4692-4696) 形式发表。

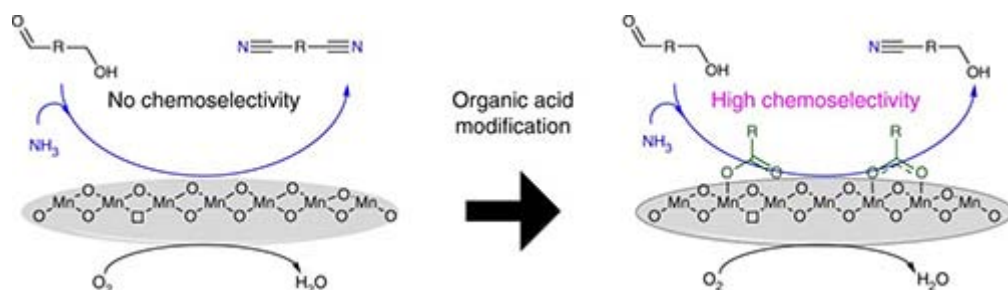
C-C 偶联的精准调控一直是 C1 化学最核心也是最具挑战性的问题，是煤和天然气高效利用的关键。该团队近年来通过部分还原的金属氧化物和分子筛耦合的纳米复合催化剂，使合成气化学中 CO 活化与 C-C 偶联这两个关键步骤有效分离，已经实现了高选择性地合成 C₂=-C₄=混合低碳烯烃 (*Science*, *ACS Catalysis*) 和芳烃 (*Chemical Communication*)。该团队进一步利用丝光分子筛限域孔道活性位的择型作用，调变了反应路径，使反应沿乙烯酮为中间体的路径高选择性地转化成乙烯。当 CO 转化率为 26% 时，单一组分乙烯在碳氢化合物中的选择性高达 73%，高于见诸报道的直接和间接过程中的乙烯选择性。

该研究成果为合成气直接制乙烯技术的发展提供了重要的科学依据，也再次验证了 OX-ZEO 催化剂设计概念具有一定普适性，开拓了煤经合成气转化制化学品的新战略、新途径。



有机酸修饰 MnO_x 催化氨氧化选择性控制研究

兼聘研究员徐杰等人在有机酸修饰 MnO_x 催化氨氧化选择性控制研究方面取得新进展，相关文章发表于《自然-通讯》(Nature Communications, 2018, 933) 上。



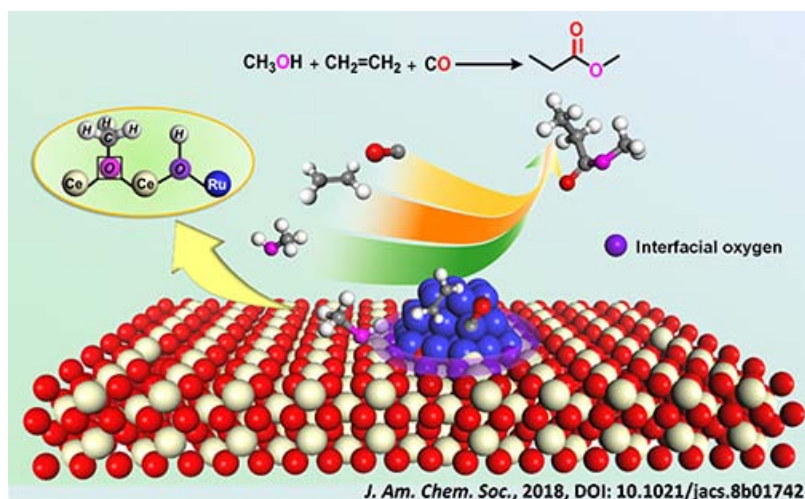
有机腈是制备聚酰胺等高分子材料的关键原料，工业上具有广泛用途。腈类化合物通常是以石化为原料制备；采用生物质平台化合物为原料，通过催化氨氧化反应制备腈类化合物，反应的选择性控制是目前面临的一项重要挑战。

该研究团队长期致力于有机修饰催化剂用于选择性氧化反应和氨氧化反应研究。最新研究发现，将羧基修饰的 MnO_x 用于催化羟基醛氨氧化反应，可以实现醇、醛类化合物催化氨氧化反应的选择性控制。以生物基平台化合物 5-HMF 催化氨氧化为例，MnO_x 催化剂未经有机酸修饰时，主要得到 2,5-呋喃二腈的衍生产物；而 MnO_x 催化剂经有机酸修饰后，可以抑制羟基氨氧化反应，使得醛基氨氧化产物 5-羟甲基呋喃-2-甲腈的选择性达到 92%。

该研究通过有机酸修饰调变催化剂的吸附亲和性，为金属氧化物催化氨氧化反应的选择性控制和生物质资源转化利用提供了新的思路。

氧化物酸碱催化研究

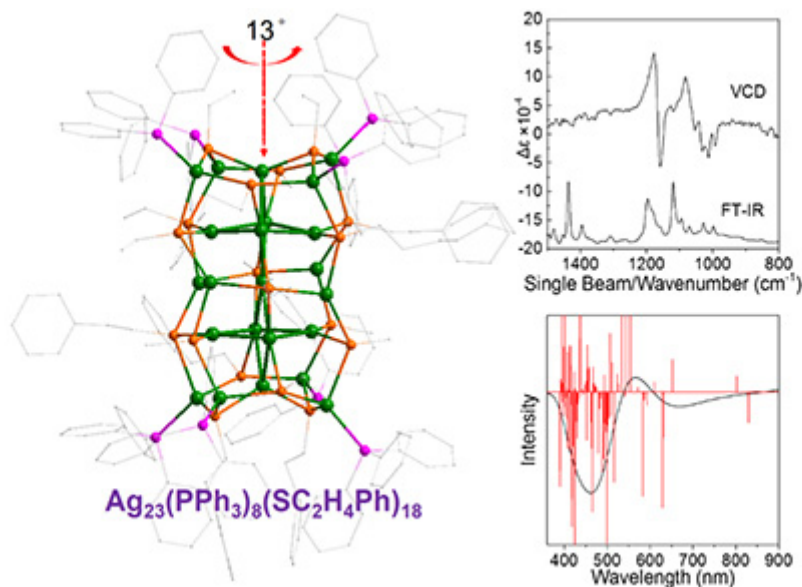
兼聘研究员王峰团队在二氧化铈界面酸碱催化的研究中取得新进展。该研究发现在部分氧化的钌簇与二氧化铈界面处,存在由氧空位与界面氧(Ru-O-Ce)构成的路易斯酸-碱对(Interfacial Lewis Acid-Base Pair),证实了界面氧为氢传递跳板,提供适宜的质子,从而实现了在无酸添加条件下,以乙烯、甲醇和CO等低碳分子为原料,一步高效催化转化生成新的C-C和C-O键,制备重要含氧化合物丙酸甲酯。相关研究结果发表在《美国化学会志》(*J. Am. Chem. Soc.*, 2018, 11, 4172-4181)上。



酸碱催化处于化石资源利用、生物质转化等催化研究的重要地位。该研究团队致力于氧化物结构调变及其催化机理研究,特别注重氧化物酸碱催化性质研究。前期工作发现了二氧化铈本征氧空位可作为耐水的路易斯酸中心,催化从丙烯制备二元醇(*J. Am. Chem. Soc.*)。进一步研究发现,除本征氧空位外,通过引入掺杂氧空位,能继续提高催化性能,扩展了该体系的应用范围。

手性银原子簇合成研究

李杲研究员和美国卡耐基梅隆大学金荣超教授等人合作，在手性银原子簇的合成方面取得新进展，相关研究结果发表在《自然-通讯》(Nature Communication, 2018, 9, 744) 上。

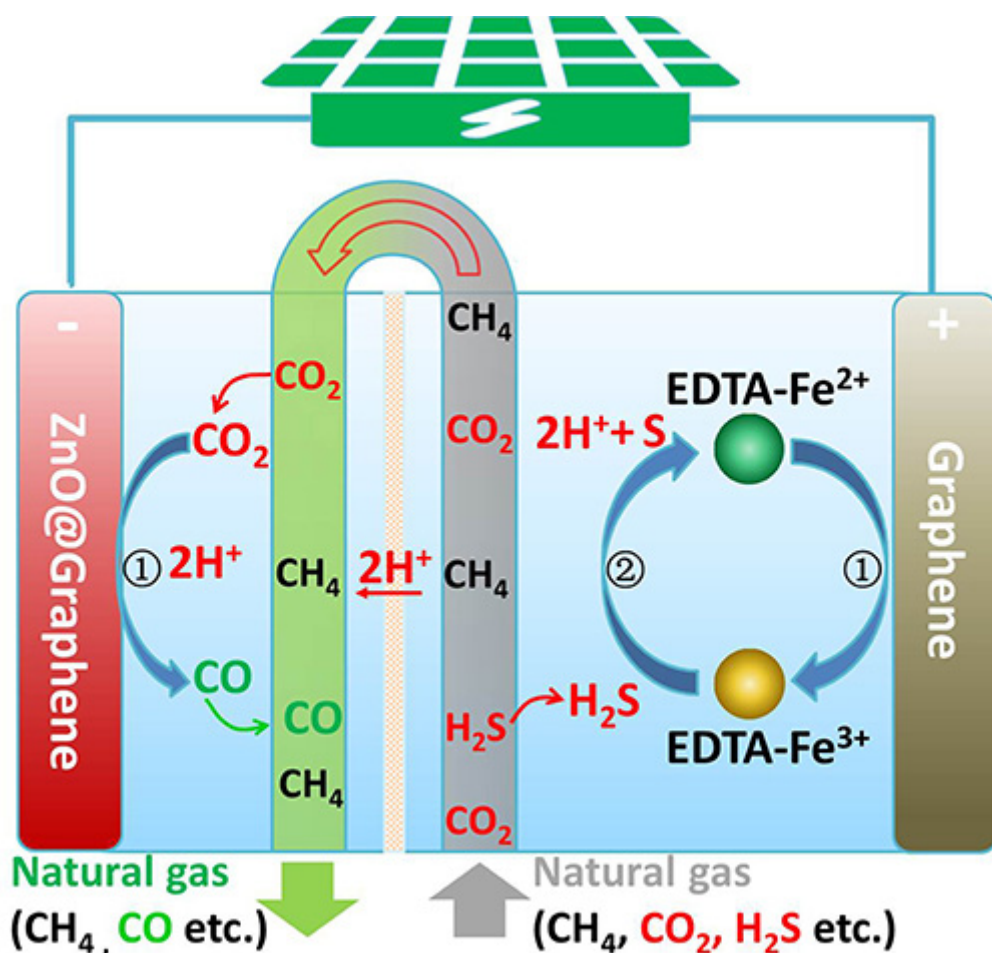


手性贵金属材料，特别是手性金和手性银，展现了独特的局域表面等离子体共振效应，具有很强的光学活性。我室金催化研究中心一直从事金属原子簇的相关研究(ACS Catal., ACS Catal., ACS Nano, ACS Catal., J. Am. Chem. Soc.)。本工作首次报道了 26 个配体包裹的 Ag_{23} 原子簇，其结构采取螺旋的双面心立方结构，并且首次发现了巯基配体以四配位的形式存在于银原子簇中。该银原子簇中包含两个菱形双锥体，通过电子顺磁共振法证明其具有开放的电子结构。此外，该原子簇也展示出了很强的光致发光性质。

该研究成果为合成手性贵金属原子簇提供新的方法和依据，同时为对映选择性催化反应提供新型材料。

天然气中有害气体电催化资源化利用研究

李灿院士、宗旭研究员、马伟光博士等人发展电催化技术将天然气中二氧化碳 (CO_2) 和硫化氢 (H_2S) 资源化转化的研究取得进展, 相关研究成果发表在《德国应用化学》(Angew. Chem. Int. Ed., 2018, 57, 3473-3477) 上。



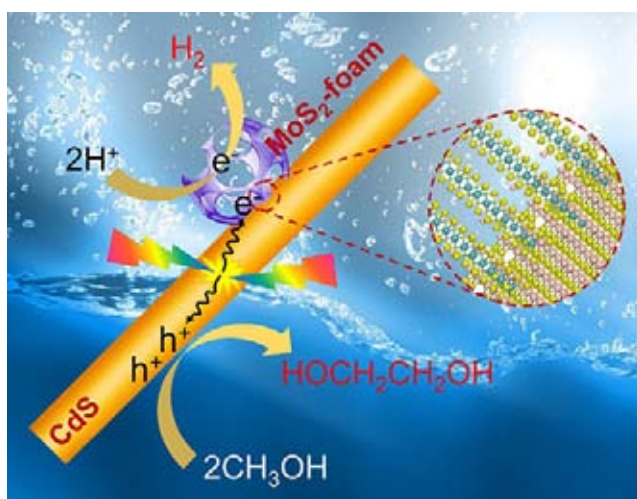
天然气的主要成分为甲烷 (CH_4)，同时伴随产生 CO_2 和 H_2S 等酸性气体。这些气体通常是无用甚至有害的，对天然气的开采、运输、加工和使用造成困

难。更为严重的是，一些天然气田因为高浓度 CO_2 和 H_2S 的存在，直接导致不能开发。将天然气中 CO_2 和 H_2S 气体资源化转化利用不但可以“变废为宝”，而且能够解决天然气开采和使用的问题，是兼具经济和环境双重效益的理想策略。长期以来，科研人员的主要精力聚焦在使用 Claus 技术将 H_2S 催化燃烧为元素硫和水来消除 H_2S ，但是将 CO_2 和 H_2S 同时资源化转化的方法鲜有报道。在本工作中，该团队提出并实现了一种光电驱动的将 CO_2 和 H_2S 协同转化为化学品的策略。该策略以廉价非贵金属为阴极催化剂（石墨烯包裹的氧化锌）还原 CO_2 、以石墨烯为阳极催化剂氧化媒介体 EDTA-Fe^{2+} （用于氧化 H_2S ），利用化学环反应将 H_2S 氧化为单质硫磺和质子，质子和电子被用于 CO_2 电化学还原生成 CO ，净结果是实现了计量化学反应协同转化 ($\text{H}_2\text{S} + \text{CO}_2 \rightarrow \text{CO} + \text{S} + \text{H}_2\text{O}$)。本工作通过电化学策略实现了 CO_2 和 H_2S 协同转化，为天然气中有害气体 (CO_2 和 H_2S) 的净化和资源化利用提供了一条兼具经济和环境效益的绿色途径。

为解决能源和环境问题，李灿团队致力于利用可再生能源资源化转化 CO_2 和 H_2S 的研究。在 CO_2 的转化研究中，最近发展了锌镉双金属固溶体氧化物系列催化剂 (Sci Adv., ACS Catal.)，选择性的将 CO_2 分别转化为甲醇和低碳烯烃。在 H_2S 研究中，曾采用光催化、光电及光伏-电催化方法 (J. Catal., Angew. Chem. Int. Ed., Energy Environ. Sci., ACS Catal.) 实现了 H_2S 的多途径定向转化。其中，光催化分解 H_2S 产氢的量子效率达到 93%，是报道的纳米光催化剂在可见光下产氢量子效率的世界纪录。在这些基础之上，本研究将 CO_2 和 H_2S 同时转化，为解决天然气规模化开采、运输和应用提供了新的技术策略。

甲醇直接制乙二醇研究

邓德会研究员与厦门大学王野教授、程俊教授等合作在甲醇 C-C 键偶联直接制乙二醇的研究上取得新进展，相关研究成果发表在《自然-通讯》（*Nature Communications*, 2018, 1181）上。



甲醇经可控的 C-C 偶联反应制备 C2 或多个碳原子的化合物是化学领域极具吸引力和挑战性的反应。当前甲醇 C-C 键的偶联反应主要局限于羰基化反应和脱水偶联制备烯烃或芳香烃，即 MTO 或 MTA 过程，其特点是难以高选择性获得特定的产物。保留甲醇分子的 C-OH 键而选择性地活化 C-H 键生成乙二醇被公认为是化学领域最具挑战性的反应之一。

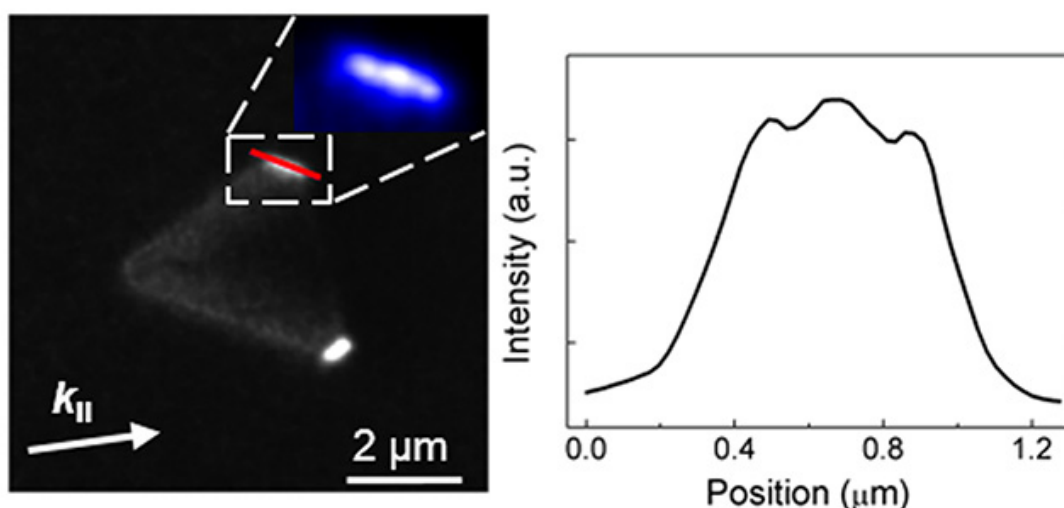
作为重要的基础化学品，乙二醇不仅是重要塑料产品 PET 的主要原料，而且在化学工业中其它领域用途广泛。当前工业上 90% 以上的乙二醇生产都是通过石油路线，即乙烯环氧水合路线，该过程效率不高、能耗大。此外，通过煤基合成气经草酸二甲酯合成乙二醇的路线工艺流程长、成本高。而甲醇可由煤、

天然气、生物质乃至二氧化碳经合成气或直接制备、廉价易得，是重要的 C1 平台分子。因此，由甲醇直接制备乙二醇意义重大。

鉴于此，邓德会研究团队在长期对二维 MoS_2 催化材料的设计和表界面调控的基础上 (Nat. Commun., Nat. Nanotechnol., Energy Environ. Sci.)，与厦门大学王野课题组、程俊课题组合作，成功构建了多孔 MoS_2 -foam 修饰的 CdS 纳米棒催化剂，首次实现了可见光照射下甲醇的脱氢偶联制备乙二醇和氢气的反应，并通过设计集反应和分离为一体的反应器，实现乙二醇选择性高达 90%、收率 16%、量子效率 5% (450nm)。进一步的理论计算和实验表征表明，CdS 表面产生的光生空穴可以在不影响甲醇 OH 键的情况下，通过质子和电子协同转移 (CPET) 过程选择性地活化甲醇的 C-H 键，生成羟甲基自由基 ($\cdot\text{CH}_2\text{OH}$)。 MoS_2 -foam 不仅可以有效促进 CdS 表面电子的转移，产生光生空穴，而且可以促进 $\cdot\text{CH}_2\text{OH}$ 在 MoS_2 -foam 孔道里偶联生成乙二醇。所制备的 MoS_2 -foam/CdS 复合催化剂极大地促进了乙二醇的生成速率，其乙二醇的生成速率比单纯 CdS 提升了 20 余倍。该可见光驱动的甲醇转化新过程不仅提供了一种温和条件下乙二醇高效制备的方法，而且为存在羟基等官能团的小分子中惰性 C-H 键的选择活化开辟了一条新的途径。

纳米热电材料等离激元性质研究

姜鹏研究员、包信和院士团队与周传耀副研究员、杨学明院士团队，以及大连理工大学曹曦教授合作，在纳米热电材料的等离激元研究中取得新进展，相关成果发表在《纳米快报》（*Nano Letters*, 2018, 5, 2879-2884）上。



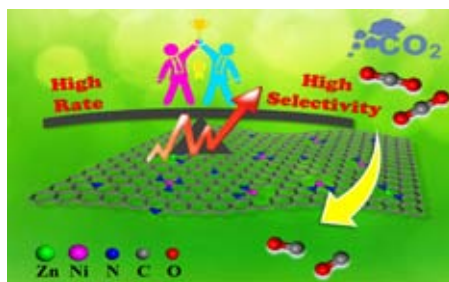
Bi_2Te_3 是研究最为广泛的热电材料之一，因其具有奇异的三维拓扑绝缘体特性，近年来是材料物理和凝聚态物理领域的研究热点。本工作中，科研人员采用 400nm 飞秒激光激发的光发射电子显微镜 (PEEM, 上海同步辐射光源梦之线, BL09U1) 研究了 Bi_2Te_3 纳米片的等离激元性质，从实验上观察到了波长在可见光范围的边界等离激元，进一步研究表明该等离激元主要来源于由带间跃迁诱导的非平衡载流子。该项工作突破了传统可见光范围等离激元体系通常为金、银等贵金属材料的限制，为理解半导体材料中由非平衡载流子形成的等离激元提供了重要的实验证据，并为进一步研究纳米热电材料和拓扑绝缘体材料多场调控下的新奇物理效应提供了新的思路。

二氧化碳高效电催化还原研究

包信和院士和汪国雄研究员团队在二氧化碳高效电催化还原研究中取得新进展, 相关结果发表在《能源和环境科学》(*Energy & Environmental Science*, 2018, 11, 1204-1210) 上。

二氧化碳电催化还原反应 (CO_2RR) 可同时实现二氧化碳的转化利用和可再生清洁电能的有效存储, 利于构建可持续发展的碳资源循环利用网络。近年来, 该研究团队从催化基础角度开展了有特色和深入系统的 CO_2 电催化还原研究, 在纳米 Pd 基催化剂、金属-氧化物界面等方面取得了一系列研究成果, 显著提高了 CO_2 电催化还原的选择性、活性和稳定性(*J. Am. Chem. Soc.*, *Chem. Sci.*, *J. Am. Chem. Soc.*, *ACS Catal.*, *Angew. Chem. Int. Ed.*)。

过渡金属-氮-碳复合材料是一类有望替代贵金属的电催化材料, 该研究团队近期致力于该类材料的可控制备及其电催化性能研究 (*Energy Environ. Sci.*, *Nano Energy*, *ACS Catal.*)。前期研究表明, 过渡金属-氮-碳复合材料可将 CO_2 电催化还原生成 CO, 但随着过电势增加, 竞争性的析氢反应 (HER) 电流急剧增大, 造成 CO 法拉第效率迅速下降, 很难获得高的 CO 分电流密度。因此同时获得高的 CO_2RR 电流密度和法拉第效率是过渡金属-氮-碳复合材料面临的重要挑战。



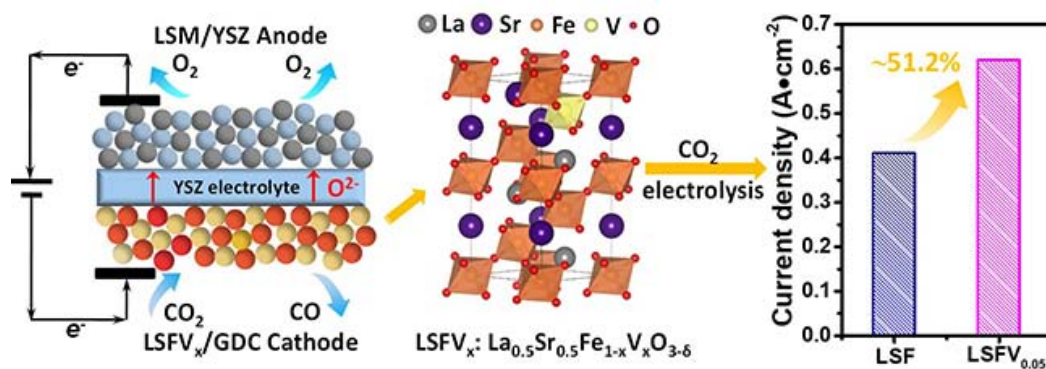
在本研究中,该研究团队通过热解锌/镍双金属沸石咪唑类骨架材料(ZIF-8),成功制备出配位不饱和 Ni-N 位点掺杂的多孔碳材料,其中单分散的 Ni 物种负载量最高可达 5.44 wt%。在该 Ni-N 催化剂上,CO 法拉第效率在-0.53V~-1.03V (vs. RHE) 宽电势区间内维持在 92.0%~98.0%之间,CO 电流密度随过电势增加而增加,在-1.03V (vs. RHE) 达到 $71.5 \pm 2.9 \text{ mA/cm}^2$ 。表征结果和对比试验表明配位不饱和的 Ni-N 为活性位点;密度泛函理论计算进一步揭示在 NiN₂V₂ (V 表示空位) 位上 CO₂RR 比 HER 更容易发生,推测 NiN₂V₂ 可能是 CO₂RR 的活性位。因此,高载量配位不饱和 Ni-N 活性位同时实现了 CO₂RR 的高电流密度和法拉第效率,打破了过渡金属-氮-碳复合材料上 CO₂RR 选择性和反应速率的“跷跷板”效应限制。

高温二氧化碳电催化还原

包信和院士和汪国雄研究员团队在高温二氧化碳电催化还原研究中取得新进展，相关结果发表在《纳米能源》（*Nano Energy*, 2018, 50, 43-51）上。

固体氧化物电解池（SOEC）可以将 CO_2 和水转化为合成气、烃类燃料并联合产高纯度 O_2 。该电解池具有全固态和模块化结构，以及能量效率高、成本低等优点，在 CO_2 转化和可再生清洁电能存储方面表现出极具潜力的应用前景。

钙钛矿型陶瓷阴极由于在氧化还原气氛下结构稳定，且可有效抑制积碳反应，是近年来 SOEC 领域的研究热点。然而，钙钛矿型陶瓷阴极氧空位浓度低、 CO_2 吸附弱、 CO_2 活化和转化困难，导致 CO_2 电催化还原性能较低。(LSFV_x/GDC)，



该研究团队制备了钒掺杂的镧锶铁与钐掺杂的氧化钪纳米复合材料作为 SOEC 阴极应用于高温 CO_2 电催化还原反应。实验和理论计算结果表明，钒的掺杂可增加阴极氧空位浓度，提高了阴极 CO_2 高温吸附活化能力和电催化还原性能。在 800°C 和 1.6V 时，SOEC 电流密度可达 $0.62\text{A}/\text{cm}^2$ ，比未掺杂时提高了 51.2%，电流效率接近 100%。该研究通过金属元素掺杂来调控 SOEC 阴极材料氧空位浓度和 CO_2 吸附活化能力，为提高 SOEC 阴极 CO_2 电催化还原性能提供了新思路。

二氧化碳催化转化研究

黄延强研究员与新加坡南洋理工大学刘彬教授合作在二氧化碳转化领域取得新进展,相关工作发表在《先进功能材料》(*Advanced Functional Materials*, 2018, 28, 1800499 1-7) 上。



刘中民院士领导的科研团队于 2010 年开展“煤基乙醇技术关键催化剂”的研究开发工作,并于 2013 年实现了催化剂研制的突破,完成二甲醚羰基化催化剂长周期寿命实验,并开展了反应工艺的中试放大。2014 年,我所与延长石油共同启动了“10 万吨/年合成气制乙醇工业示范”项目,2016 年底示范装置建成开始试车,2017 年 1 月 11 日产出合格产品,产品纯度达到 99.71%,主要技术指标均达到或优于设计值。

乙醇是世界公认的优良汽油添加剂,也是重要的基础化学品。目前,全世界乙醇年产量约一亿吨,主要由美国和巴西利用玉米和甘蔗生产。而我国燃料

乙醇年产量只有 250 万吨，主要利用粮食并依赖国家补贴进行生产。长期以来，利用化石资源生产乙醇一直是全世界努力的目标和挑战。

该示范项目的投产成功，标志着我国将率先拥有设计和建设百万吨级大型煤基乙醇工厂的能力，对于缓解我国石油供应不足、石油化工原料替代、油品清洁化、煤炭清洁利用以及促进国家粮食安全具有战略意义。

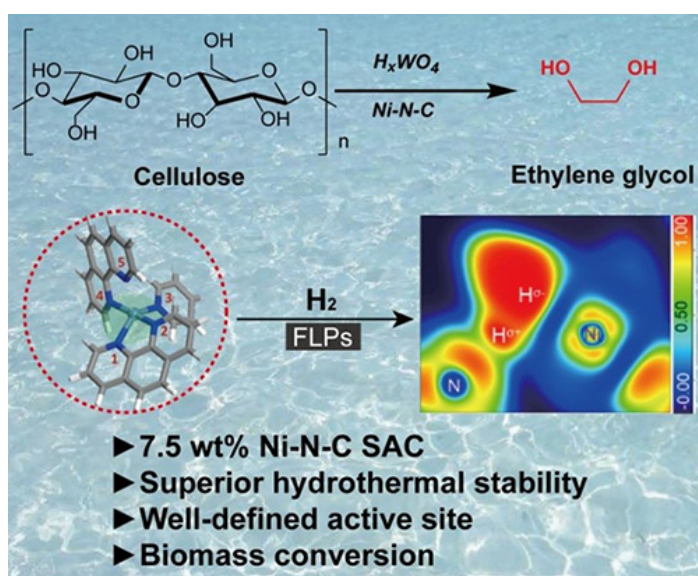
为让社会各界了解这一重要成果及其深远意义，3 月 17 日上午，我所与延长石油在北京召开“全球首套煤基乙醇工业示范项目投产成功”媒体见面会。中科院副院长、我所所长张涛，重大科技任务局副局长戴博伟；国家能源局相关领导；延长石油党委书记沈浩、董事长贺久长、总经理杨悦；我所副所长刘中民、项目团队主要人员等；人民日报、新华社、光明日报、经济日报、中国日报、中央人民广播电台、中央电视台、科技日报等 20 余家中央主流媒体和省市媒体的记者出席会议。会议由中科院科学传播局局长周德进主持。

就该项目投产成功，中科院院长、党组书记白春礼作出重要批示，周德进在会上进行了宣读。白春礼在批示中指出，煤基乙醇工业化示范项目成功投产，在世界范围内首开先河，占据了技术制高点，奠定了我国煤制乙醇技术及工业化的国际领先地位。这一新技术的应用，将有效弥补石油资源不足，缓解我国燃料乙醇对粮食的依赖，为我国的能源安全和粮食安全提供有力保障，对我国供给侧结构性改革以及发展新兴战略产业具有重大战略意义。希望同志们深刻领会习近平总书记对我院提出的期望和要求，深入实施“率先行动”计划，全面推进“十三五”改革创新，持续推动科技成果转移转化，为加快实施创新驱动发展战略、服务地方经济建设、建设世界科技强国，不断做出国家战略科技力量应有的贡献。

单原子催化剂应用于生物质转化反应研究

王爱琴研究员、张涛院士团队在长期从事单原子催化剂和生物质转化研究基础上，首次将高金属载量的 Ni-N-C 单原子催化剂应用于生物质转化反应中并取得重要进展。相关工作以通讯形式发表在《德国应用化学》(*Angew. Chem. Int. Ed.*, 2018, 57, 7071-7075) 上，并被选为热点文章 (Hot paper)。

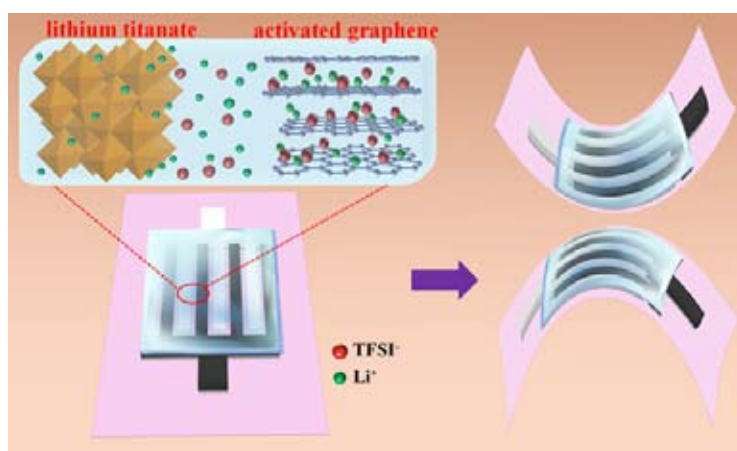
生物质作为一种可再生碳资源，将其转化为多元醇、芳烃、烷烃等高附加值化学品具有重要意义。Ni 基催化剂在生物质的加氢、加氢裂解和加氢脱氧等反应中已被证明具有高催化活性。然而，在生物质转化的反应介质中（强酸、高温、水热），大部分 Ni 基催化剂并不能够稳定存在，这主要是由于低价态 $\text{Ni}^0/\text{Ni}^{\delta+}$ 催化活性物种在酸溶液中发生溶解、流失以及聚集长大等过程，从而导致催化剂的失活。该缺点也成为了限制 Ni 基催化剂应用于生物质转化反应中巨大的障碍。因此，急需发展一种新型耐酸稳定的 Ni 基催化剂并用于生物质加氢领域。



近来, M-N-C 单原子 (M 通常指 Fe/Co/Ni 等过渡金属) 在 ORR、HER、CO₂ 电还原等电化学反应以及有机合成中表现出优异性能。得益于过渡金属 M 与杂原子 N 之间的强配位作用, M-N-C 单原子催化剂有望抵抗住酸流失和热聚集。此前, 该研究团队已经合成出单原子分散的 Co-N-C 催化剂和 Fe-N-C 催化剂 (J. Am. Chem. Soc., Chem. Sci.), 经过酸刻蚀处理后的 Co/Fe 单原子在还原反应和氧化反应中表现出非常优异的稳定性。在此基础上, 近日, 该团队又发展了金属载量高达 7.5wt% 的 Ni-N-C 单原子催化剂, 并应用于纤维素转化制备多元醇(乙二醇和羟基丙酮)反应。对比活性炭负载的镍纳米颗粒催化剂(Ni/AC), Ni-N-C 单原子催化剂在 245℃、6MPa 的 H₂ 氛围、强酸和高温水热的苛刻条件下, 表现出很好的耐久性, 催化剂可循环 7 次以上且未见明显的活性降低和单原子聚集长大。通过深入表征, 成功解析出 Ni-N-C 单原子催化剂的活性中心为 (Ni-N₄)---N 构型, 并通过与清华大学的李隽教授合作, 借助理论计算与对照实验, 揭示了 H₂ 分子是通过在 Ni²⁺ (路易斯酸位) 和近邻未配位的吡啶态 N 原子 (路易斯碱位) 组成的 FLPs (受阻路易斯酸碱对) 位点上以异裂方式解离活化的。

全固态柔性平面锂离子微型电容器研究

吴忠帅研究员团队与我室包信和院士团队及清华大学深圳研究生院贺艳兵副教授合作，开发出一种具有高能量密度、良好柔性、优异高温稳定性及高度集成化的全固态平面锂离子微型电容器。相关研究成果发表在《能源和环境科学》（*Energy Environ. Sci.* 2018, 11, 2001-2009）上。



近年来，可穿戴、便携式电子设备以及微机电系统（如微型机器人、微型传感器）正朝着轻薄短小、多功能集成的方向快速发展，极大的促进了现代社会对于高功率密度、高能量密度、柔性化、模块化集成等特征的微型储能器件的需求。传统锂离子电容器由于具有锂离子电池的高能量密度，又具有超级电容器的高功率密度而备受关注。然而，其三明治堆叠结构的器件构型极大地限制了其机械柔性、高温性能以及模块化集成能力。

最近，该研究团队在国际上率先开发出一种新概念的全固态柔性平面锂离子微型电容器。该微型电容器以高导电石墨烯为集流体，以高电压离子凝胶作为电解质，以纳米钛酸锂为负极和活化石墨烯为正极构筑出高离子电子传导的

平面交叉指型微电极，进而在一个基底上组装出全固态锂离子微型电容器。该锂离子微型电容器具有高能量密度 53.5mWh/cm^3 ，高于目前报道的锂薄膜电池和微型超级电容器。同时，该锂离子微型电容器具有优异的循环稳定性，6000 次循环后电容保持率为 98.9%；具有高温电化学稳定性，能在 80°C 条件下稳定工作；以及具有优异的机械柔性，在各种弯曲和扭曲状态下达到性能基本没有衰减。此外，该锂离子微型电容器表现出良好的模块化集成能力，无需金属连接体，可有效调控输出的工作电压和容量。因此，该工作为开发柔性化、小型化、智能化储能器件提供了新的策略。

20 万吨/年催化汽油固定床催化吸附脱硫装置在牡丹江 首控石化开车成功

李灿院士研究团队与陕西延长石油（集团）有限责任公司合作开发的“催化汽油固定床催化反应吸附脱硫工艺（YD-CADS）”在牡丹江首控石油化工有限公司 20 万吨/年催化汽油固定床催化吸附脱硫装置上一次开车成功，生产符合国 V 标准汽油，这是继山东恒源石化 40 万吨/年重汽油深度脱硫工业化后汽油超深度脱硫技术的又一个成功的应用。



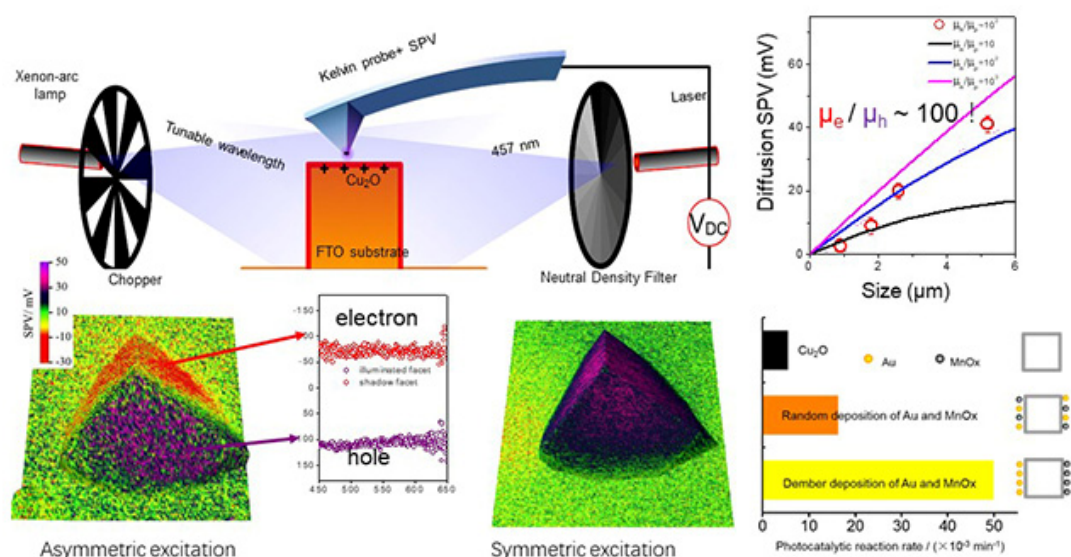
YD-CADS 工艺技术于 2013 年通过了中国石油和化学工业联合会组织的成果鉴定，拥有自主知识产权，为国际首创，整体处于国际同类技术的领先水平。2016 年初该技术在山东恒源石油化工股份有限公司 40 万吨/年重汽油深度脱硫工业示范装置上开车成功，标志着 YD-CADS 工艺正式进入产业化应用实施阶段。

牡丹江首控石化项目于 2017 年 5 月开工建设，2018 年初建成中交，2018 年 6 月一次开车成功，目前装置运行平稳，产品汽油硫含量稳定在 10ppm 以下，生产满足国 V 汽油质量标准要求的清洁汽油。

近年来，我国大气环境恶化，雾霾天气频现，燃油机动车含硫污染物排放是雾霾天气的主要诱因之一，国家环保部门出台了“史上最为苛刻的环保法”严控燃油质量标准。习近平总书记在十九大报告中指出“建设生态文明是中华民族永续发展的千年大计，必须树立和践行绿水青山就是金山银山的理念。”李灿研究团队践行国家洁净能源战略，以社会需求为己任，服务于国家生态文明建设，在致力于太阳能以及二氧化碳转化等清洁能源利用前瞻研究的同时，积极解决当下传统化石燃料清洁化的问题，先后研发成功汽油和柴油超深度脱硫两项技术并成功实现工业化应用。

揭示太阳能光催化“向阳背阴”电荷分离机制

范峰滔研究员和李灿院士团队利用自主研发的表面光电压成像仪器，阐明相比于传统的内建电场导致的电荷分离，电子和空穴的迁移性差别可产生扩散控制的电荷分离过程，且后者对不同晶面的电荷分离贡献更大。相关工作发表在《自然-能源》（*Nature Energy*, 2018, 3, 655 - 663）上。



光催化过程的理解是高效利用太阳能的前提。其中，对半导体光催化中光激发电子和空穴的有效分离和迁移的理解是提高光催化效率的关键。李灿团队前期利用基于原子力显微镜的光电压测量技术，在单颗粒纳米晶粒子的光生电荷分离方面取得了一系列的成果：2013年，在规则暴露晶面的 BiVO_4 半导体催化剂上，利用化学氧化还原探针，确认了 BiVO_4 不同晶面之间的光生电荷分离效应（*Nature Comm.*）；2015年，利用自主研发的纳米分辨表面光电压谱，揭

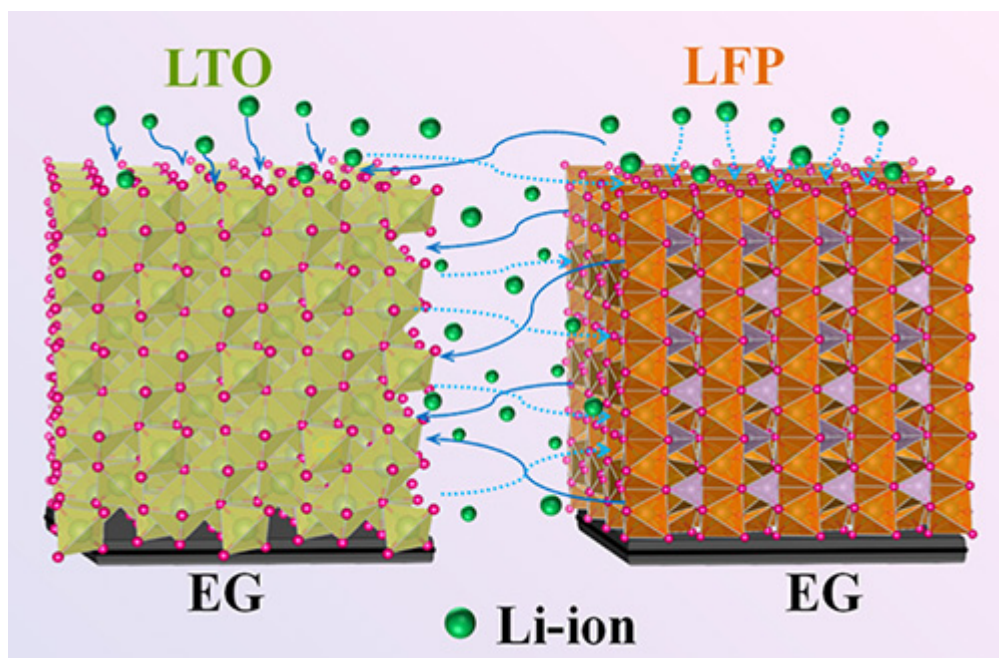
示出半导体不同晶面空间电荷层存在各向异性的内建电场，可以表现出数十倍差别的空穴迁移各向异性，回答了晶面电荷分离驱动力的来源问题（*Angew. Chem. Int. Ed.*）。

在本工作中，该研究团队进一步利用空间分辨的表面光电压谱，表征了不对称光照条件下单个 Cu_2O 粒子的光生电荷分布，发现了对称 Cu_2O 粒子可以产生明显的电荷有效分离——空穴传输到辐照区，电子传输到阴影区。本工作区分了两种电荷分离机制，分别是 Drifted-漂移电荷分离机制：由 Cu_2O 的晶面内建电场产生，在光照和阴影面呈现对称分布，仅有利于光生少子迁移至表面，其表面光电压为 10mV；以及 Diffused-扩散电荷分离机制：电子和空穴的载流子迁移率差别产生的电荷分离过程， Cu_2O 向光面和背阴面光电压差 40mV。定量数据表明，除传统的内建电场导致的电荷分离过程，电子和空穴高达两个数量级的迁移率差别，可以产生扩散控制的电荷分离过程，且后者对不同晶面的电荷分离贡献更大。基于以上认识，将氧化还原催化剂分别沉积于单晶粒子的相应晶面，光催化性能可以提高 300%。该研究不仅揭示光催化材料中一种新的且有效的电荷分离驱动力，并且为不对称的助催化组装，以及空间可控的氧化还原反应提供了新的策略。

锂离子微型电池研究

吴忠帅研究员团队与我室包信和院士团队合作，开发出一种具有多方向传质、优异柔性和高温稳定性的平面集成化全固态锂离子微型电池。相关研究成果发表在《纳米能源》（*Nano Energy*, 2018, 51, 613-620）上。

随着柔性可穿戴化、微型化、集成化电子器件的快速发展，迫切需要开发高性能、轻量化、穿戴式及结构功能一体化柔性电源及其技术。锂离子电池是目前社会上应用最广泛、最为流行的一种电源，但存在着体积大、形状固定、柔性差、电解液泄漏和可燃等安全问题，因此难以满足柔性化、小型化电子器件的需求。

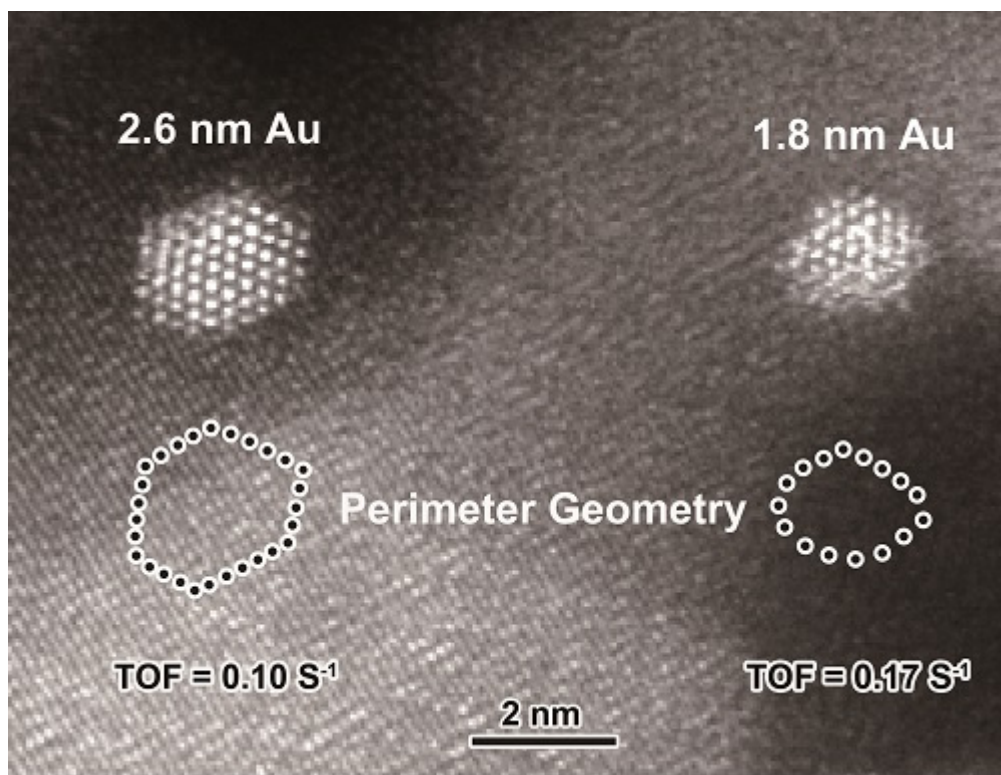


该研究团队率先开发出一种全固态平面集成化的锂离子微型电池。该锂离子微型电池以纳米钛酸锂纳米球为负极，磷酸铁锂微米球为正极，高导电石墨

烯为非金属集流体，离子凝胶为电解液，具有平面十指交叉构型且无需使用传统隔膜和金属集流体。获得的锂离子微型电池具有多方向传质的优势，表现出高体积能量密度 125.5mWh/cm^3 ，优异的倍率性能；超长的循环稳定性，3300 次循环后容量基本没有衰减；以及良好的机械柔性，在反复弯曲或扭曲下其电极结构无损坏以及电化学性能无明显变化。同时，该微型储能器件能在 100°C 的高温环境下稳定工作且具有长循环稳定性（1000 次循环）。此外，该锂离子电池无需金属连接体便能实现模块化自集成，实现输出电压和容量的有效调控。因此，该锂离子微型电池在柔性化、微型化电子器件的应用中具有很大潜力。

纳米催化研究

周燕副研究员、申文杰研究员等与美国亚利桑那州立大学(Arizona State University)刘景月教授合作,在金-氧化铁($\text{Au-Fe}_2\text{O}_3$)界面结构及其催化性能研究方面取得新进展,研究成果以通讯形式发表在《德国应用化学》(*Angew. Chem. Int. Ed.*, 2018, 57, 11289-11293)上。



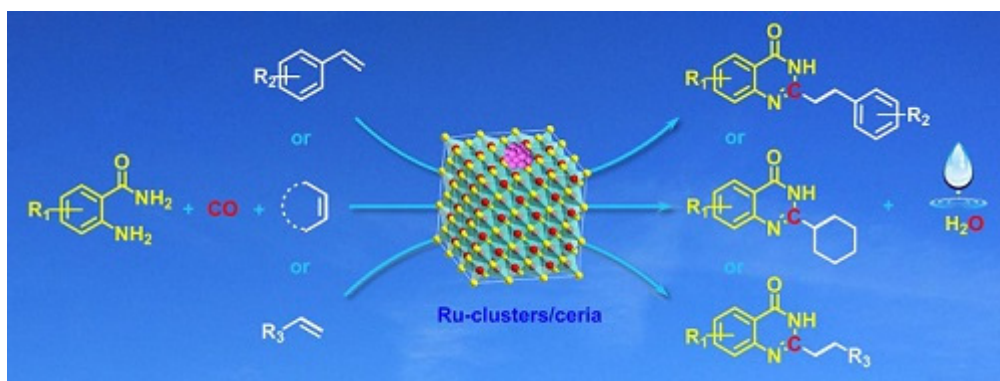
该工作利用氧化铁负载 2-5 nm 的金粒子,通过气氛电镜技术跟踪金纳米粒子在氧化铁表面的聚集和 $\text{Au-Fe}_2\text{O}_3$ 界面的形成过程,发现在焙烧过程中金纳米粒子/原子簇的长大主要遵循 particle coalescence 机制。该研究利用球差矫正电镜表征金纳米粒子与氧化铁载体所形成界面结构,发现 <2.2 nm 的金粒子难以形成

规整的晶体结构，界面金原子的排布取决于其与氧化铁之间的强相互作用力；而 $>3\text{ nm}$ 的金粒子则具有明确的晶体结构和确定的暴露晶面，界面金原子的排布是金粒子晶体结构以及 $\text{Au-Fe}_2\text{O}_3$ 共同作用的结果。CO 氧化反应动力学研究表明， $<2.2\text{ nm}$ 的金粒子的界面金原子的本征活性(TOF)远高于规整金粒子($>3\text{ nm}$)的界面金原子。由此提出金粒子在 $2\text{-}5\text{ nm}$ 范围尺寸效应的本质是界面金原子配位环境的改变。该工作对认识和理解金属纳米粒子的尺寸效应和通过调控金属-氧化物相互作用方式研制高活性催化剂具有借鉴价值。

多相酸碱催化研究

在纳米和原子水平上研究酸碱催化是多相催化领域颇具挑战性的课题，其难点在于既要考虑活性中心的几何结构和位置，也要考虑活性位点的酸碱强度。日前，王峰研究员团队在多相酸碱催化研究中取得新进展，其结果印证了上述酸碱催化研究中的难点问题。

该研究团队在二氧化铈稳定的钌簇多相催化剂（Ru-clusters/ceria）的研究中发现，在部分氧化的钌簇（1 nm）与二氧化铈界面处存在由氧空位与界面氧（Ru-O-Ce-V_O）构成的路易斯酸碱对，并在此基础上首次提出“界面路易斯酸碱对”（interfacial Lewis acid-base pair）的概念（J. Am. Chem. Soc.）。其进一步研究发现，Ru-clusters/ceria 催化剂可催化烯烃、CO 和胺的三分子反应，生成新的 C-C、C-N 和 C=N 化学键，从而合成出喹唑啉酮类化合物。该工作现已在线发表于《德国应用化学》（*Angew. Chem. Int. Ed.*, 2018,57,12308-12312），并被该刊遴选为热点文章（Hot Paper）。



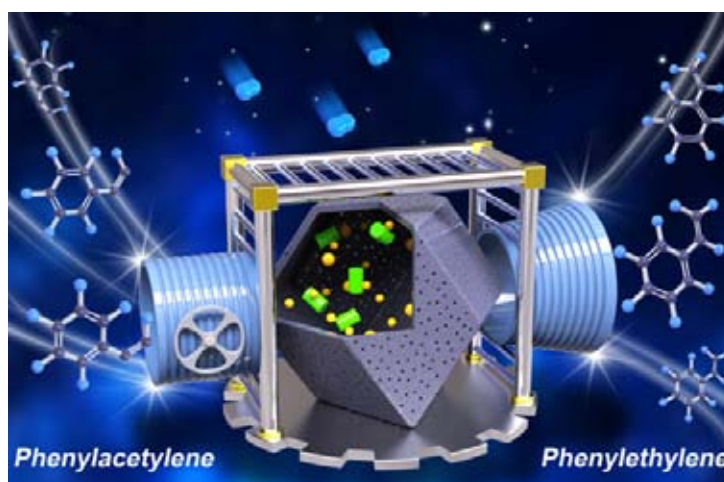
上述研究认为，烯烃、CO 和胺的三分子反应首先经历烯烃的胺羧基化反应生成中间产物酰胺，然后中间产物酰胺在 CeO₂ 路易斯酸位点的催化作用下脱去一分子水，得到产物喹唑啉酮类化合物，其分离收率最高可达 99%。由于烯烃

的胺羰基化反应必须在酸性条件下进行，而胺作为碱性分子不利于反应的进行，因此中间产物酰胺的生成为该反应的难点。本研究则克服了这一困难：利用 Ru/CeO₂ 中的界面路易斯酸碱对成功实现了对胺的活化解离，在界面氧处原位形成布朗斯特酸（Ru-O-Ce-VÖ）。该研究为喹唑啉酮类化合物的合成提供了一条环境友好的新路径，也进一步扩展了“界面路易斯酸碱对”概念的应用。

纳米反应器研究

刘健研究员团队在微/纳米反应器的构筑方面取得新进展：通过设计一种亚微米反应器，实现了苯乙炔加氢高选择性的制取苯乙烯。该工作发表在《先进功能材料》（*Adv. Funct. Mater.*, 2018, 28, 1801737(1-10)）上，并被选为当期的背封面（Back Cover）论文。

设计合适的反应器并优化操作条件是化学工程中至关重要的步骤。在自然界中，化学转化往往以串联反应的形式在限域的空间内完成，这种限域的空间可以是几个纳米的酶，也可以是微米级的细胞。在材料科学领域，通过模拟细胞而设计的微/纳米反应器，不但可以提高反应的效率和选择性，而且这些“人造细胞”在高温烧结下还可以表现出优异的稳定性。然而，在设计微/纳米反应器时，如何精确控制组成，以及如何选择活性位点这两个催化反应所必需的问题仍然具有挑战性。

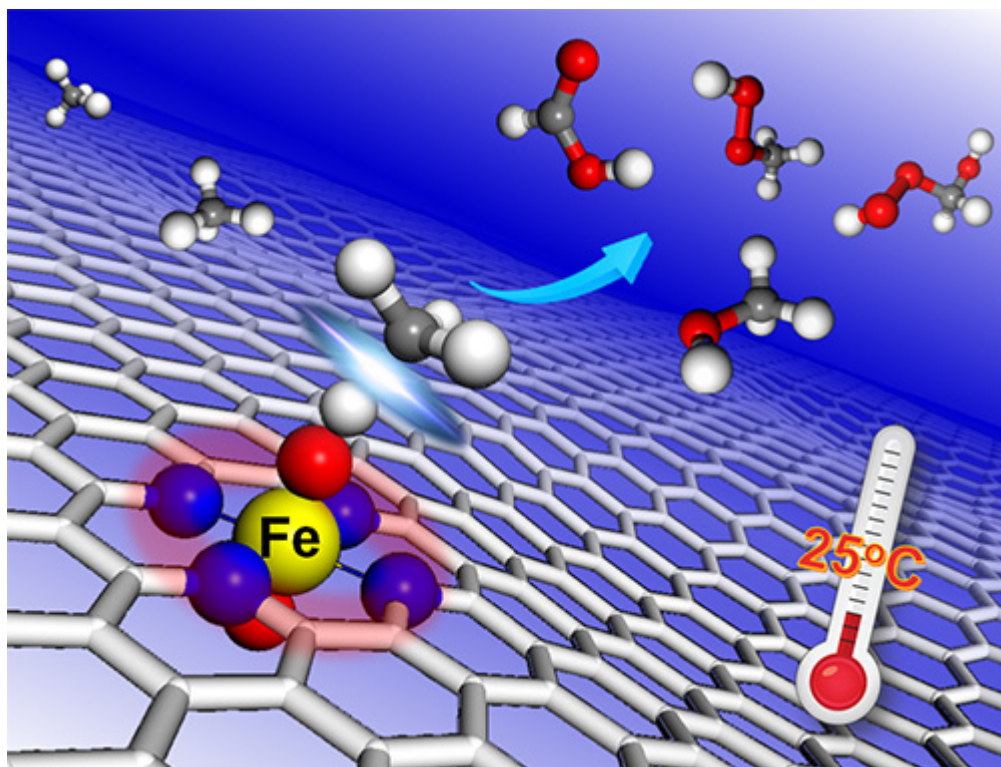


李灿院士和杨启华研究员之前在纳米反应器研究方面取得了系列进展，在此基础上，刘健研究团队与中科院金属所等科研机构合作，成功构建了一种“蛋

黄-蛋壳”结构的亚微米反应器，他们将负载金属纳米粒子的亚微米反应器合成为氧化锌-微孔碳核壳（Pd&ZnO@carbon）结构。该亚微米反应器作为一种催化剂在苯乙炔加氢制苯乙烯反应中具有高选择性（大于 99%）。实验结果表明，Pd&ZnO@carbon 颗粒具有优异的催化性能，其转化率和选择性远远高于在相同 Pd 负载量下的 Pd/ZnO（2.2 倍）和 Pd/C（1.7 倍）颗粒。此外，Pd&ZnO@carbon 亚微米反应器显示出优异的催化稳定性，反应 25 小时后仍没有失活。这种亚微米反应器为氧化锌核与碳壳之间创造了空隙，从而为多相催化反应中反应物的富集提供了独特的反应环境，它还可以通过原位生长 ZnO 核，形成一种碱性气氛，便于苯乙烯脱附，避免过度氢化。亚微米反应器的碳外壳可以保护催化核心纳米颗粒抑制其团聚。同时，核与壳之间的空隙空间，为多种用途的微/纳米反应器或纳米容器储存货物时提供足够的容纳空间。该研究有助于合理设计化学性能增强的多功能催化剂。

实现甲烷室温直接催化转化

邓德会研究员和包信和院士带领的研究团队在长期深入研究二维催化材料和纳米限域催化的基础上，发现石墨烯限域的单原子铁中心可以在室温条件下（25℃）直接将甲烷催化转化为高附加值的 C1 含氧化合物。相关结果以全文形式发表于 Cell Press 旗下的《化学》（*Chem*, 2018, 4, 1902-1910）期刊上。



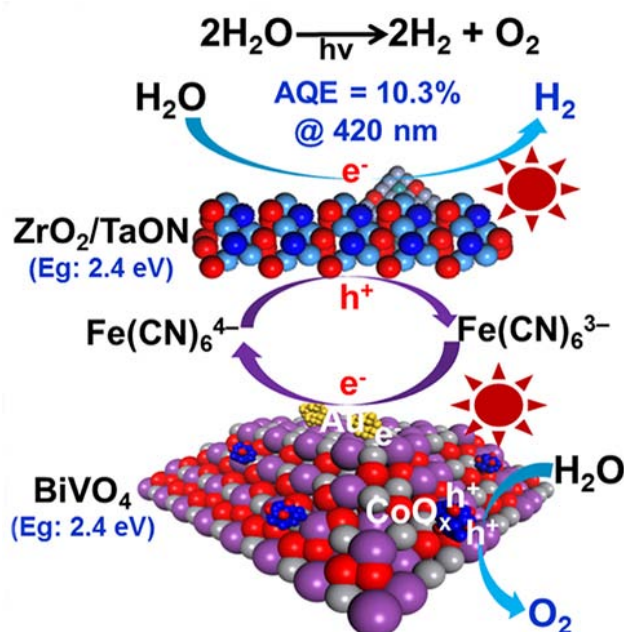
甲烷是天然气、页岩气、可燃冰的主要成分，甲烷转化成高附加值的燃料或化学品是世界能源经济的迫切需求。然而，甲烷是最稳定的烷烃分子，具有高度的四面体对称性，其电离能高、不具有电子亲和性、没有永久电偶极矩且极化率低，其 C-H 键的键能高达 434 KJ/mol，极难在温和条件下活化。因此，甲烷的选择活化和定向转化一直是世界性的难题，被誉为化学领域“圣杯”式

的研究课题。为了克服高的反应能垒，甲烷的转化往往需要在高的反应温度（600-1100℃）下进行，如何降低反应温度，将对其基础研究和工业应用具有重要意义。尽管众多的研究人员做了大量的探索，但在温和条件尤其在室温条件下，并且不需要引入如光、电、等离子体等任何其它形式的能量，直接将甲烷催化转化成高附加的燃料或化学品仍极具挑战。

该团队在前期研究二维催化材料温和条件下活化 C-H 键 (Sci. Adv., Nat. Commun.) 的基础上，经过长达 6 年的努力，设计出一系列石墨烯限域的 3d 过渡金属中心（锰，铁，钴，镍，铜）催化材料，发现石墨烯限域的单铁中心在室温条件下，以双氧水为氧化剂，可以直接将甲烷催化转化为 C1 含氧化合物。团队与韩秀文研究员、李海洋研究员等合作，借助高分辨液体核磁共振波谱和飞行时间质谱原位表征等手段，发现石墨烯限域的单铁中心可以将甲烷直接转化为 CH₃OH, CH₃OOH, HOCH₂OOH 和 HCOOH 等 C1 含氧化合物。进一步结合 DFT 理论计算发现，甲烷的转化遵从自由基的反应路线，反应过程中原位生成的 O-FeN₄-O 具有高的活性，可以将甲烷通过自由基首先转化为 CH₃OH 和 CH₃OOH，生成的 CH₃OH 会进一步被转化成 HOCH₂OOH 和 HCOOH。该工作的发表受到了广泛的关注，英国皇家化学会化学世界网站 (Chemistry World) 以 “Catalyst Converts Methane to Methanol at Room Temperature” 为题对该工作进行了亮点报道。同时，厦门大学的王野教授以 “Room-Temperature Conversion of Methane Becomes True” 为题在 Joule 期刊上专文 (Preview) 对本工作进行了介绍，评价该工作是 “A significant breakthrough in methane chemistry (甲烷化学领域的重要突破)”，并认为该工作不仅为温和条件下甲烷转化高效催化剂的设计提供了新思路，也极大地鼓舞了甲烷催化转化领域的发展。

宽光谱捕光催化剂全分解水制氢研究

李灿院士、章福祥研究员等在宽光谱捕光催化剂 Z 机制全分解水制氢研究中取得新进展。研究发现,通过设计和调控BiVO₄表面助催化剂Au的担载,以及双助催化剂(Au 和 CoOx)的选择性负载,可有效促进 BiVO₄的产氧性能及其与氧化还原电对离子间的电荷传输,并基于此构筑了高效的可见光 Z 机制全分解水体系,其表观量子效率超过 10% (420nm 激发)。相关结果在线发表在 Cell 旗下的《焦耳》(Joule, 2018, 2, 2393-2402) 期刊上。



基于光催化剂粉末悬浮体系实现太阳能全分解水产氢有望成为经济可行的太阳能转换方式之一。近年来,李灿和章福祥研究团队一直致力于利用宽光谱响应材料构筑 Z 机制全分解水体系,期间发展了“一锅氮化”构筑异质结促进电荷分离的新方法,解决了含氮化合物在空气或惰性气体下热稳定性差、不易构筑异质结的实验难题,进而构筑了多个 Z 机制全分解水制氢体系 (Angew.

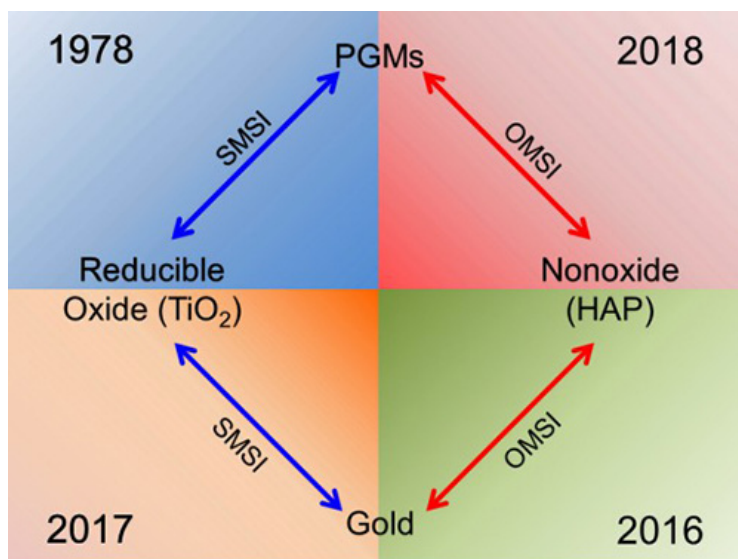
Chem. Int. Ed., Chem. Sci.)。此外,该团队发展了氨气流保护负载放氧助催化剂的新方法,极大提升了宽光谱捕光催化剂的放氧性能;在此基础上又发现助催化剂的分散性对界面电荷分离有极大影响,其受界面的亲疏水属性影响明显,例如:通过 Ta_3N_5 表面氧化镁层修饰不仅可促进助催化剂分散和界面电荷分离效率,而且可有效抑制 Z 机制中的竞争反应,最终使 Z 机制全分解水制氢成为可能(相关结果发表在 J. Am. Chem. Soc., Angew. Chem. Int. Ed., J. Catal., Appl Catal B: Environ.等)。通过不断努力,该团队不仅成功拓展了 Z 机制全分解水制氢中产氢和产氧端催化剂对可见光的利用范围(产氢端由 510nm 拓展至 650nm;产氧端由 450nm 拓展至 590nm),而且将粉末体系 Z 机制可见光催化全分解水制氢的表观量子效率记录不断刷新。

本研究利用具有单电子转移、适宜中性环境且具有较低氧化还原电位的 $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-}/[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}$ 为氧化还原电对,基于其前期实验发现, BiVO_4 不同晶面间存在光生电子和空穴空间分离(Nature Commun.),采用双助催化剂(Au/CoOx)在 BiVO_4 的{010}和{110}晶面上的选择性沉积策略取得产氧性能大幅提升。在此基础上通过耦合具有较宽可见光响应的产氢端,实现了高效的 Z 机制全分解水,取得了 10.3% (420nm 激发)的全分解水制氢量子效率,刷新了该团队以前保持的 6.8% (420nm 激发)的记录。此外,研究同时发现 Au 纳米粒子的担载有利于从 BiVO_4 抽取电子向 $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-}$ 的转移。以上研究结果为今后进一步发展高效可见光完全分解水体系奠定了基础。

金属载体强相互作用研究

张涛院士团队与穆斯堡尔谱技术研究组王军虎研究员团队合作，在金属载体强相互作用研究方面取得新进展：首次发现铂族金属（Pt、Pd）与羟基磷灰石之间的金属载体强相互作用。研究成果在 Chemical Science 上发表。

1978 年 Tauster 等发现二氧化钛等可还原性载体负载的铂族金属在高温还原后会失去对小分子（CO，H₂）的吸附性能，并将该现象命名为金属载体强相互作用（Strong Metal-Support Interaction, SMSI）。SMSI 能够改变金属纳米粒子的形貌和电子性质，因此可以改变反应活性与选择性，对催化剂的催化性能具有重要影响。同时，SMSI 通常伴随着载体对金属颗粒的包埋，因而能够有效稳定金属粒子，有助于制备稳定型金属催化剂。



SMSI 自发现以来其体系不断扩展，但大多集中在可还原性金属氧化物负载的铂族金属催化剂体系，且其发生条件也一直限制在高温还原或超高真空等足

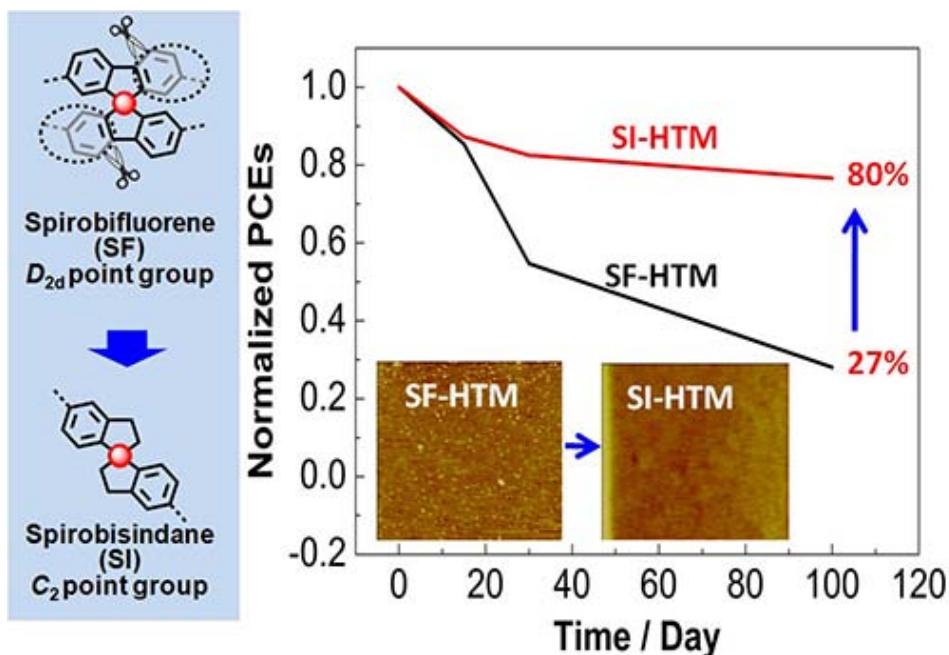
以引发载体还原的环境条件。在前期的研究中，乔波涛和张涛团队与王军虎团队在多年羟基磷灰石（HAP）负载金属催化剂的研究基础上，首次发现金（Au）与 HAP 之间氧诱导的 SMSI（鉴于其形成环境将其标记为 OMSI），该发现不仅成功将 SMSI 载体体系首次扩展到金属氧化物之外，并且为稳定型金催化剂的制备提供了一种全新的思路（J. Am. Chem. Soc.）。在该工作基础上，两团队通过对 SMSI 的调变，设计开发了兼具高活性和稳定性且具有实际应用前景的具有独特半包裹结构的 Au/HAP-TiO₂ 催化剂（Angew. Chem. Int. Ed., Chin. J. Catal.）。此外，两个团队在金催化剂体系经典 SMSI 效应的开发方面也取得了突破性进展，首次发现并验证了金纳米粒子与二氧化钛之间的经典 SMSI（Sci. Adv.），打破了第一副族金属不能与载体形成经典 SMSI 的这一传统认知，填补了经典 SMSI 效应的空白。

此次，两个研究团队再次合作，在上述系列研究工作的启发下，首次发现铂族金属与 HAP 之间的 OMSI 效应。在 OMSI 效应作用下，铂族金属纳米粒子被 HAP 载体包裹，在反应过程中的聚集长大和流失被有效抑制，因此催化剂的重复使用性能和反应稳定性能得到了明显的改善和提升。这是首次发现铂族金属催化剂体系可以发生 OMSI 效应，这一研究发现不仅有助于加深对 SMSI 效应的了解和认识，并且为氧化环境下稳定型铂族金属催化剂的设计和开发提供了新的途径。

我室“裁剪”出新型钙钛矿太阳能电池空穴传输材料

郭鑫研究员和李灿院士团队，在钙钛矿太阳能电池空穴传输材料的开发方面取得新进展，相关研究成果发表在《德国应用化学》(Angew. Chem. Int. Ed., 2018, 57, 12529-12533) 上，并被选为 VIP (Very Important Paper) 论文。

有机-无机杂化钙钛矿太阳能电池因其较高的光电转换效率受到广泛关注，其中空穴传输材料 (HTM) 在提升器件效率方面发挥着重要作用。目前应用最为广泛的 HTM 是 Spiro-OMeTAD，但该分子的对称性较高，易于结晶而导致其薄膜稳定性差且存在针孔缺陷，这不仅降低了器件的稳定性，还不适用于大面积器件的制备，极大限制了其在钙钛矿太阳能电池中的应用。



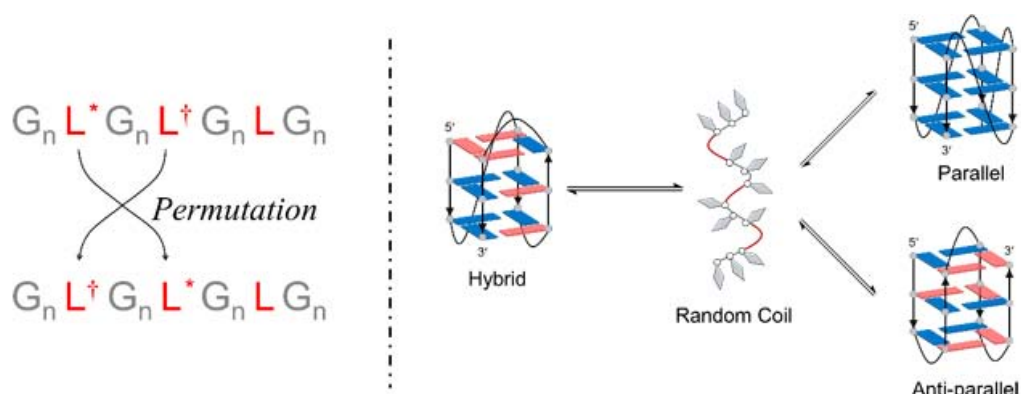
为解决 Spiro-OMeTAD 的上述问题，在前期工作的基础上 (Nano Energy, Small, Solar RRL)，该团队基于“降低分子对称性，提高薄膜形态稳定性”的

思想，从原来 Sprio-OMeTAD 的内核“裁剪”出低对称的新螺环核——螺茛，外围结合卟啉类树枝单元，成功合成了新型空穴传输分子 Spiro-I。相比于准球形的 Sprio-OMeTAD，该新分子呈现 V 型结构和更低的分子对称性，因此分子的结晶倾向被有效抑制，同时更容易形成无针孔的高质量薄膜。将 Spiro-I 作为 HTM 制备钙钛矿太阳电池，在大面积器件和器件稳定性方面的表现均优于经典材料 Sprio-OMeTAD。此外，该分子合成成本更低，器件加工过程中使用量少，有利于降低电池的整体成本。这一工作为制备高效、稳定、低成本的钙钛矿太阳电池提供了新的空穴传输材料，也为空穴传输材料的分子设计提供了新思路，将有助于推动钙钛矿太阳电池的进一步发展。

另外，该团队一直致力于新型光伏器件载流子传输层及其界面修饰的研究工作，除了此次开发的钙钛矿太阳电池空穴传输材料，他们还报道过多种有机太阳电池的电子和空穴传输材料，并取得了优异的器件性能（J. Mater. Chem. A, J. Mater. Chem. A, Org. Electron., J. Mater. Chem. A, ACS Appl. Mater. Interfaces）。这些工作有助于我所在具有自主知识产权的新型光伏技术所需关键材料体系方面的进一步发展。

G-四链体核酸结构及催化功能研究取得进展

李灿院士、博士研究生程明攀等在 G-四链体核酸 (G4-DNA) 结构性质和催化功能研究方面取得进展, 发现 G4-DNA 的 loop 区域序列的排列组合方式对富含鸟嘌呤 (guanine, G) 的 DNA 序列折叠形成的 G4-DNA 的二级结构和热稳定性具有重要影响, 调节 loop 区域可以优化调变 G4-DNA 核酸酶的催化性能。相关研究工作发表在核酸领域的顶级期刊《核酸研究》(Nucleic Acids Research, 2018, 46, 9246-9275) 上。



人端粒末端 G4-DNA 的结构和性质是目前核酸研究的一个前沿课题。李灿研究组较早开展相关研究, 特别是 G4-DNA 的酶催化功能的探索研究, 旨在期望 DNA 催化研究工作能为人类健康研究有所贡献。该研究组前期研究发现, 人端粒 G4-DNA 能够催化不对称 Diels-Alder 反应 (Angew. Chem. Int. Ed.) 和 Friedel-Crafts 反应 (Chem. Commun.), 将单个 G4-DNA 延长到多个 G4-DNA 可显著提高反应的立体选择性和催化活性 (ChemBioChem; Chem. Commun.)。随后, 该研究组发展了使用靶向识别 G4-DNA 的潜在抗癌药物小分子作为催化辅因子的高活性高立体选择性 DNA 酶 (Chem. Sci.), 并报道了首例 DNA 催化

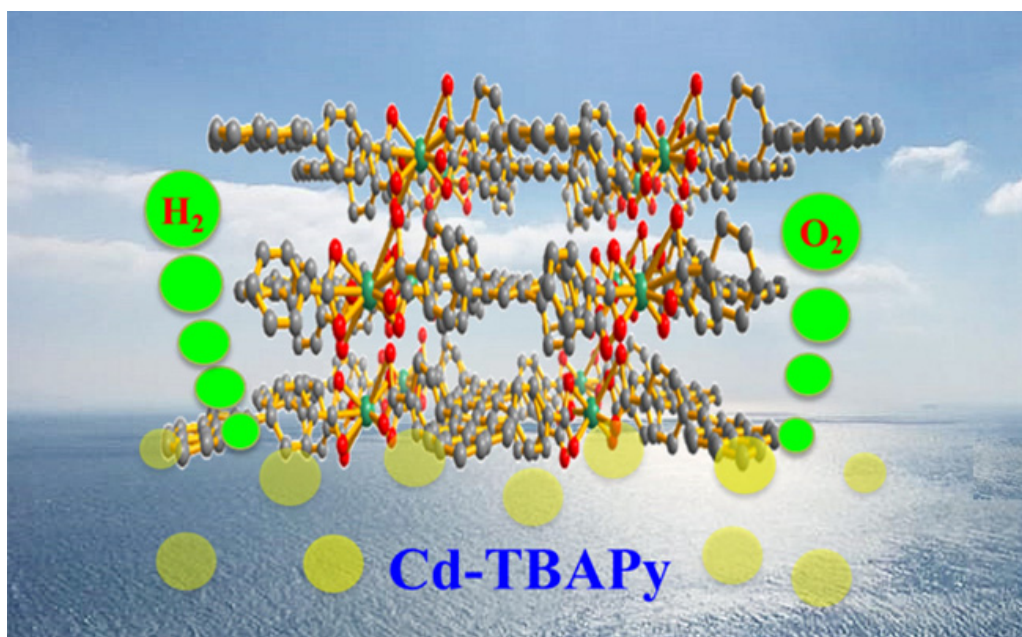
实现的不对称氧化反应 (Chem. Commun.)。近期, 该研究组发展了荧光-猝灭方法用于研究 DNA 的不对称催化反应机理 (ChemBioChem; Biochimie)。这些工作确认 G4-DNA 对一些生理条件下的反应具有酶催化功能。

前期基于人端粒末端 G4-DNA 序列研究发现, 通过改变 loop 相对位置使得 G4-DNA 由杂化结构转变成平行结构, 显著提高了由 G4-DNA 与血红素构成的类过氧化氢酶的催化活性 (Biochim. Biophys. Acta)。在本工作中发现, G4-DNA 折叠结构对 loop 排列的依赖是一个普遍性规律, 改变 loop 序列的相对排列位置, G4-DNA 可能会折叠形成平行、杂化或反平行构象, 且会影响熔点温度。统计规律表明, 当长 loop 位于中间位置时, 该类序列更有可能形成高稳定性的非平行结构; 当短 loop 位于中间位置时, 该类序列可形成稳定性相对较低的平行结构。生物信息学分析发现, 该工作研究的 21 组总计 99 条序列中, 大部分序列存在于多种生物的染色体中, 由此推论 loop 排列方式可能会影响 G4-DNA 的生理功能。

新型宽光谱捕光催化剂研究

李灿院士、章福祥研究员等在新型宽光谱捕光催化剂开发研究中取得新进展，设计合成了一种 Cd-MOFs 新结构单晶，具有宽光谱可见光吸收功能，以及可见光催化水氧化和水还原双功能性能。相关研究成果在线发表在《先进材料》(*Advanced Materials*, 2018, 30, 1803401(1-7)) 上。

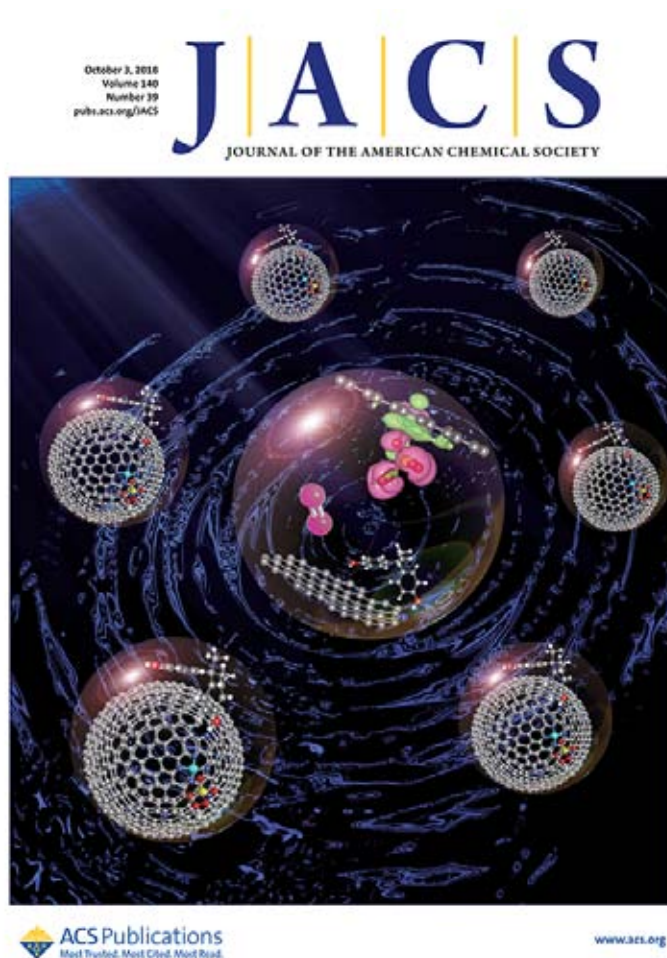
利用太阳光催化分解水制氢是转化太阳能到化学能的一种重要方式，其太阳能转化效率是由光催化剂的捕光效率、电荷分离效率和表面催化效率的乘积共同决定的，其中捕光效率受半导体光催化的吸光范围影响，一般吸光范围越宽其理论太阳能转化效率越高，由此可见光催化剂具有宽光谱捕光是实现太阳能高效转化的前提和基础。近年来，我所太阳能部李灿、章福祥等人围绕宽光谱捕光催化新材料的开发进行了大量探索研究，相继设计合成了系列氮掺杂氧化物 (J. Mater. Chem. A, 2013, 1, 5651-5659; Chem. Commun., 2014, 50, 14415-1441; J. Mater. Chem. A, 2017, 5, 18870-18877; Dalton Trans., 2017, 46, 10707-10713、卤氧化物 (Adv. Energy Mater., 2018, 8, 1701392)，以及含氧酸盐 (Adv. Energy Mater. DOI:10.1002/aenm.201801660) 等新型宽光谱可见光响应新材料，展示了可见光激发催化分解水放氢和放氧半反应性能，显示了在太阳能到化学能转化的应用前景。



在本工作中，该研究团队继续将宽光谱捕光新催化剂开发拓展至金属有机框架（MOFs）类材料，发现 Cd-MOFs 材料在可见光激发下具有水氧化和水还原的双重功能。通过合理选择 1,3,6,8-四（4-羧基苯）茈作为有机配体，与镉离子配位合成出了新型的二维镉基金属有机框架单晶材料（Cd-TBAPy）。研究表明，该材料不仅具有良好的可见光吸收功能，同时具有合适的能带位置，能够满足光催化水分解的热力学要求。光催化测试表明，在担载合适的助催化剂及使用牺牲试剂的条件下，该材料可以在可见光照射下分别实现水氧化和水还原半反应，且在 420nm 光照射下，测得产氧反应的表观量子效率（AQE）为 5.6%。通过荧光光谱和理论计算分析发现，合适的助催化剂担载及 Cd-TBAPy 具备的二维层状 π 共轭体系共同作用是该材料表现出独特光催化性能的主要原因。该研究结果表明 MOFs 类材料在光化学转化应用方面具有一定前景。

研究单原子催化应用于类芬顿反应研究

黄延强研究员、张涛院士团队与新加坡南洋理工大学刘彬教授合作，首次将氮掺杂石墨烯锚定的 Co 单原子催化剂应用于类芬顿反应中。相关研究结果以全文的形式发表在《美国化学会志》(*J. Am. Chem. Soc.*, 2018, 39, 12469-12475)上，并被邀请作为 JACS 当期封面文章。

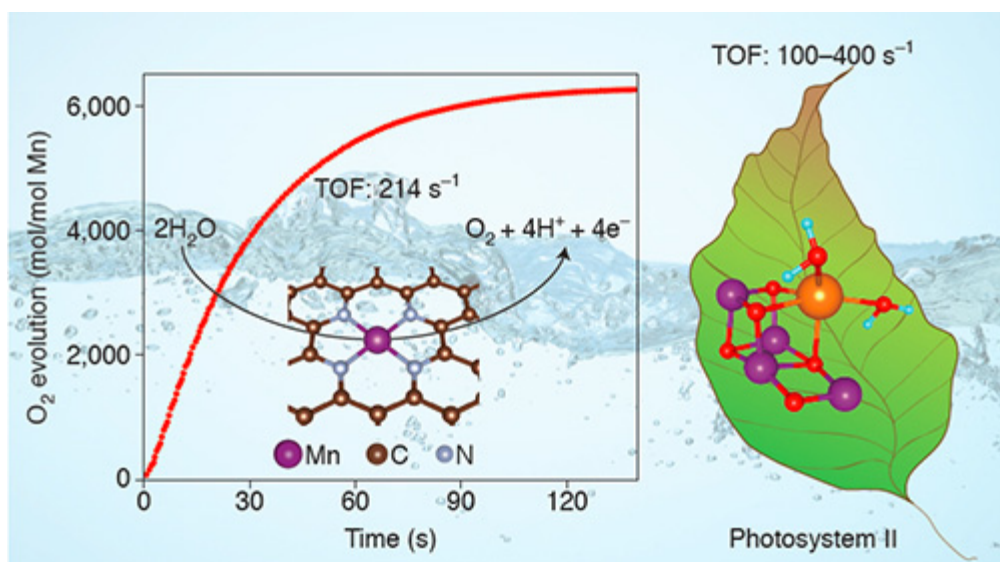


近年来，以催化过硫酸盐（PMS）产生自由基来实现有机污染物分子高效降解的类芬顿反应受到广泛的关注，设计高效的催化剂以提高 PMS 活化效率和实现有机物分子的高效降解是 PMS 类芬顿反应研究的重点。然而，作为自由基主导的反应，自由基的半衰期通常极短，因此，缩短自由基从 PMS 催化位点到有机物分子吸附位点的迁移距离是高效类芬顿反应催化剂开发的关键。

本工作中，该团队开发了一类氮掺杂石墨烯锚定的 Co 单原子类芬顿反应催化剂，实现了对 PMS 降解有机污染物分子双酚 A(BPA)的催化活化。科研人员利用多种表征手段并结合 DFT 理论计算证明：催化剂中的吡咯 N 为有机物分子的吸附位点，单原子 CoN₄ 位点为 PMS 的催化位点，单线态氧为整个反应的主要活性中间物种。同时，科研人员由此首次提出了单原子-双位点的类芬顿反应催化机理：单原子 CoN₄ 位点催化 PMS 产生的单线态氧自由基，可快速迁移到吡咯 N 位点吸附的 BPA 分子，进而实现有机物分子的高效降解。该类氮掺杂石墨烯锚定的 Co 单原子催化剂在 PMS 类芬顿反应中表现出优异催化活性（TOF=12.52min⁻¹）。相关研究成果拓展了单原子催化剂在类芬顿反应领域的应用，与此同时，双位点催化机理的提出为单原子催化剂的设计提供了新思路。

我室发现单核锰催化剂的水氧化活性可媲美自然 光合作用催化剂

李灿院士和管景奇博士等人发现由氮化石墨烯做基体稳定的单核锰活性中心化学水氧化活性转化频率高达 200s^{-1} 以上，可与自然光合作用体系 PSII 多核锰 (CaMn_4O_5) 反应中心的水氧化活性相媲美，并提出单核锰反应中心上水氧化反应机理，相关研究结果以全文的形式发表在《自然催化》(*Nature Catalysis*, 2018, 1, 870-877) 上。



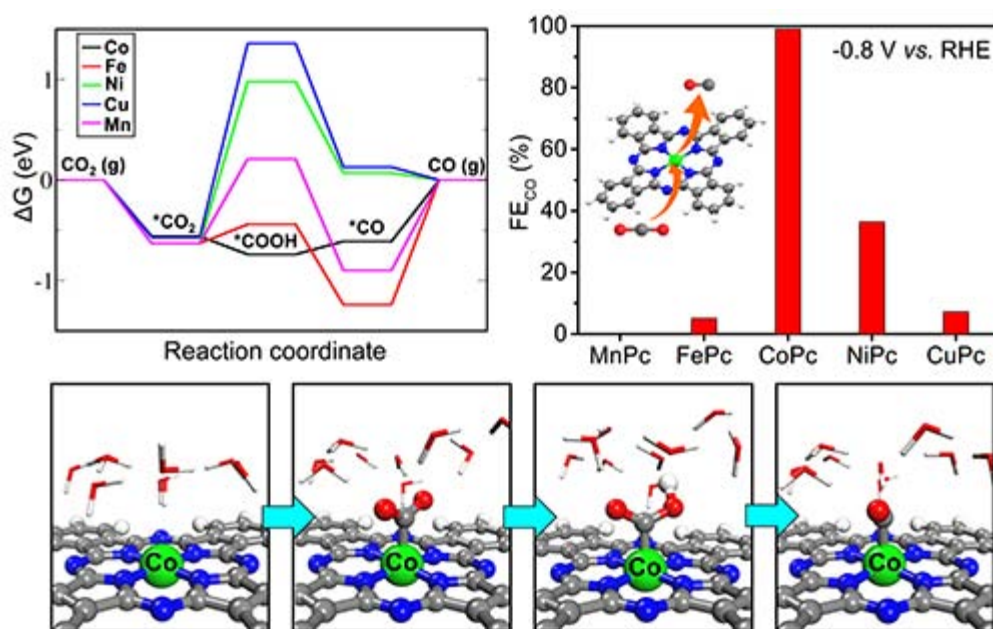
水氧化是水分解的速控步骤，也是自然光合作用和人工光合成的原初反应。开发高效稳定的水氧化催化剂是实现人工光合成（包括光催化、光电催化 and 电催化）的关键。经过科学家长期努力，人们了解到自然光合作用水氧化反应（发生在光合体系 II，PSII）上，其活性中心是多核锰 (CaMn_4O_5)，它显示超高的活性（转化频率高达 $100\text{--}400\text{s}^{-1}$ ），在非常低的过电位下就可以高效氧化水。

因此，人们长期以来努力模拟自然光合作用的多核锰催化剂结构，认为水氧化的活性中心至少要 2 个以上的金属离子位点才能实现高效催化水氧化。大量文献表明，许多金属有机配合物分子催化剂的确显示，双金属活性中心的耦合能有效降低水氧化反应活化能，但均相分子催化剂一般稳定性低，在水氧化过程自身容易被氧化破坏，不容易应用于实际的人工光合成体系中。

李灿研究团队一直致力于发展能够将太阳能人工光合成体系稳定的多相水氧化催化剂，先后尝试纳米 MnO_x (JPC, J. Catal.), IrO_x (ACS Catal.) 和 CoO_x (Chem. Sci., JACS) 催化剂并取得一定进展。研究发现，当 CoO_x 、 IrO_2 纳米尺度减小到 1-2nm 时，水氧化活性（转化频率）可达到接近 10s^{-1} ，是目前报道的多相催化剂水氧化活性较高的水平之一。在此基础上进一步减小尺寸，直至单核 Mn ($\text{Mn}^{2+}/\text{Mn}^{4+}$) 时，科研人员发现水氧化活性突跃上升到 200s^{-1} ，是目前报道的多相催化剂水氧化最高的活性，也达到 PSII 水氧化多核锰催化剂的水平。表征和理论计算结果表面单核锰催化剂上显示与多核锰上不同的水氧化反应机理。这一研究进展不仅为发展太阳能人工光合成高效水氧化催化剂开拓了新的方向，也将引发人们在科学上对多核锰水氧化催化剂及其机理进行重新认识。

金属-N4 活性中心高效电催化二氧化碳还原研究

邓德会研究员团队在金属-N4 活性中心高效电催化二氧化碳还原研究中取得新进展, 相关成果以快讯的形式发表在《德国应用化学》(*Angew. Chem. Int. Ed.*, 2018, 57, 16339-16342) 上。

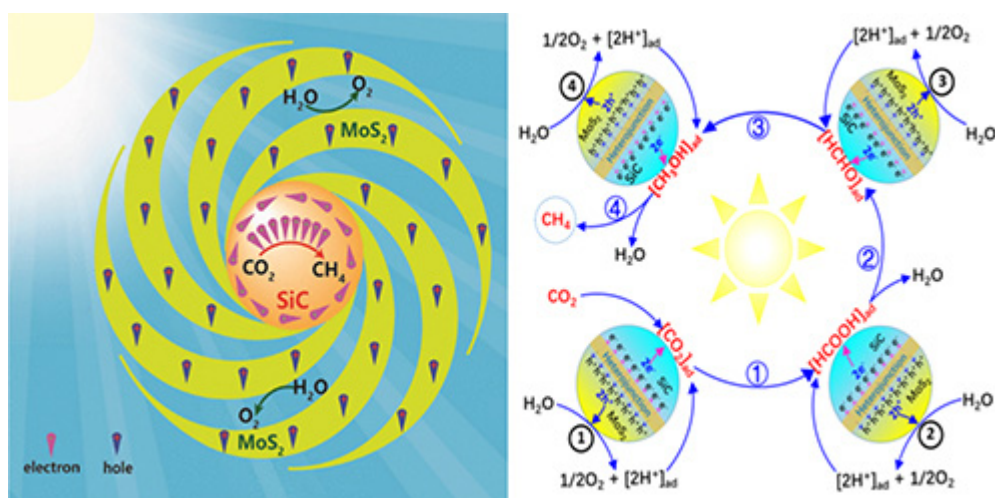


金属-氮-碳是一类具有优异电催化 CO_2 还原性能的催化剂, 但目前的制备方法很难获得结构明确且均一的该类催化剂, 这严重制约了对其活性中心及催化反应机理的认识。为了探究该类催化剂的反应机理及不同金属中心的活性趋势, 该研究团队在长期对金属-N4 活性中心结构认识及其催化反应研究 (*Sci. Adv.*, *Nat. Nanotechnol.*, *Angew. Chem. Int. Ed.*, *Nano Energy*, *Chem*) 的基础上, 利用具有明确金属-N4 结构的系列 3d 金属酞菁作为模型催化剂进行实验, 并结合理论计算、电化学实验及同步辐射 X 射线原位吸收谱对该体系进行了系统深入的研究。理论计算首先分析了不同金属酞菁电催化还原 CO_2 的反应机理及活性

趋势，结果表明，与其他 3d 金属酞菁相比，钴酞菁具有最优异的催化性能。钴酞菁的高催化活性源于活性中心钴既有利于*COOH 的形成，也有利于*CO 的脱附。电化学实验验证了理论计算的结果，实验表明钴酞菁可高选择性地将 CO₂ 还原成 CO，在最优电位-0.8V vs. RHE 时，CO 的法拉第效率高达 99%，并显示了高的稳定性。该工作揭示了具有均一金属-N4 活性中心电催化还原 CO₂ 的反应机理及活性趋势，并为设计高性能金属-氮-碳催化剂提供了重要借鉴。

人工光合成太阳燃料研究

李灿院士与福州大学化学学院王绪绪教授课题组合作发展了一种固态 Z-机制复合光催化剂，在可见光下将 H_2O 和 CO_2 高效转化为甲烷（天然气），实现了太阳能人工光合成燃料过程，研究论文以“Visible-Light driven overall conversion of CO_2 and H_2O to CH_4 and O_2 on 3D-SiC@2D-MoS₂ heterostructure”为题，在《美国化学会志》（*J. Am. Chem. Soc.*, 2018, 44, 14595-14598）上发表。



人工光合成太阳燃料指利用太阳能等可再生能源通过光催化、光电催化或电催化将水和二氧化碳转化为化学燃料的过程，该过程模拟自然光合作用，是人类从根本上解决能源和环境问题的途径之一，也是科学界圣杯式的难题，面临巨大的挑战。

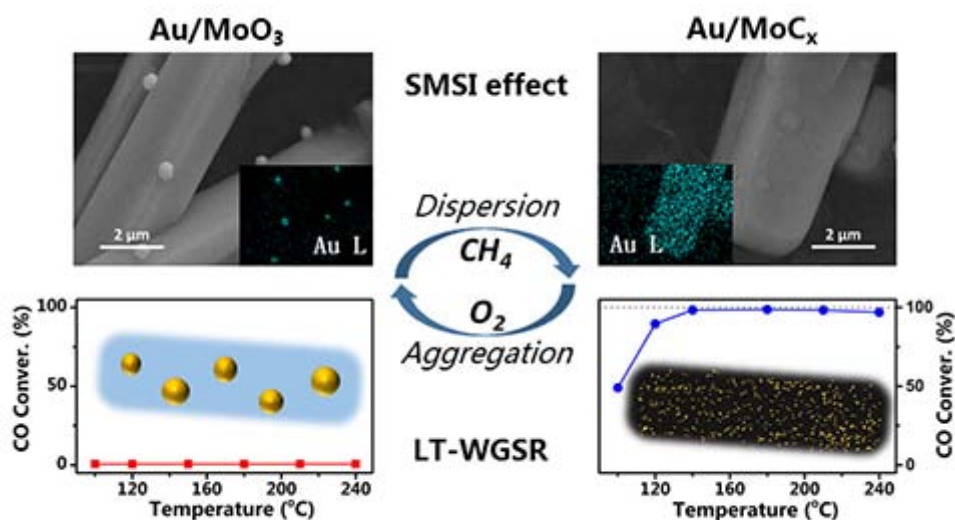
人工光合成太阳燃料过程有若干反应，其中， $\text{太阳能} + \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CH}_4 + 2\text{O}_2$ 为涉及 8 个电子的多步反应，是最具挑战性的一个反应。迄今虽然有大量文献报道了该反应，但反应效果都不理想。此外，近年虽然不少文献报道了光催化产生 CH_4 反应，但这类反应大多是在有牺牲剂存在情况下取得的结果，并没有

检测到释放氧气或检测到的氧气量远低于化学计量比，所以这不是真正意义上的太阳能转化为化学能的反应。因此，将水计量地氧化为氧气（或过氧化氢）并同时二氧化碳高效还原为甲烷的光催化过程才是实现真正意义上的太阳能到化学能的转化。

针对这一难题，本工作用纳米晶（3D-SiC）和二维纳米片（2D-MoS₂）通过静电组装技术构筑出了一种万寿菊型纳米花，其具有二型异质结和 Z-scheme 半导体构型。这种 3D-SiC@2D-MoS₂ 催化剂在可见光照射下表现出高达 323 μ L g⁻¹ h⁻¹ 的甲烷产率和 620 μ L g⁻¹ h⁻¹ 氧气释放量，在 400nm 光照下，甲烷的光转化产率达到 1.75%。这是目前报道的可见光下 CO₂ 用纯水全还原反应的最高产率。详细的产物分布分析和同位素示踪等实验和机理研究表明，伴随着 H₂O 的氧化，CO₂ 在光催化剂上依照 CO₂→HCOOH→HCHO→CH₃OH→CH₄ 的加氢途径逐步被还原为甲烷。值得指出的是，这个研究过程中可检测到化学计量比例的氧气和甲烷（氧气/甲烷摩尔比接近 2），同位素实验也确认了化学计量氧的生成，这对于学术界理解和进行人工光合成具有重要借鉴意义。这个工作为人工光合成太阳燃料提供了一条新的途径。

金属-载体强相互作用的研究

傅强研究员和包信和院士研究团队成功地将金属-载体强相互作用 (SMSI) 拓展并应用到金属/碳化物催化体系, 证明了该效应对于设计高效碳化物基催化材料的重要作用。相关研究结果以全文的形式发表在《美国化学会志》 (*J. Am. Chem. Soc.*, 2018, 42, 13808-13816) 上。



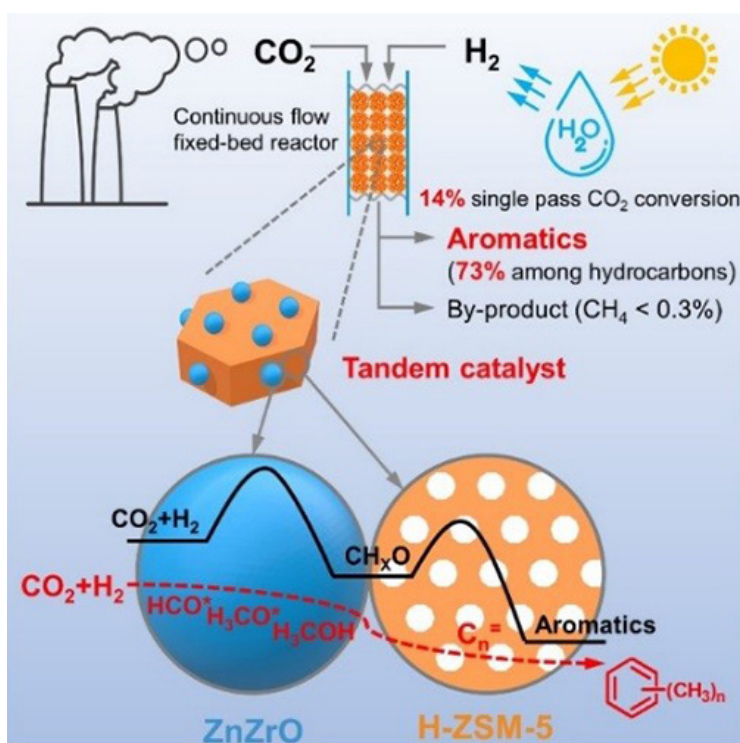
金属-载体强相互作用 (Strong Metal-Support Interaction, SMSI) 是多相催化中的一个重要概念, 该效应常常会导致界面电荷转移、金属结构改变、分子吸附调变等现象, 并最终强烈地影响到催化反应性能, 关于 SMSI 效应的研究大都涉及金属/氧化物催化体系。过渡金属碳化物拥有类贵金属的电子性质, 这赋予了它们非常独特的催化性能。在该工作中, 研究人员从 MoO₃ 负载的 Au 纳米颗粒出发, 通过碳化得到 Au/MoC_x 催化剂。该催化剂中, Au 呈现高分散态, Au 与碳化物载体存在电荷转移, 其低温水气变换反应活性优异, 证实了 Au 与

MoC_x 载体之间 SMSI 效应的存在。层状高分散的 Au 和聚集态的 Au 颗粒可以通过碳化和氧化处理相互转化，该工作首次报道了由循环的碳化-氧化处理引发的金属与碳化物载体之间动态 SMSI 效应。该研究中还利用原位表征技术包括 XRD、XPS、XAFS 等，探讨了 Au 在载体碳化处理过程中的分散机制，提出 MoOxCy 中间物种是分散 Au 的关键。

傅强和包信和研究团队长期致力于金属与氧化物之间的界面催化研究 (Science 2010, J. Am. Chem. Soc. 2012, Acc. Chem. Res. 2013, J. Phys. Chem. B 2018)，本工作成功地将金属-氧化物界面效应拓展到了金属/非氧化物催化体系，对于理解金属-载体界面催化作用具有重要意义。

二氧化碳加氢制芳烃研究

李灿院士团队在 CO_2 催化加氢制备芳烃研究方面取得新进展：通过串联式催化剂体系直接将 CO_2 高选择性的转化为芳烃，该研究成果在《焦耳》（Joule）上发表。



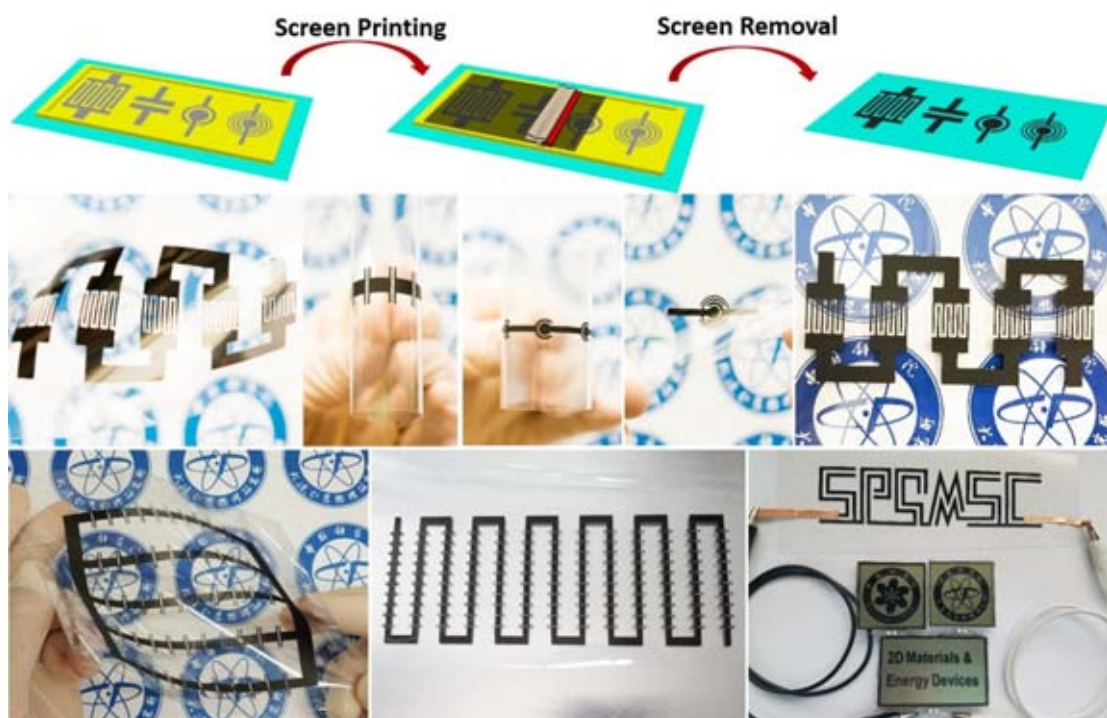
李灿团队长期致力于太阳能光催化、光电催化、电催化分解水制氢和 CO_2 转化工作。利用来自清洁能源的氢将 CO_2 转化为燃料及化学品是实现 CO_2 减排和碳资源可持续利用的一个重要策略。芳烃是有机材料合成中重要的基本化工原料之一，利用芳烃可以合成众多的聚合物材料，例如聚苯乙烯、苯酚树脂、尼龙，以及聚对苯二甲酸乙二醇酯树脂等。传统芳烃的合成方法主要是石脑油的裂解和近年来发展的基于煤制甲醇的甲醇制芳烃（MTA）路径，均需要依赖

化石资源（石油和煤）。因此，利用可再生能源的氢将 CO_2 转化为具有高附加值的芳烃，使 CO_2 以聚合物材料的形式储存下来，既可以实现 CO_2 碳资源化利用，又可以起到减排 CO_2 作用，具有重要的战略意义。然而， CO_2 在热力学上是惰性的分子，实现 CO_2 的活化和高选择性的转化存在较大的困难和挑战。

在该工作中，李灿研究团队基于 CO_2 在 ZnZrO 固溶体上加氢制备甲醇（Science Advances 2017）的研究，以及 CO_2 在 ZnZrO/SAPO 串联体系上加氢制备低碳烯烃（ACS Catal. 2017）的研究基础上，进一步构建了 $\text{ZnZrO}/\text{ZSM-5}$ 串联催化剂体系。该催化剂将 CO_2 加氢高选择性的转化为芳烃， CO_2 单程转化率为 14% 时，烃类中芳烃的选择性达到 73% 至 78%。研究发现 CO_2 加氢到芳烃的关键是串联催化剂的有效协同。红外光谱、化学捕获等实验表明 CO_2 和 H_2 在 ZnZrO 固溶体氧化物上被活化生成 CH_xO 中间物种，中间物种从 ZnZrO 表面迁移到分子筛孔道中，进而完成芳烃的生成。串联催化剂之间的协同机制，以及关键中间物种 CH_xO 的表面迁移实现了 CO_2 加氢直接到芳烃反应在热力学和动力学上的耦合。研究还表明， CO_2 加氢反应中生成的 H_2O 对烯烃的芳构化有明显的促进作用。由于在反应体系中 H_2O 及 CO_2 的存在，其提供了弱氧化氛围，抑制了催化剂上多环芳烃的生成，延长了催化剂的寿命，该催化剂在 100 小时的反应过程中没有明显失活。该技术为 CO_2 转化拓展了新的思路。

规模化制备高度集成微型超级电容器研究

二维材料与能源器件研究组吴忠帅研究员团队与我室包信和院士团队，以及中国科学院金属研究所成会明院士、任文才研究员团队合作，采用丝网印刷方法规模化制备出高度集成化、柔性化、高电压输出的石墨烯基平面微型超级电容器，相关成果发表在《能源与环境科学》（Energy Environ. Sci.）上。



微型化、柔性化电子器件的快速发展，让人们对与之匹配的微型储能器件的需求越来越大。然而，单个微型储能器件的输出电压和电流有限，难以满足需要高电压、大电流驱动的电子器件的应用需求，在实际中通常需要将多个储能器件进行串联和（或）并联集成来提高电压和（或）电流。目前集成化储能器件一般需要借助金属连接体，导致器件一体性、机械柔韧性差，加工过程复

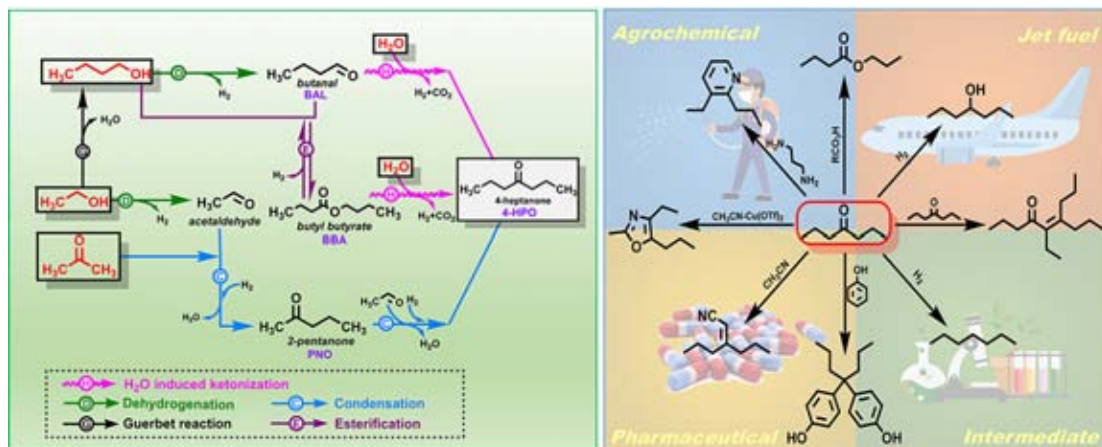
杂，以及性能难以定制。因此，急需发展新的规模化技术来批量化制备高度集成、性能可定制的微型储能器件。

在该工作中，研究人员首先发展了一种具有优异流变学和电化学性能的石墨烯导电油墨，然后采用丝网印刷的方法，利用一步法实现了平面型及集成化微型超级电容器的集流体、图案化微电极和器件间导电连接体的制备，大大简化了制作流程，显著提高了集成器件的整体性和机械柔韧性。根据不同的实际应用需求，科研人员不仅可以对集成化微型超级电容器的形状和大小进行有效调控，而且能够实现任意数量平面微型超级电容器的串并联集成，进而有效定制输出电压（几伏至几百伏）和电流（纳安至毫安）。例如，由 130 个单器件串联得到的微型超级电容器模块，其输出电压可达到 100V 以上。该工作证明了石墨烯导电油墨可以同时作为集流体、导电连接体，以及高容量电极材料，丝网印刷技术可以高效、规模化的制备出高度集成化、一体化、高电压输出的平面微型超级电容器，获得的模块化器件具有出色的良品率、性能一致性、高电压输出等特征，具有广阔的应用前景。

我室发展了生物质发酵液转化的新策略

王峰研究员团队与北京大学马丁教授合作发展并报道了生物质发酵液转化的新策略，实现了 ABE 溶液（丙酮-丁醇-乙醇-水）的高效率、高选择性制备化学品 4-庚酮。相关研究成果发表在《自然-通讯》（Nature Communications）上。

因其可再生性和环保性，生物质能源的开发和应用一直以来都是研究热点之一。其中 ABE 发酵液以淀粉或纤维素为原料，经丙酮丁醇梭菌发酵得到，是燃料和化学品的重要来源。目前，ABE 发酵液一般浓度较低，浓缩过程不可避免的带来高能耗等问题，限制其广泛应用。因此，ABE 溶液理想的利用方式是不经浓缩而直接转化制备燃料或化学品。然而，对于生物质的直接转化而言，实现同时兼具高转化效率和产物高选择性仍面临巨大挑战。



王峰科研团队采用锡掺杂的二氧化锆催化剂实现了 ABE 水溶液的直接催化转化，碳转化率可达到 70%，主要产物为 4-庚酮，其选择性高达 86%。此外，在以往已报道的 ABE 转化的催化体系中，人们普遍认为水是催化剂的毒化剂，然而，在本工作的催化体系中，水却参与反应，促使目标产物 4-庚酮的选择性

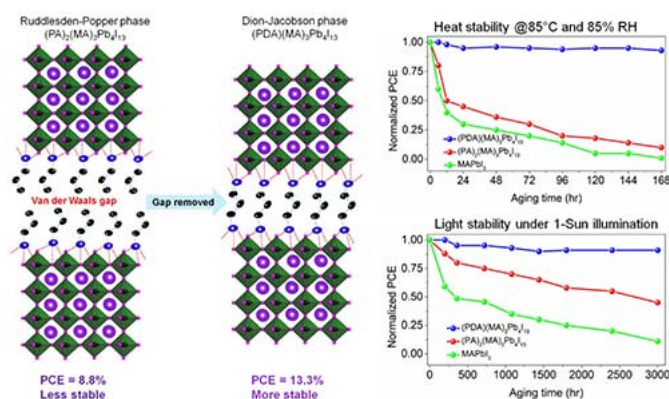
生成。该过程以 ABE 水溶液为原料，而产品 4-庚酮为油相，因此仅通过倾倒和简单的蒸馏即可获得 95%纯度的 4-庚酮。

王峰长期致力于铈基材料多功能酸碱催化性质的研究 (J. Am. Chem. Soc. 2018, Angew. Chem. Int. Ed. 2018, ACS Catal. 2018, ACS Catal. 2016, J. Am. Chem. Soc. 2013)，本工作将铈基材料应用拓展至复杂的生物质转化体系，耦合生物发酵与化学催化过程，实现单一化学品的高选择性制备，既具有科学研究意义，又具有潜在应用前景。

高稳定性二维钙钛矿太阳能电池研究

郭鑫研究员和李灿院士团队在钙钛矿太阳能电池稳定性研究方面取得新进展，相关研究成果在 Cell 出版集团旗下的 Joule 杂志上发表。

有机-无机杂化钙钛矿太阳能电池（PSC）因较高的光电转换效率而受到广泛关注，近年来发展迅速，成为光伏领域的研究热点，然而其器件稳定性差的问题制约它进一步发展。虽然通过界面修饰及掺杂等方法可以提高 PSC 稳定性，但并不能根本上解决有机-无机杂化钙钛矿材料自身稳定性差的问题。因此，提高钙钛矿材料本身的结构稳定性是从根本上解决 PSC 稳定性问题的一个关键。近年来，Ruddlesden-Popper（RP）型二维层状钙钛矿材料引起极大的关注和研究兴趣，因为它的大尺寸有机阳离子带有疏水取代基，以及层间存在范德华相互作用，可以一定程度上提高钙钛矿材料稳定性，此前也有研究表明，RP 型二维 PSC 的稳定性优于传统三维 PSC。然而，此类二维钙钛矿材料层间的范德华弱相互作用难以保证材料具有足够的结构稳定性。

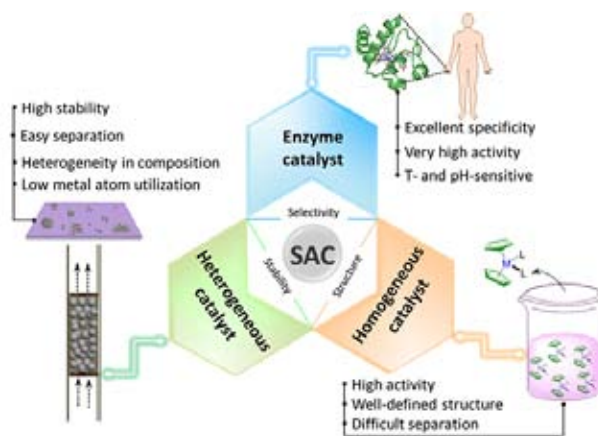


为进一步提高二维钙钛矿材料及其器件稳定性，基于“取消层间范德华相互作用，提高结构稳定性”的想法，该团队发展了一种 Dion-Jacobson（DJ）型

二维层状钙钛矿材料。相比于 RP 型二维钙钛矿，DJ 型二维钙钛矿无层间范德华相互作用，其有机阳离子在分子两端均以氢键与无机钙钛矿层相连，因而具有更好的结构稳定性。以该类 DJ 型二维钙钛矿材料制备的 PSC 光电转换效率达到 13.3%，特别值得注意的是其器件稳定性得到显著改善。未封装器件在“双 85”（85℃和 85%相对湿度）和一个标准太阳光持续光照条件下进行的老化测试表明，传统三维和 RP 型二维 PSCs 的效率快速衰减，而 DJ 型二维 PSC 长期测试后仍能保持 95% 以上的光电转换效率，表现出优异的湿热稳定性和光照稳定性。该工作从改善钙钛矿材料结构稳定性出发，为从根本上提高 PSC 稳定性提供了新的策略。

单原子催化述评

张涛院士团队在单原子催化研究方面的开创性工作以及后续系列进展受到了国际同行的广泛关注。该研究团队的王爱琴研究员、张涛院士与清华大学化学系李隽教授一起受邀在《自然综述：化学》（*Nature Review Chemistry*）杂志上发表题目为“Heterogeneous Single-Atom Catalysis”的述评文章（*Nature Reviews Chemistry*, 2018, 2, 65-81）。

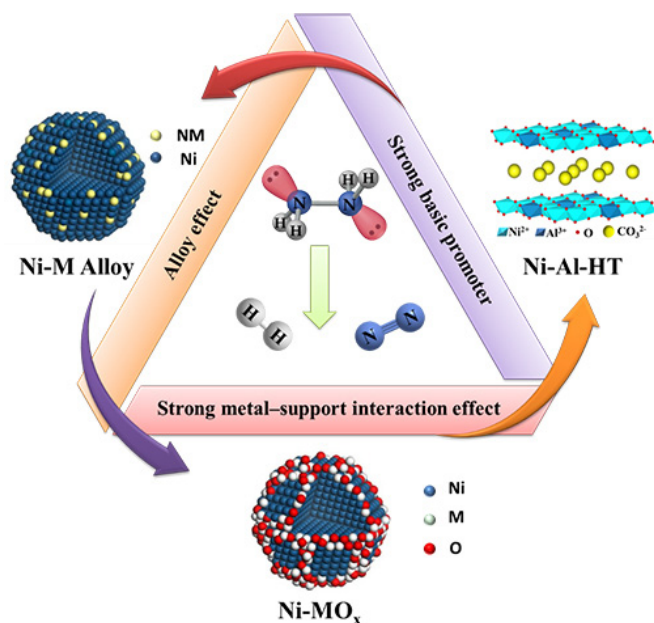


作为一种特殊的负载型金属催化剂，单原子催化剂专指载体上的所有金属组分都以单原子分散的形式存在。“单原子催化”概念由张涛、李隽及美国亚利桑那州立大学刘景月教授于 2011 年共同提出（*Nature Chemistry*）。在短短 7 年的时间里单原子催化迅速成为催化领域的研究前沿。越来越多的研究结果表明，单原子催化剂由于其特殊的结构而呈现出显著不同于常规纳米催化剂的活性、选择性和稳定性。随着先进表征技术的发展，单原子催化剂为从原子和分子层次阐明催化剂的构效关系提供了机会，同时也为连结多相催化与均相催化提供了可能。

该述评首先从历史角度对“单原子催化剂 (Single-Atom Catalyst)”和“单活性位催化剂 (Single-Site Catalyst)”概念进行了阐述,指出两者在概念上的区别。文章进而系统综述了单原子催化剂在不同载体上的稳定机制,在热催化、电催化、光催化反应中的应用;探讨了单原子的催化活性、选择性、稳定性与其局域结构和电子性质的关联。文章最后还展望了单原子催化领域存在的机遇与挑战。

肼分解制氢研究

黄延强研究员和张涛院士在肼分解制氢方面的工作受到了国际同行的广泛关注，受邀在《国家科学评论》(National Science Review)上发表题为“Design strategies of highly selective nickel catalysts for H_2 production via hydrous hydrazine decomposition: a review”的综述文章(National Science Review, 2018, 5, 356-364)。



肼 (N_2H_4) 是一种重要的液体推进剂，在催化剂作用下能够在室温下被迅速分解，产生高温高压的气体，实现化学能向动能的转变。该团队长期致力于肼分解反应的基础和应用研究，针对国民经济的多个应用领域开发了多种肼分解催化剂。实现对肼分解选择性的调控（高选择性生成氢气和氮气）具有明确的应用价值，是学术界关注的焦点，其核心在于通过对催化剂的优化设计实现其对 N-N 键和 N-H 键断键能力，以及顺序的精准控制。该文章重点综述了该团

队在非贵金属镍基催化剂上胼分解制氢活性和选择性的调控策略：利用碱性助剂效应（*Angew. Chem. Int. Ed.*, *AIChE J.*）、合金效应（*Appl. Catal. B*, *J. Catal.*）和金属-载体强相互作用（*ACS Catal.*），构建了不同结构的负载型镍基催化剂体系，实现了胼高活性、高选择性分解制氢。相关研究工作进一步深化了对胼分解反应机理的认识，为我国胼分解催化剂在关键领域的应用奠定了重要基础。

2018 年发表文章目录

一、催化材料与制备

1. Hong Bin Yang, Sungfu Hung, Song Liu, Kaidi Yuan, Shu Miao, Liping Zhang, Xiang Huang, Hsinyi Wang, Weizheng Cai, Rong Chen, Jiajian Gao, Xiaofeng Yang, Wei Chen, Yanqiang Huang*, Haoming Chen, Chang Ming Li, Tao Zhang*, Bin Liu*
Atomically dispersed Ni(i) as the active site for electrochemical CO₂ reduction
Nature Energy 3(2018)140-147
2. Aiqin Wang*, Jun Li*, Tao Zhang*
Heterogeneous single-atom catalysis
Nature Reviews | Chemistry 2(2018)65-81
3. Shuanghao Zheng, Jiaming Ma, Zhongshuai Wu*, Feng Zhou, Yanbing He*, Feiyu Kang, Huiming Cheng, Xinhe Bao
All-solid-state flexible planar lithium ion micro-capacitors
Energy & Environmental Science 11(2018) 2001-2009
4. Jiao Deng, Cheng Zeng, Chao Ma, Jon Fold von Bülow, Lei Zhang, Dehui Deng, Zhongqun Tian, Xinhe Bao*
Graphene layer reinforcing mesoporous molybdenum disulfide foam as high - performance anode for sodium-ion battery
Materials Today Energy 8(2018)151-156
5. Yejun Xiao, Yu Qi, Xiuli Wang, Xiaoyu Wang, Fuxiang Zhang*, Can Li*
Visible-Light-Responsive 2D Cadmium-Organic Framework Single Crystals with Dual Functions of Water Reduction and Oxidation
Advanced Materials 30(2018)1803401(1-7)

6. Tingting Yao, Xiurui An, Hongxian Han, John Qianjun Chen, Can Li*
Photoelectrocatalytic Materials for Solar Water Splitting
Advanced Energy Materials 8(2018)1800210
7. Beibei Dong, Junyan Cui, Taifeng Liu, Yuying Gao, Yu Qi, Deng Li, Fengqiang Xiong, Fuxiang Zhang*, Can Li*
Development of Novel Perovskite-Like Oxide Photocatalyst $\text{LiCuTa}_3\text{O}_9$ with Dual Functions of Water Reduction and Oxidation under Visible Light Irradiation
Advanced Energy Materials 8(2018)1801660(1-7)
8. Hefeng Zhang, Zhou Yang, Wei Yu, Hong Wang, Weiguang Ma, Xu Zong*, Can Li*
A Sandwich-Like Organolead Halide Perovskite Photocathode for Efficient and Durable Photoelectrochemical Hydrogen Evolution in Water
Advanced Energy Materials (2018)1800795(1-7)
9. Shuanghao Zheng, Weiwei Lei, Jieqiong Qin, Zhongshuai Wu*, Feng Zhou, Sen Wang, Xiaoyu Shi, Chenglin Sun, Ying Chen*, Xinhe Bao
All-solid-state high-energy planar asymmetric supercapacitors based on all-in-one monolithic film using boron nitride nanosheets as separator
Energy Storage Materials 10(2018) 24-31
10. Han Xiao, Zhongshuai Wu*, Feng Zhou, Shuanghao Zheng, Dong Sui, Yongsheng Chen*, Xinhe Bao
Stretchable tandem micro-supercapacitors with high voltage output and exceptional mechanical robustness
Energy Storage Materials 13(2018) 233-240
11. Yuefeng Song, Xiaomin Zhang, Yingjie Zhou, Qike Jiang, Fang Guan, Houfu Lv, Guoxiong Wang*, Xinhe Bao*
Promoting oxygen evolution reaction by RuO_2 nanoparticles in solid oxide CO_2 electrolyzer
Energy Storage Materials 13(2018)207-214

12. Feng Zhou, Haibo Huang, Chuanhai Xiao, Shuanghao Zheng, Xiaoyu Shi, Jieqiong Qin, Qiang Fu, Xinhe Bao, Xinliang Feng*, Klaus Müllen*, Zhongshuai Wu*
Electrochemically Scalable Production of Fluorine-Modified Graphene for Flexible and High-Energy Ionogel-Based Microsupercapacitors
Journal of the American Chemical Society 140(2018)8198-8205
13. Xuning Li, Xiang Huang, Shibo Xi, Shu Miao, Jie Ding, Weizheng Cai, Song Liu, Xiaoli Yang, Hongbin Yang, Jiajian Gao, Junhu Wang,, Yanqiang Huang*, Tao Zhang, Bin Liu*
Single Cobalt Atoms Anchored on Porous N-Doped Graphene with Dual Reaction Sites for Efficient Fenton-like Catalysis
Journal of the American Chemical Society 140(2018)12469-12475
14. Yu Qi, Shanshan Chen, Junyan Cui, Zhiliang Wang, Fuxiang Zhang*, Can Li*
Inhibiting competing reactions of iodate/iodide redox mediators by surface modification of photocatalysts to enable Z-scheme overall water splitting
Applied Catalysis B- Environmental 224(2018)579-585
15. Song Liu, Hongbin Yang, Xiang Huang, Linghui Liu, Weizheng Cai, Jiajian Gao, Xuning Li, Tao Zhang, Yanqiang Huang*, Bin Liu*
Identifying Active Sites of Nitrogen-Doped Carbon Materials for the CO₂ Reduction Reaction
Advanced functional materials 28(2018)1800499(1-7)
16. Hao Tian, Fei Huang, Yihan Zhu, Shaomin Liu, Yu Han, Mietek Jaroniec, Qihua Yang, Hongyang Liu*, G. Q. Max Lu, Jian Liu
The Development of Yolk-Shell-Structured Pd&ZnO@Carbon Submicroreactors with High Selectivity and Stability
Advanced functional materials 28(2018)1801737(1-10)
17. Leilei Zhang, Yujing Ren, Wengang Liu, Aiqin Wang*, Tao Zhang*
Single-atom catalyst: a rising star for green synthesis of fine chemicals
National Science Review 5(2018)653-672

18. Lei He, Binglian Liang, Yanqiang Huang*, Tao Zhang
Design strategies of highly selective nickel catalysts for H₂ production via hydrous hydrazine decomposition: a review
National Science Review 5(2018)356-364
19. Shuanghao Zheng, Zhongshuai Wu, Feng Zhou, Xiao Wang, Jiaming Ma, Cheng Liu, Yanbing He, Xinhe Bao*
All-solid-state planar integrated lithium ion micro-batteries with extraordinary flexibility and high-temperature performance
Nano Energy 51(2018)613-620
20. Yuyue Zhao, Huamin Zhang, Chuanhai Xiao, Lin Qiao, Qiang Fu, Xianfeng Li*
Highly Selective Charged Porous Membranes with Improved Ion Conductivity
Nano Energy 48(2018)353-360
21. Yunchuan Tu, Pengju Ren, Dehui Deng, Xinhe Bao*
Structural and electronic optimization of graphene encapsulating binary metal for highly efficient water oxidation
Nano Energy 52(2018)494-500
22. Xiaomei Wang, Weiguang Ma, Zhiqiang Xu, Hong Wang, Wenjun Fan, Xu Zong*, Can Li*
Metal phosphide catalysts anchored on metal-caged graphitic carbon towards efficient and durable hydrogen evolution electrocatalysis
Nano Energy 48(2018)500-509
23. Xiaole Jiang, Haobo Li, Jianping Xiao, Dunfeng Gao, Rui Si, Fan Yang, Yanshuo Li*, Guoxiong Wang*, Xinhe Bao*
Carbon dioxide electroreduction over imidazolate ligands coordinated with Zn(II) center in ZIFs
Nano Energy 52(2018)345-350

24. Lin Qiao, Huamin Zhang, Wenjing Lu, Chuanhai Xiao, Qiang Fu, Xianfeng Li*, Ivo F.J. Vankelecome
Advanced porous membranes with slit-like selective layer for flow battery
Nano Energy 54(2018)73-81
25. Xiuquan Jia, Jiping Ma, Fei Xia, Yongming Xu, Jin Gao, Jie Xu*
Carboxylic acid-modified metal oxide catalyst for selectivity-tunable aerobic ammoxidation
Nature Communications (2018)9:933
26. Yajuan Li, Shuanghao Zheng, Xue Liu, Pan Li, Lei Sun, Ruixia Yang, Sen Wang, Zhongshuai Wu*, Xinhe Bao, Weiqiao Deng*
Conductive Microporous Covalent Triazine-Based Framework for High-Performance Electrochemical Capacitive Energy Storage
Angewandte Chemie International Edition 57(2018)7992-7996
27. Wengang Liu, Yinjuan Chen, Haifeng Qi, Leilei Zhang, Wensheng Yan, Xiaoyan Liu, Xiaofeng Yang, Shu Miao, Wentao Wang, Chenguang Liu, Aiqin Wang,* Jun Li,* Tao Zhang
A Durable Nickel Single-Atom Catalyst for Hydrogenation Reactions and Cellulose Valorization under Harsh Conditions
Angewandte Chemie International Edition 57(2018)7071-7075
28. Tao Dai, Changzhi Li,* Lin Li, Zongbao Kent Zhao, Bo Zhang, Yu Cong, Aiqin Wang*
Selective Production of Renewable para-Xylene by Tungsten Carbide Catalyzed Atom-Economic Cascade Reactions
Angewandte Chemie International Edition 57(2018)1808-1812
29. Jinfan Yang, Shanshan Li, Leilei Zhang, Xiaoyan Liu, Junhu Wang, Xiaoli Pan, Ning Li*, Aiqin Wang, Yu Cong, Xiaodong Wang, Tao Zhang*
Hydrodeoxygenation of furans over Pd-FeOx/SiO₂ catalyst under atmospheric pressure
Applied Catalysis B-Environmental 201(2017)266-277

30. Siru Chen, Pan Li, Shutao Xu, Xiulian Pan, Qiang Fu*, Xinhe Bao
Carbon doping of hexagonal boron nitride porous materials toward CO₂ capture
Journal of Materials Chemistry A 6(2018)1832-1839
31. Tianyu Yang, Ji Liang, Irin Sultana, Md Mokhlesur Rahman, Michael J. Monteiro, Ying (Ian) Chen, Zongping Shao, S. Ravi P. Silva, Jian Liu
Formation of hollow MoS₂/carbon microspheres for high capacity and high rate reversible alkali-ion storage
Journal of Materials Chemistry A 6(2018)8280-8288
32. Siru Chen, Yanqiang Li, Zhihua Zhang, Qiang Fu*, Xinhe Bao
The synergetic effect of h-BN shells and subsurface B in CoBx@h-BN nanocatalysts for enhanced oxygen evolution reactions dagger
Journal of Materials Chemistry A 6(2018)10644-10648
33. Bai Risheng, Sun Qiming, Song Yue, Wang Ning, Zhang Tianjun, Wang Fei, Zou Yongcun, Zhaochi Feng, Miaob Shu, Yu Jihong
Intermediate-crystallization promoted catalytic activity of titanasilicate zeolites
Journal of Materials Chemistry A 18(2018)8457-8762
34. Chengcheng Yan, Long Lin, Dunfeng Gao, Guoxiong Wang*, Xinhe Bao*
Selective CO₂ electroreduction over an oxidederived gallium catalyst
Journal of Materials Chemistry A 6(2018)19743-19749
35. Xuan Liu, Ping Fu, Dandan Tu, Qing Yang, Shuwen Yu, Xin Guo*, Can Li *
Bifunctional donor polymers bearing amino pendant groups for efficient cathode interlayer-free polymer solar cells nbsp;
Journal of Materials Chemistry A 6(2018)19828-19833
36. Yuefeng Song, Zhiwen Zhou, Xiaomin Zhang, Yingjie Zhou, Huimin Gong, Houfu Lv, Qingxue Liu, Guoxiong Wang*, Xinhe Bao*
Pure CO₂ electrolysis over an Ni/ YSZ cathode in a solid oxide electrolysis cell
Journal of Materials Chemistry A 6(2018)13661-13667

37. Weifeng Chu, Xiujie Li*, Shenglin Liu, Xiangxue Zhu, Sujuan Xie, Fucun Chen, Yanan Wang, Wenjie Xin, Longya Xu*
Direct synthesis of three-dimensional MWW zeolite with cyclohexylamine as an organic structuredirecting agent
Journal of Materials Chemistry A 6(2018)12244-12249
38. Dongpu Zhao, Weifeng Chu, Yanan Wang, Xiangxue Zhu, Xiujie Li, Sujuan Xie, Jie An, Wenjie Xin, Shenglin Liu*, Longya Xu*
Organic promoter-driven fast synthesis of zeolite beta and its acceleration mechanism
Journal of Materials Chemistry A 6(2018)24614-24624
39. Yanfeng Dong, Wen Shi, Pengfei Lu, Jieqiong Qin, Shuanghao Zheng, Bingsen Zhang, Xinhe Bao, Zhongshuai Wu*
2D holey cobalt sulfide nanosheets derived from metal-organic frameworks for high-rate sodium ion batteries with superior cyclability
Journal of Materials Chemistry A 6(2018) 14324-14329
40. Pratteek Das, Qiang Fu, Xinhe Bao, Zhongshuai Wu*
Recent Advances in the Preparation, Characterization, and Applications of Two-Dimensional Heterostructures for Energy Storage and Conversion
Journal of Materials Chemistry A 6(2018)1747-21784
41. Yuanhu Zhu, Jes´us Carrete, Qinglong Meng, Zhiwei Huang, Natalio Mingo, Peng Jiang*, Xinhe Bao*
Independently tuning the power factor and thermal conductivity of SnSe via Ag₂S addition and nanostructuring
Journal of Materials Chemistry A 6(2018)7959-7966
42. Mingtao Yan, Xiaojian Tan, Zhiwei Huang, Guoqiang Liu, Peng Jiang*, Xinhe Bao*
Synergetic optimization of electronic and thermal transport for high-performance thermoelectric GeSe-AgSbTe₂ alloy
Journal of Materials Chemistry A 6(2018)8215-8220

43. Jing Zhang, Wensheng Liang, Wei Yu, Shuwen Yu, Yiliang Wu, Xin Guo*, Shengzhong (Frank) Liu*, Can Li*
A Two-Stage Annealing Strategy for Crystallization Control of $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$ Films toward Highly Reproducible Perovskite Solar Cells
Small 14(2018)1800181(3-8)
44. Deng Li, Jingying Shi*, Can Li
Transition-Metal-Based Electrocatalysts as Cocatalysts for Photoelectrochemical Water Splitting: A Mini Review
Small 14(2018)1704179(1-22)
45. Jilei Xu, Ning Li*, Guangyi Li, Fenghan Han, Aiqin Wang, Yu Cong, Xiaodong Wang, Tao Zhang*
Synthesis of high-density aviation fuels with methyl benzaldehyde and cyclohexanone
Green Chemistry 20(2018)3753-3760
46. Guozhi Zhu, Song Shi*, Meng Liu, Li Zhao, Min Wang, Xi Zheng, Jin Gao, Jie Xu*
Formation of Strong Basicity on Covalent Triazine Frameworks as Catalysts for the Oxidation of Methylene Compounds
ACS Applied Materials & Interfaces 10(2018)12612-12617
47. Tingting Cui, Xiulian Pan, Jinhu Dong, Shu Miao, Dengyun Miao, Xinhe Bao*
A versatile method for the encapsulation of various non-precious metal nanoparticles inside single-walled carbon nanotubes
Nano Research 11(2018)3132-3144
48. Junying Wang, Xiaoju Cui, Haobo Li, Jianping Xiao, Jiang Yang, Xiaoyu Mu, Haixia Liu, Yuanming Sun, Xuhui Xue, Changlong Liu, Xiaodong Zhang, Dehui Deng, Xinhe Bao*
Highly efficient catalytic scavenging of oxygen freeradicals with grapheme-encapsulated metal nanoshields
Nano Research 11(2018)2821-2835

49. Junyan Cui, Fuxiang Zhang, Can Li*
Development of anions-mixed photocatalysts with wide visible-light absorption bands for solar water splitting
ChemSusChem 11(2018)1-18
50. Xiaoli Yang, Qinggang Liu, Yaru Zhang, Xiong Su*, Yanqiang Huang*, Tao Zhang
In situ synthesis of metal clusters encapsulated within small-pore zeolites via a dry gel conversion method
Nanoscale 10(2018)11320-11327
51. Ang Guo, Yujie Ban, Kun Yang, Weishen Yang*
Metal-organic framework-based mixed matrix membranes: Synergetic effect of adsorption and diffusion for CO₂/CH₄ separation
Journal of Membrane Science 562(2018)76-84
52. Lanqin Tang, Ruotian Chen, Xianguang Meng, Bihu Lv, Fengtao Fan, Jinhua Ye, Xiaoyong Wang, Yong Zhou, Can Li, Zhigang Zou
Unique homo-heterojunction synergistic system consisting of stacked BiOCl nanoplate/Zn-Cr layered double hydroxide nanosheets promoting photocatalytic conversion of CO₂ into solar fuels
Chemical Communications 54(2018)5126-5129
53. Sanjeevi Jayakumar, He Li, Lin Tao, Chunzhi Li, Lina Liu, Jian Chen, Qihua Yang*
Cationic Zn-Porphyrin Immobilized in Mesoporous Silicas as Bifunctional Catalyst for CO₂ Cycloaddition Reaction under Cocatalyst Free Conditions
ACS Sustainable Chemistry & Engineering 6(2018)9237-9245
54. Xiaoyu Shi, Shuanghao Zheng, Zhongshuai Wu*, Xinhe Bao
Recent advances of graphene-based materials for high-performance and new-concept supercapacitors
Journal of Energy Chemistry 27(2018) 25-42

55. Jiao Zhao, Feng Rong, Yi Yao, Wenjun Fan, Mingrun Li, Qihua Yang*
Co NP/NC hollow nanoparticles derived from yolk-shell structured
ZIFs@polydopamine as bifunctional electrocatalysts for water oxidation and oxygen
reduction reactions
Journal of Energy Chemistry 27 (2018)1261-1267
56. Huanying Liu, Kaiyue Zhu, Yan Liu, Wenping Li, Lili Cai, Xuefeng Zhu,
Mojie Cheng, Weishen Yang*
Structure and electrochemical properties of cobalt-free perovskite cathode materials for
intermediate-temperature solid oxide fuel cells
Electro Chimica Acta 279(2018)224-230
57. Shuang Liu, Yong Li, Na Ta, Yan Zhou, Yongbin Wu, Mingrun Li, Shu Miao,
Wenjie Shen*
Fabrication of palladium-copper nanoparticles with controllable size and chemical
composition
Journal of Colloid and Interface Science 526(2018)201-206
58. Haiyang Su, Tingting Liu, Lin Huang, Jingyi Huang, Jing Cao, Hengquan Yang,
Jian Ye, Jian Liu, Kun Qian
Plasmonic Janus hybrids for the detection of small metabolites
Journal of Materials Chemistry B 6(2018)7280-7287
59. Jingfang He, Yanchun Liu, Wenling Chu, Weishen Yang*
Effect of V-containing precursors on the structure and catalytic performance of
Cs-substituted phosphomolybdates for isobutane oxidation
Applied Catalysis A-General 556(2018)104-112
60. Xingkun Chen, Wenlong Wang, Hejun Zhu*, Wenshao Yang, Yunjie Ding*
Pd₀-PyPPh₂@porous organic polymer: Efficient heterogeneous nanoparticle catalyst
for dehydrogenation of 3-methyl-2-cyclohexen-1-one without extra oxidants and
hydrogen acceptors
Molecular Catalysis 456(2018)49-56

61. Peng Wang, Yupei Zhao, Jian Liu
Versatile design and synthesis of mesoporous sulfonic acid catalysts
Science Bulletin 63(2018)252-266
62. Cong Liu, Hongqiang Shen, Muwang Chen, Yonggui Zhou*
C2 Symmetric Hindered “Sandwich” Chiral N-Heterocyclic Carbene Precursors and
Their Transition Metal Complexes: Expedient Syntheses, Structural Authentication,
and Catalytic Properties
Organometallics 37(2018)3756-3769
63. Fabian Kollhoff, Johannes Schneider, Gao Li, Sami Barkaoui, Wenjie Shen,
Thomas Berger, Oliver Diwald, Joerg Libuda
Anchoring of carboxyl-functionalized porphyrins on MgO, TiO₂, and Co₃O₄
nanoparticles
Physical Chemistry Chemical Physics 38(2018)24858-24868
64. Xiujie Li, Xiaofang Chen, Zhiqiang Yang, Xiangxue Zhu, Shutao Xu, Sujuan Xie,
Shenglin Liu, Xuebin Liu, Longya Xu*
Seed-assisted synthesis of FER/MOR composite zeolite and its specific catalytic
application in carbonylation reaction
Microporous and Mesoporous Materials 257(2018)79-84
65. Tongwen Yu, Yanchun Liu, Wenling Chu, Rui Cai, Weishen Yang*
One-step ionothermal synthesis of oriented molecular sieve corrosion-resistant
coatings
Microporous and Mesoporous Materials 265(2018)70-76
66. Kai Tie, Xiulian Pan*, Limin He, Pan Li, Tie Yu, Xinhe Bao*
Pd supported on NC@SiC as an efficient and stable catalyst for
4-carboxybenzaldehyde hydrogenation
Catalysis Communications 110(2018)79-82

67. Lili Wang, Xinxin Jin, Junhong Fu, Qike Jiang, Yan Xie, Jiahui Huang, Ling Xu
Mesoporous non-noble metal electrocatalyst derived from ZIF-67 and cobalt porphyrin
for the oxygen reduction in alkaline solution
Journal of Electroanalytical Chemistry 825(2018)65-72
68. Hua Jin, Yanshuo Li*, Weishen Yang*
Adsorption of Biomass-Derived Polyols onto Metal-Organic Frameworks from
Aqueous Solutions
Industrial & Engineering Chemistry Research 57(2018)11963-11969
69. Lei Ma, Li Yan*, Anhui Lu, Yunjie Ding*
Effect of Re promoter on the structure and catalytic performance of Ni-Re/Al₂O₃
catalysts for the reductive amination of monoethanolamine
RSC Advances 8(2018)8152-8163
70. Chuanyu Yang, Sujuan Xie, Hui Liu, Wenjie Xin, Chao Feng, Xiujie Li, Shenglin Liu,
Longya Xu*, Peng Zeng
IM-5 Zeolite Treated with Mixed Solution of NaOH and TPABr: Characterization and
Application for Alkylation of Benzene with Ethanol
Catalysis Letters 148(2018)2030-2041
71. Zheng Li¹, Fuxiang Zhang, Jingfeng Han, Jian Zhu, Mingrun Li, Bingqing Zhang,
Wenjun Fan, Junling Lu, Can Li*
Using Pd as a Cocatalyst on GaN-ZnO Solid Solution for Visible-Light-Driven Overall
Water Splitting
Catalysis Letters 148(2018)933-939
72. Yuxia Jiang, Donge Wang, Zhendong Pan, Huaijun Ma, Min Li, Jiahe Li, Anda Zheng,
Guang Lv, Zhijian Tian*
Microemulsion-mediated hydrothermal synthesis of flowerlike MoS₂ nanomaterials
with enhanced catalytic activities for anthracene hydrogenation
Frontiers of Chemical Science and Engineering 12(2018)32-42

73. Jieqiong Qin, Zhongshuai Wu*, Feng Zhou, Yanfeng Dong, Han Xiao, Shuanghao Zheng, Sen Wang, Xiaoyu Shi, Haibo Huang, Chenglin Sun, Xinhe Bao
Simplified fabrication of high areal capacitance all-solid-state micro-supercapacitors based on graphene and MnO₂ nanosheets
Chinese Chemical Letters 29(2018)582-586
74. Yajuan Hao, Yanfang Liu, Rui Yang, Xiaoming Zhang, Jian Liu, Hengquan Yang
A pH-responsive TiO₂-based Pickering emulsion system for in situ catalyst recycling
Chinese Chemical Letters 29(2018)778-782
75. Sajjad Ahmad, Xin Guo
Rapid development in two-dimensional layered perovskite materials and their application in solar cells
Chinese Chemical Letters 29(2018)657-663
76. Jun Mao, Yong Wang, Zhilong Zheng, Dehui Deng*
The rise of two-dimensional MoS₂ for catalysis
Frontiers of Physics 13(2018)138115-138118
77. Jinsuo Gao, Shouchun Wu, Feng Tan, Hao Tian, Jian Liu, G.Q. Max Lud
Nanoengineering of amino - functionalized mesoporous silica nanospheres as nanoreactors
Progress in Natural Science: Materials International 28(2018)242-245
78. Xiaoming Zhang, Jian Chen, Qihua Yang*
Synthesis of Silica Hollow Nanoreactors with Finely Engineered Inner/Outer Surface Properties
Chemistry Select 3(2018)544-549
79. Linchao Mu, Qiao Zhang, Xiaoping Tao, Yue Zhao, Shengyang Wang, Junyan Cui, Fengtao Fan, Can Li*
Photo-induced self-formation of dual-cocatalysts on semiconductor surface
Chinese Journal of Catalysis 39(2018)1730-1735

80. Yushuai Jia, Dan Zhao, Mingrun Li, Hongxian Han*, Can Li*
La and Cr Co-doped SrTiO₃ as an H-2 evolution photocatalyst for construction of a Z-scheme overall water splitting system
Chinese Journal of Catalysis 39(2018)421-430
81. Tiaoyun Zhou, Qing Yuan, Xiulian Pan*, Xinhe Bao
Growth of Cu/SSZ-13 on SiC for selective catalytic reduction of NO with NH₃
Chinese Journal of Catalysis 39(2018)71-78
82. Ping Fu, Xin Guo, Can Li*
Ionic Liquids Containing Different Halogen Anions as Cathode Interlayer for Inverted Polymer Solar Cells
Acta Polymerica Sinica 2(2018)266-272
83. 李存耀, 严丽, 汪文龙, 王玉清, 姜淼, 丁云杰*
基于氮&磷配体多孔有机聚合物材料的设计合成及其催化应用
高分子通报 6(2018)32-51
84. Sen Wang, Zhongshuai Wu*, Feng Zhou, Xiaoyu Shi, Shuanghao Zheng, Jieqiong Qin, Han Xiao, Chenglin Sun, Xinhe Bao
All-Solid-State High-Energy Planar Hybrid Micro-Supercapacitors based on 2D VN Nanosheets and Co(OH)₂ Nanoflowers
2D Materials and Applications 7(2018)1-7
85. Shaolong Jiang, Min Hong, Wei Wei, Liyun Zhao, Na Zhang, Zhepeng Zhang, Pengfei Yang, Nan Gao, Xiebo Zhou, Chunyu Xie, Jianping Shi, Yahuan Huan, Lianming Tong, Jijun Zhao, Qing Zhang, Qiang Fu, Yanfeng Zhang
Direct synthesis and in situ characterization of monolayer parallelogrammic rhenium diselenide on gold foil
Communications Chemistry 1(2018)(17-1)-(17-8)
86. Yu Qi, Yue Zhao, Yuying Gao, Deng Li, Zhen Li, Fuxiang Zhang, Can Li*
Redox-Based Visible-Light-Driven Z-Scheme Overall Water Splitting with Apparent Quantum Efficiency Exceeding 10%
Joule 2(2018)2393-2402

87. 王苹, 王从新, 吕广, 马怀军, 曲炜, 田志坚*
预成型合成 AlPO₄-34 分子筛
石油化工 47(2018)307-314
88. Jiangwei Zhang, Zhimin Li, Kai Zheng, Gao Li*
Synthesis and characterization of size-controlled atomically-precise gold clusters
Physical Sciences Reviews (2018)20170083
89. Wei Yu, Jinhui Zhang, Xuchao Wang, Xuan Liu, Dandan Tu, Jing Zhang, Xin Guo*,
Can Li*
A Dispiro-Type Fluorene-Indenofluorene-Centered Hole Transporting Material for
Efficient Planar Perovskite Solar Cells
Solar RRL 2(2018)1800048(1-7)
90. Chenyi Shao, Jingfeng Han, Guiji Liu, Zhiliang Wang, Yongle Zhao, Xu Zong*,
Can Li*
Fabrication of a Robust Tantalum Nitride Photoanode from a Flame-Heating-Derived
Compact Oxide Film
ChemPhotoChem 2(2018)249-256

二、催化表征和理论

91. Ruotian Chen, Fengtao Fan*, Thomas Dittrich*, Can Li*
Imaging photogenerated charge carriers on surfaces and interfaces of photocatalysts
with surface photovoltage microscopy
Chemical Society Reviews 47(2018)8238-8262
92. Chengcheng Yan, Haobo Li, Yifan Ye, Haihua Wu, Fan Cai, Rui Si, Jianping Xiao,
Shu Miao, Songhai Xie, Fan Yang, Yanshuo Li, Guoxiong Wang*, Xinhe Bao*
Coordinatively unsaturated nickel-nitrogen sites towards selective and high-rate CO₂
electroreduction
Energy & Environmental Science 11(2018)1204-1210

93. Yan Zhou, Chuanchuan Jin, Yong Li, Wenjie Shen*
Dynamic behavior of metal nanoparticles for catalysis
Nano Today 20(2018)101-120
94. Jinhu Dong, Qiang Fu*, Zheng Jiang, Bingbao Mei, Xinhe Bao*
Carbide supported Au catalysts for water gas shift reactions: a new territory for strong metal-support interaction effect
Journal of the American Chemical Society 140(2018)13808-13816
95. Sheng Ye, Chunmei Ding, Ruotian Chen, Fengtao Fan, Ping Fu, Heng Yin, Xiuli Wang, Zhiliang Wang, Pingwu Du, Can Li*
Mimicking the Key Functions of Photosystem II in Artificial Photosynthesis for Photoelectrocatalytic Water Splitting
Journal of the American Chemical Society 140(2018)3250-3256
96. Jinghua An, Yehong Wang, Jianmin Lu, Jian Zhang, Zhixin Zhang, Shutao Xu, Xiaoyan Liu, Tao Zhang, Martin Gocyla, Marc Heggen, Rafal E. Dunin-Borkowski, Paolo Fornasiero, Feng Wang*
Acid-Promoter-Free Ethylene Methoxycarbonylation over Ru-Clusters/Ceria: The Catalysis of Interfacial Lewis Acid-Base Pair
Journal of the American Chemical Society 140(2018)4172-4181
97. Chaofeng Zhang, Zhipeng Huang, Jianmin Lu, Nengchao Luo, Feng Wang*
Generation and Confinement of Long-Lived N-Oxyl Radical and Its photocatalysis
Journal of the American Chemical Society 140(2018)2032-2035
98. Ruotian Chen, Shan Pang, Hongyu An, Jian Zhu, Sheng Ye, Yuying Gao, Fengtao Fan*, Can Li*
Charge separation via asymmetric illumination in photocatalytic Cu₂O particles
Nano Energy 3(2018)655-663
99. Shunji Xie, Zebin Shen, Jiao Deng, Pu Guo, Qinghong Zhang, Haikun Zhang, Chao Ma, Zheng Jiang, Jun Cheng, Dehui Deng, Ye Wang*
Visible light-driven C-H activation and C-C coupling of methanol into ethylene glycol
Nature Communications 9(2018)1181

100. Chao Liu, Tao Li, Hadi Abroshan, Zhimin Li, Chen Zhang, Hyung J. Kim, Gao Li, Rongchao Jin
Chiral Ag₂₃ Nanocluster with Open Shell Electronic Structure and Helical Face-Centered Cubic Framework
Nature Communications (2018) 9:744
101. Xiaomei Wang, Hong Wang, Hefeng Zhang, Wei Yu, Xiuli Wang, Yue Zhao, Xu Zong*, Can Li*
Dynamic Interaction between Methylammonium Lead Iodide and TiO₂ Nanocrystals Leads to Enhanced Photocatalytic H₂ Evolution from HI Splitting
ACS Energy Letters 3(2018)1159-1164
102. Zheng Zhang, Jianping Xiao, Xue-Jiao Chen, Song Yu, Liang Yu, Rui Si, Yong Wang, Suheng Wang, Xianguang Meng, Ye Wang, Zhong-Qun Tian, Dehui Deng*
Reaction Mechanisms of Well - Defined Metal-N₄ Sites in Electrocatalytic CO₂ Reduction
Angewandte Chemie International Edition 57(2018)16339-16342
103. Xuejiao Wei, Bin Shao, Yan Zhou, Yong Li, Chuanchuan Jin, Jingyue Liu, Wenjie Shen*
Geometrical Structure of the Gold-Iron(III) Oxide Interfacial Perimeter for CO Oxidation
Angewandte Chemie International Edition 35(2018)11289-11293
104. Xuchao Wang, Jing Zhang, Shuwen Yu, Wei Yu, Ping Fu, Xuan Liu, Dandan Tu, Xin Guo*, Can Li*
Lowering Molecular Symmetry To Improve the Morphological Properties of the Hole-Transport Layer for Stable Perovskite Solar Cells
Angewandte Chemie International Edition 57(2018)12529-12533
105. Feng Jiao, Xiulian Pan*, Ke Gong, Yuxiang Chen, Gen Li, Xinhe Bao*
Shape-Selective Zeolites Promote Ethylene Formation from Syngas via a Ketene Intermediate
Angewandte Chemie International Edition 57(2018)4692-4696

106. Xiaowei Lu, Qunqing Hao, Mengjia Cen, Guanhua Zhang, Julong Sun, Libang Mao, Tun Cao*, Chuanyao Zhou*, Peng Jiang*, Xueming Yang, Xinhe Bao*
Observation and Manipulation of Visible Edge Plasmons in Bi₂Te₃ Nanoplates
Nano Letters 18(2018)2879-2884
107. Dunfeng Gao, Hu Zhou, Fan Cai, Jianguo Wang, Guoxiong Wang*, Xinhe Bao*
Pd-Containing Nanostructures for Electrochemical CO₂ Reduction Reaction
ACS Catalysis 8(2018)1510-1519
108. Hongyu An, Fei Zhang, Zaihong Guan, Xuebin Liu, Fengtao Fan*, Can Li*
Investigating the Coke Formation Mechanism of H-ZSM-5 during Methanol Dehydration Using Operando UV-Raman Spectroscopy
ACS Catalysis 8(2018)9207-9215
109. Zhixin Zhang, Yehong Wang, Jianmin Lu, Jian Zhang, Mingrun Li, Xuebin Liu, Feng Wang*
Pr-Doped CeO₂ Catalyst in the Prins Condensation-Hydrolysis Reaction: Are All of the Defect Sites Catalytically Active?
ACS Catalysis 8(2018)2635-2644
110. Ziang Zhao, Wei Lu, Ruouo Yang, Hejun Zhu*, Wenda Dong, Fanfei Sun, Zheng Jiang*, Yuan Lyu, Tao Liu, Hong Du, Yunjie Ding*
Insight into the Formation of Co@Co₂C Catalysts for Direct Synthesis of Higher Alcohols and Olefins from Syngas
ACS Catalysis 8(2018)228-241
111. Taifeng Liu, Viswanath Pasumarthi, Christine LaPorte, Zhaochi Feng, Qiuye Li, Jianjun Yang, Can Li*, Michel Dupuis
Bimodal hole transport in bulk BiVO₄ from computation
Journal of Materials Chemistry A 6(2018)3714-3723
112. Mingpan Cheng, Yu Cheng, Jingya Hao, Guoqing Jia, Jun Zhou, Jean-Louis Mergny*, Can Li*
Loop permutation affects the topology and stability of G-quadruplexes
Nucleic Acids Research 46(2018)9264-9275

113. Dong Xiao, Shutao Xu, Nick J. Brownbill, Subhradip Paul, Lihua Chen, Shane Pawsey, Fabien Aussenac, Baolian Su, Xi Xiuwen Han, Xinhe Bao, Zhongmin Liu, Frédéric Blanc*
Fast Detection and Structural Identification of Carbocations on Zeolites by Dynamic Nuclear Polarization Enhanced Solid-State NMR
Chemical Science 9(2018)8184-8193
114. Haiwei Guo, Daniel M. Miles-Barrett, Andrew R. Neal, Tao Zhang, Changzhi Li*, Nicholas J. Westwood
Unravelling the enigma of ligninOX: can the oxidation of lignin be controlled?
Chemical Science 9(2018)702-711
115. Qingfei Liu, Nannan Han, Shengbai Zhang, Jijun Zhao, Fan Yang, Xinhe Bao*
Tuning the structures of two-dimensional cuprous oxide confined on Au(111)
Nano Research 11(2018)5957-5967
116. Mengmeng Sun, Jinchao Dong, Yang Lv, Siqin Zhao, Caixia Meng, Yujiang Song, Guoxiong Wang, Jianfeng Li, Qiang Fu, Zhongqun Tian, Xinhe Bao*
Pt@h-BN core-shell fuel cell electrocatalysts with electrocatalysis confined under outer shells
Nano Research 11(2018)3490-3498
117. Yuanli Hu, Mingrun Li, Guangjin Hou, Shutao Xu, Ke Gong, Xianchun Liu, Xi Xiuwen Han, Xiulian Pan, Xinhe Bao*
The role of water in methane adsorption and diffusion within nanoporous silica investigated by hyperpolarized Xe-129 and H-1 PFG NMR spectroscopy
Nano Research 11(2018)360-369
118. Zhonghai Ji, Houfu Lv, Xiulian Pan, Xinhe Bao*
Enhanced ethylene selectivity and stability of Mo/ZSM5 upon modification with phosphorus in ethane dehydrogenation
Journal of Catalysis 361(2018)94-104

119. Hongyu An, Zheng Chen, Jingxiu Yang, Zhaochi Feng, Xiuli Wang, Fengtao Fan*, Can Li*
An Operando-Raman study on oxygen evolution of manganese oxides: Roles of phase composition and amorphization
Journal of Catalysis 367(2018)53-61
120. Zhimin Li, Weili Li, Hadi Abroshan, Qingjie Ge, Yang Zhou, Chaolei Zhang, Gao Li*, Rongchao Jin
Dual effects of water vapor on ceria-supported gold clusters
Nanoscale 10(2018)6558-6565
121. Mi Zhou, Min Tang, Shuiming Li, Li Peng, Haojun Huang, Qihua Fang, Zhao Liu, Peng Xie*, Gao Li*, Jian Zhou*
Effective lock-in strategy for proteomic analysis of corona complexes bound to amino-free ligands of gold nanoparticles
Nanoscale 10(2018)12413-12423
122. Yuxing Xu, Ailong Li, Tingting Yao, Changtong Ma, Xianwen Zhang, Jafar Hussain Shah, Hongxian Han*
Strategies for Efficient Charge Separation and Transfer in Artificial Photosynthesis of Solar Fuels
ChemSusChem 10(2018)4277-4305
123. Dandan Tu, Xuan Liu, Jing Zhang, Qing Yang, Shuwen Yu, Xin Guo*, Can Li*
Bandgap Engineering of Dual Acceptor-Containing Naphthalene Diimide Polymers for All-Polymer Solar Cells
ACS Sustainable Chemistry & Engineering 6(2018)16005-16010
124. Xiaowei Lu, Omar Khatib, Xutao Du, Jiahua Duan, Wei Wei, Xianli Liu, Hans A. Bechtel, Fausto D'Apuzzo, Mingtao Yan, Alexander Buyanin, Qiang Fu, Jianing Chen, Miquel Salmeron, Jie Zeng*, Markus B. Raschke*, Peng Jiang*, Xinhe Bao*
Nanoimaging of Electronic Heterogeneity in Bi₂Se₃ and Sb₂Te₃ Nanocrystals
Advanced electronic materials 4(2018)(1700377-1)-(1700377-8)

125. Xiaohua Ju, Fuping Tian, Yanli Wang, Fengtao Fan, Zhaochi Feng*, Can Li *
A novel synthetic strategy of Fe-ZSM-35 with pure framework Fe species and its formation mechanism
Inorganic Chemistry Frontiers 5(2018)2031-2037
126. Xiaoli Yang, Xiong Su, Binglian Liang, Yaru Zhang, Hongmin Duan, Junguo Ma, Yanqiang Huang*, Tao Zhang
The influence of alkali-treated zeolite on the oxide-zeolite syngas conversion process
Catalysis Science & Technology 8(2018)4338-4348
127. Shichao Liao, Jingying Shi, Chunmei Ding, Mingyao Liu, Fengqiang Xiong, Nan Wang, Jian Chen, Can Li*
Photoelectrochemical regeneration of all vanadium redox species for construction of a solar rechargeable flow cell
Journal of Energy Chemistry 27(2018)278-282
128. Xiuli Wang, Can Li*
Roles of Phase-Junction in Photocatalysis and Photoelectrocatalysis
Journal of Physical Chemistry C 122(2018)21083-21096
129. Qingfei Liu, Yanxiao Ning, Wugen Huang, Qiang Fu, Fan Yang*, Xinhe Bao
Origin of the Thickness-Dependent Oxidation of Ultrathin Cu Films on Au(111)
Journal of Physical Chemistry C 122(2018)8364-8372
130. Min Hong, Pengfei Yang, Xiebo Zhou, Siqin Zhao, Chunyu Xie, Jianping Shi, Zhepeng Zhang, Qiang Fu, Yanfeng Zhang*
Decoupling the Interaction between Wet-Transferred MoS₂ and Graphite Substrate by an Interfacial Water Layer
Advanced Materials Interfaces 21(2018) (1800641-1)-(1800641-8)
131. Jianwei Ji, Haiwei Guo, Changzhi Li*, Zaojuan Qi, Bo Zhang, Tao Dai, Min Jiang, Chuanqing Ren, Aiqin Wang, Tao Zhang*
Tungsten-based Bimetallic Catalysts for Selective Cleavage of Lignin C-O Bonds
ChemCatChem 10(2018)415-421

132. Cen Zhang, Ping Li, Xinyi Liu, Tiefeng Liu, Zongxuan Jiang*, Can Li*
Morphology-performance relation of (Co)MoS₂ catalysts in the hydrodesulfurization of FCC gasoline
Applied Catalysis A-General 556(2018)20-28
133. Caixia Meng, Yifan Li, Hao Wu, Wei Wei, Yanxiao Ning, Yi Cui, Qiang Fu*, Xinhe Bao
Structural transformation of h-BN overlayers on Pt(111) in oxidative atmospheres
Physical Chemistry Chemical Physics 20(2018)11013-11020
134. Xuejun Xu, Qiang Fu*, Lin Gan, Jing Zhu, Xinhe Bao*
Interface-Confined FeOx Adlayers Induced by Metal Support Interaction in Pt/FeOx Catalysts
Journal of Physical Chemistry B 122(2018)984-990
135. Shuang Kong, Tianmin Wu, Wei Zhuang*, Peng Jiang*, Xinhe Bao*
Realizing p-Type MoS₂ with Enhanced Thermoelectric Performance by Embedding VMo₂S₄ Nanoinclusions
Journal of Physical Chemistry B 122(2018)713-720
136. Tingyu Huang, Peifang Yan, Zhanwei Xu, Xiumei Liu, Qin Xin, Haitao Liu, Z. Conrad Zhang*
Structural Dependence and Spectroscopic Evidence of Methane Dissolution in Ionic Liquids
Journal of Physical Chemistry B 122(2018)6007-6016
137. Wei Wei, Jie Meng, Caixia Meng, Yanxiao Ning, Qunxiang Li, Qiang Fu, Xinhe Bao*
Abnormal growth kinetics of h-BN epitaxial monolayer on Ru(0001) enhanced by subsurface Ar species
Applied Physics Letters 112(2018)(171601-1)-(171601-5)

138. Mingpan Cheng, Jingya Hao, Yinghao Li, Yu Cheng, Guoqing Jia, Jun Zhou, Can Li*
Probing the interaction of copper cofactor and azachalcone substrate with
G-quadruplex of DNA based Diels-Alderase by site-specific fluorescence quenching
titration
Biochimie 146(2018)20-27
139. Yuxing Xu, Taifeng Liu, Heng Yin, Tingting Yao, Xiuli Wang, Hongxian Han*,
Can Li*
Simultaneous two-electron transfer from photoirradiated semiconductor to molecular
catalyst
Journal of photochemistry and photobiology b-biology 355(2018)332-337
140. Yu Cheng, Mingpan Cheng, Jingya Hao, Guoqing Jia, Can Li*
Fluorescence Spectroscopic Insight into the Supramolecular Interactions in
DNA-Based Enantioselective Sulfoxidation
ChemBioChem 19(2018)233-2240
141. Yang Luo, Hong Ma*, Yuxia Sun, Penghua Che, Xin Nie, Tianlong Wang, Jie Xu*
Understanding and Measurement for the Binding Energy of Hydrogen bonds of
Biomass-Derived Hydroxyl Compounds
Journal of physical chemistry A 122(2018)843-848
142. Qinglong Meng, Hengchang Liua, Zhiwei Huang, Shuang Kong, Peng Jiang*,
Xinhe Bao*
Tailoring thermal conductivity of bulk graphene oxide by tuning the oxidation degree
Chinese Chemical Letters 29(2018)711-715
143. Beibei Dong, Taifeng Liu, Can Li, Fuxiang Zhang*
Species, engineering and characterizations of defects in TiO₂-based photocatalyst
Chinese Chemical Letters 29(2018)671-680

144. Mengmeng Sun, Yang Lv, Yujiang Song, Hao Wu, Guoxiong Wang, Hong Zhang, Mingshu Chen, Qiang Fu , Xinhe Bao*
CO-tolerant PtRu@h-BN/C core-shell electrocatalysts for proton exchange membrane fuel cells
Applied Surface Science 450(2018)244-250
145. Lingyu Wan, Dishu Zhao, Fangze Wang, Gu Xu, Tao Lin, Chin Che Tin, Zhaochi Feng, Zhechuan Feng
Quality evaluation of homopetaxial 4H-SiC thin films by a Raman scattering study of forbidden modes
Optical Materials Express 8(2018)119-127
146. Fang Guan, Xiaomin Zhang, Yuefeng Song, Yingjie Zhou, Guoxiong Wang*, Xinhe Bao
Effect of $\text{Gd}_{0.2}\text{Ce}_{0.8}\text{O}_{1.9}$ nanoparticles on the oxygen evolution reaction of $\text{La}_{0.6}\text{Sr}_{0.4}\text{Co}_{0.2}\text{Fe}_{0.8}\text{O}_{3-\delta}$ anode in solid oxide electrolysis cell
Chinese Journal of Catalysis 39(2018)1484-1492
147. Shengyang Wang, Bin Zeng, Can Li*
Effects of Au nanoparticle size and metal-support interaction on plasmon-induced photocatalytic water oxidation
Chinese Journal of Catalysis 39(2018)1219-1227
148. Qiang Fu
Field effect modulation of surface catalysis over back-gated nanosheets
Acta Physico-Chimica Sinica 34(2018)233-234
149. Xinfei Zhao, Hao Chen, Hao Wu, Rui Wang, Yi Cui, Qiang Fu, Fan Yang *, Xinhe Bao
Growth of Ordered ZnO Structures on Au(111) and Cu(111)
Acta Physico-Chimica Sinica 34(2018)1373-1380
150. Bin Shao, Junying Zhang, Jiahui Huang, Botao Qiao, Yang Su, Shu Miao
Size-Dependency of Gold Nanoparticles on TiO_2 for CO Oxidation
Small Methods 3(2018)1-7

151. Qiang Liu, Yong Han, Yunjun Cao, Xiaobao Li, Wugen Huang, Yi Yu, Fan Yang, Xinhe Bao, Yimin Li *, Zhi Liu*
In-situ APXPS and STM Study of the Activation of H₂ on ZnO(10 $\bar{1}$ 0)over-bar0)
Surface Acta Physico-Chimica Sinica 34(2018)1366-1372
152. Jingqi Guan, Zhiyao Duan, Fuxiang Zhang, Shelly D. Kelly, Rui Si, Michel Dupuis, Qinge Huang, John Qianjun Chen, Chunhua Tang and Can Li*
Water oxidation on a mononuclear manganese heterogeneous catalyst
Nature Catalysis 1(2018)870-877
153. Shanshan Chen, Yu Qi, Can Li, Kazunari Domen, Fuxiang Zhang
Surface strategies for particulate photocatalysts toward artificial photosynthesis
Joule 2(2018)2260-2288

三、催化反应

154. Doudou Zhang, Jingying Shi*, Yu Qi, Xiaomei Wang, Hong Wang, Mingrun Li, Shengzhong Liu*, Can Li*
Quasi-Amorphous Metallic Nickel Nanopowder as an Efficient and Durable Electrocatalyst for Alkaline Hydrogen Evolution
Advanced Science 5(2018)1801216
155. Ying Wang, Zizhong Zhang, Lina Zhang, Zhongbin Luo, Jinni Shen, Huaxiang Lin, Jinlin Long, Jeffrey C. S. Wu, Xianzhi Fu, Xuxu Wang, Can Li*
Visible-Light Driven Overall Conversion of CO₂ and H₂O to CH₄ and O₂ on 3D-SiC@2D-MoS₂ Heterostructure
Journal of the American Chemical Society 140(2018)14595-14598
156. Lingyun Jiang, Lipeng Zhou, Jinyu Chao, Huiting Zhao, Tianliang Lu, Yunlai Su, Xiaomei Yang*, Jie Xu
Direct catalytic conversion of carbohydrates to methyl levulinate: Synergy of solid Brønsted acid and Lewis acid
Applied Catalysis B- Environmental 220(2018)589-596

157. Jifeng Pang, Mingyuan Zheng*, Xinsheng Lia, Yu Jiang, Yu Zhao, Aiqin Wang, Junhu Wang, Xiaodong Wang, Tao Zhang*
 Selective conversion of concentrated glucose to 1,2-propylene glycol and ethylene glycol by using RuSn/AC catalysts
Applied Catalysis B- Environmental 239(2018)300-308
158. Michael Craven, Dong Xiao, Casper Kunstmann-Olsen, Elena F.Kozhevnikova, Frédéric Blanc, Alexander Steiner, Ivan V.Kozhevnikov, Xinhe Bao*
 Oxidative desulfurization of diesel fuel catalyzed by polyoxometalate immobilized on phosphazene-functionalized silica
Applied Catalysis B- Environmental 231(2018)82-91
159. Xiaoju Cui, Haobo Li, Yan Wang, Yuanli Hu, Lei Hua, Haiyang Li, Xiuwen Han, Qingfei Liu, Fan Yang, Limin He, Xiaoqi Chen, Qingyun Li, Jianping Xiao, Dehui Deng*, Xinhe Bao*
 Room-Temperature Methane Conversion by Graphene-Confined Single Iron Atoms
Chem 4(2018)1902-1910
160. Yingjie Zhou, Zhiwen Zhou, Yuefeng Song, Xiaomin Zhang, Fang Guan, Houfu Lv, Qingxue Liu, Shu Miao, Guoxiong Wang*, Xinhe Bao*
 Enhancing CO₂ electrolysis performance with vanadium-doped perovskite cathode in solid oxide electrolysis cell
Nano Energy 50(2018)43-51
161. Wei Yu, Shuwen Yu, Jing Zhang, Wensheng Liang, Xiuli Wang, Xin Guo*, Can Li*
 Two-in-one additive-engineering strategy for improved air stability of planar perovskite solar cells
Nano Energy 45(2018)229-235
162. Guangshou Feng, Muwang Chen, Lei Shi*, Yonggui Zhou*
 Facile Synthesis of Chiral Cyclic Ureas through Hydrogenation of 2-Hydroxypyrimidine/Pyrimidin-2(1H)-one Tautomers
Angewandte Chemie International Edition 57(2018)5853-5857

163. Zhigang Geng, Xiangdong Kong, Weiwei Chen, Hongyang Su, Yan Liu, Fan Cai, Guoxiong Wang*, Jie Zeng*
Oxygen Vacancies in ZnO Nanosheets Enhance CO₂ Electrochemical Reduction to CO
Angewandte Chemie International Edition 57(2018)6054-6059
164. Jinghua An, Yehong Wang, Zhixin Zhang, Zhitong Zhao, Jian Zhang, Feng Wang*
The Synthesis of Quinazolinones from Olefins, CO, and Amines over a Heterogeneous Ru-clusters/Ceria Catalyst
Angewandte Chemie International Edition 57(2018)12308-12312
165. Weiguang Ma, Hong Wang, Wei Yu, Xiaomei Wang, Zhiqiang Xu, Xu Zong*, Can Li*
Achieving Simultaneous CO₂ and H₂S Conversion via a Coupled Solar-Driven Electrochemical Approach on Non-Precious-Metal Catalysts
Angewandte Chemie International Edition 57(2018) 3473-3477
166. Bao Zhang, Jun Li, Lin Guo, Zhenpan Chen, Can Li*
Photothermally promoted cleavage of β -1,4-glycosidic bonds of cellulosic biomass on Ir/HY catalyst under mild conditions
Applied Catalysis B-Environmental 237(2018)660-664
167. Wengang Guo, Xianghui Liu, Yan Liu*, Can Li*
Chiral Catalysis at the Water/Oil Interface
ACS Catalysis 8(2018)328-341
168. Miao Guo, Juan Peng, Qihua Yang*, Can Li*
Highly Active and Selective RuPd Bimetallic NPs for the Cleavage of the Diphenyl Ether C-O Bond
ACS Catalysis 8(2018)11174-11183
169. Tianliang Lu, Junpeng Zou, Yuzhong Zhan, Xiaomei Yang, Yiqiang Wen, Xiangyu Wang, Lipeng Zhou*, Jie Xu
Highly Efficient Oxidation of Ethyl Lactate to Ethyl Pyruvate Catalyzed by TS-1 Under Mild Conditions
ACS Catalysis 8(2018)1287-1296

170. Meng Liu, Song Shi*, Li Zhao, Min Wang, Guozhi Zhu,, Xi Zheng, Jin Gao, Jie Xu*
Effective Utilization of in Situ Generated Hydroperoxide by a Co-SiO₂@Ti-Si
Core-Shell Catalyst in the Oxidation Reactions
ACS Catalysis 8(2018)683-691
171. Min Wang, Xiaochen Zhang, Hongji Li, Jianmin Lu, Meijiang Liu, Feng Wang*
Carbon Modification of Nickel Catalyst for Depolymerization of Oxidized Lignin to
Aromatics
ACS Catalysis 8(2018)1614-1620
172. Min Wang, Meijiang Liu, Hongji Li, Zhitong Zhao, Xiaochen Zhang, Feng Wang*
Dealkylation of Lignin to Phenol via Oxidation-Hydrogenation Strategy
ACS Catalysis 8(2018)6837-6843
173. Miao Guo, He Li, Yiqi Ren, Xiaomin Ren, Qihua Yang*, Can Li*
Improving Catalytic Hydrogenation Performance of Pd Nanoparticles by Electronic
Modulation Using Phosphine Ligands
ACS Catalysis 8(2018)6476-6485
174. Xiaomei Wang, Weiguang Ma, Chunmei Ding, Zhiqiang Xu, Hong Wang, Xu Zong*,
Can Li*
Amorphous Multi-elements Electrocatalysts with Tunable Bifunctionality towards
Overall Water Splitting
ACS Catalysis 8(2018)9926-9935
175. Min Wang, Jiping Ma, Huifang Liu, Nengchao Luo, Zhitong Zhao, Feng Wang*
Sustainable Productions of Organic Acids and Their Derivatives from Biomass via
Selective Oxidative Cleavage of C-C Bond
ACS Catalysis 8(2018)2129-2165
176. Wengang Guo, Lu Li, Qian Ding, Xiangfeng Lin, Xianghui Liu, Kai Wang, Yan Liu*,
Hongjun Fan*, Can Li*
Synthesis of Chiral Trispirocyclic Oxindoles via Organic-Base/Au(I)-Catalyzed
Sequential Reactions
ACS Catalysis 8(2018)10180-10189

177. Zhitong Zhao, Katie Chong, Jingyang Jiang, Karen Wilson, Xiaochen Zhang, Feng Wang*
Low-carbon roadmap of chemical production: A case study of ethylene in China
Renewable and Sustainable Energy Reviews 97(2018)580-591
178. Cunyao Li, Wenlong Wang, Li Yan, Yunjie Ding*
A mini review on strategies for heterogenization of rhodium-based hydroformylation catalysts
Frontiers of Chemical Science and Engineering 12(2018)113-123
179. Liaoyuan Mao, Yanxin Li, Z. Conrad Zhang*
Upgrading of derived pyrolysis vapors for the production of biofuels from corncobs
Frontiers of Chemical Science and Engineering 12(2018)50-58
180. Shengmei Lu, Zhijun Wang, Jijie Wang, Jun Li, Can Li*
Hydrogen generation from formic acid decomposition on a highly efficient iridium catalyst bearing a diaminoglyoxime ligand
Green Chemistry 20(2018)1835-1840
181. Fei Liu, Qiaoyun Liu, Jinming Xu, Lei Li, Yitao Cui, Rui Lang, Lin Li, Yang Su, Shu Miao, Hui Sun, Botao Qiao*, Aiqin Wang*, Francois Jérôme*, Tao Zhang
Catalytic cascade conversion of furfural to 1,4-pentanediol in a single reactor
Green Chemistry 20(2018)1770-1776
182. Jian Chen, Mingmei Zhong, Lin Tao, Lina Liu, Sanjeevi Jayakumar, Chunzhi Li, He Li*, Qihua Yang*
The cooperation of porphyrin-based porous polymer and thermal-responsive ionic liquid for efficient CO₂ cycloaddition reaction
Green Chemistry 20(2018)903-911
183. Penghua Che, Fang Lu*, Xiaoqin Si, Hong Ma, Xin Nie, Jie Xu *
A strategy of ketalization for the catalytic selective dehydration of biomass-based polyols over H-beta zeolite
Green Chemistry 20(2018)634-640

184. Li Zhao, Song Shi*, Meng Liu, Guozhi Zhu, Min Wang, Wenqiang Du, Jin Gao, Jie Xu *
Covalent triazine framework catalytic oxidative cleavage of lignin models and organosolv lignin
Green Chemistry 20(2018)1270-1279
185. Yongming Xu, Xiuquan Jia, Jiping Ma*, Jin Gao, Fei Xia, Xiaofang Li, Jie Xu*
Selective synthesis of 2,5-bis(aminomethyl)furan via enhancing the catalytic dehydration-hydrogenation of 2,5-diformylfuran dioxime
Green Chemistry 20(2018)2697-2701
186. Chaojun Yang, Zhili Miao, Fan Zhang, Lin Li, Yanting Liu, Aiqin Wang*, Tao Zhang*
Hydrogenolysis of methyl glycolate to ethanol over a Pt-Cu/SiO₂ single-atom alloy catalyst: a further step from cellulose to ethanol
Green Chemistry 20(2018)2142-2150
187. Rui Lu, Fang Lu*, Xiaoqin Si, Huifang Jiang, Qianqian Huang, Weiqiang Yu, Xiangtao Kong, Jie Xu*
Production of Plant Phthalate and its Hydrogenated Derivative from Bio-Based Platform Chemicals
ChemSusChem 11(2018)1621-1627
188. Xiaomin Zhang, Yuefeng Song, Fang Guan, Yingjie Zhou, Houfu Lv, Guoxiong Wang, Xinhe Bao*
Enhancing electrocatalytic CO₂ reduction in solid oxide electrolysis cell with Ce_{0.9}Mn_{0.1}O₂-delta nanoparticles-modified LSCM-GDC cathode
Journal of Catalysis 359(2018)8-16
189. Yuqing Wang, Li Yan, Cunyao Li, Miao Jiang, Ziang Zhao, Guangjin Hou, Yunjie Ding*
Heterogeneous Rh/CPOL-BP&P(OPh)₃ catalysts for hydroformylation of 1-butene: The formation and evolution of the active species
Journal of Catalysis 368(2018)197-206

190. Zhiyong Wen, Zhimin Li, Qingjie Ge, Yang Zhou, Jian Sun, Gao Li*
Robust nickel cluster@Mes-HZSM-5 composite nanostructure with enhanced catalytic activity in the DTG reaction
Journal of Catalysis 363(2018)26-33
191. Ziang Zhao, Wei Lu, Hejun Zhu, Wenda Dong, Yuan Ly, Tao Liu, Xingkun Chen, Yuqing Wang, Yunjie Ding*
Tuning the Fischer-Tropsch reaction over CoxMnyLa/AC catalysts toward alcohols: Effects of La promotion
Journal of Catalysis 361(2018)156-167
192. Xiaomin Zhang, Yuefeng Song, Fang Guan, Yingjie Zhou, Houfu Lv, Qingxue Liu, Guoxiong Wang, Xinhao Bao*
(La_{0.75}Sr_{0.25})_{0.95}(Cr_{0.5}Mn_{0.5})O_{3-δ}-Ce_{0.8}Gd_{0.2}O_{1.9} scaffolded composite cathode for high temperature CO₂ electroreduction in solid oxide electrolysis cell
Journal of Power Sources 400(2018)104-113
193. Zhong Yan, Huanping Xie, Hongqiang Shen, Yonggui Zhou*
Ruthenium-Catalyzed Hydrogenation of Carbocyclic Aromatic Amines: Access to Chiral Exocyclic Amines
Organic letters 20(2018)1094-1097
194. Guangshou Feng, Lei Shi*, Fanjie Meng, Muwang Chen, Yonggui Zhou*
Iridium-Catalyzed Asymmetric Hydrogenation of 4,6-Disubstituted 2-Hydroxypyrimidines
Organic letters 20(2018)6415-6419
195. Yun Cao, Zhigang Geng, Weiwei Chen, Fan Cai, Guoxiong Wang*, Zhengfei Wang, Jie Zeng*
Introduction of carbon-boron atomic groups as an efficient strategy to boost formic acid production toward CO₂ electrochemical reduction
Chemical Communications 54(2018)3367-3370

196. Junhao Yang, Xiulian Pan*, Feng Jiao, Jian Li, Xinhe Bao*
Direct Conversion of Syngas to Aromatics
Chemical Communications 53(2018)11146-11149
197. Kumaraswamy Paridala, Shengmei Lu, Mengmeng Wang, Can Li
Tandem one-pot CO₂ reduction by PMHS and silyloxycarbonylation of aryl/vinyl
halides to access carboxylic acids
Chemical Communications 54(2018)11574-11577
198. Hongji Li, Min Wang, Huifang Liu,, Nengchao Luo,, Jianmin Lu, Chaofeng Zhang,
Feng Wang*
NH₂OH-Mediated Lignin Conversion to Isoxazole and Nitrile
ACS Sustainable Chemistry & Engineering 6(2018)3748-3753
199. Xiaofang Li, Jiping Ma,*, Xiuquan Jia, Fei Xia,, Yizheng Huang, Yongming Xu,
Jie Xu*
Al-Doping Promoted Aerobic Amidation of 5-Hydroxymethylfurfural to
2,5-Furandicarboxamide over Cryptomelane
ACS Sustainable Chemistry & Engineering 6(2018)8048-8054
200. Yongming Xu, Xiuquan Jia, Jiping Ma*, Jin Gao, Fei Xia, Xiaofang Li, Jie Xu*
Efficient Synthesis of 2,5-Dicyanofuran from Biomass-Derived 2,5-Diformylfuran via
an Oximation-Dehydration Strategy
ACS Sustainable Chemistry & Engineering 6(2018)2888-2892
201. Bo Song, Muwang Chen, Yonggui Zhou*
Synthesis of chiral sultams with two adjacent stereocenters via palladium-catalyzed
dynamic kinetic resolution
Organic Chemistry Frontiers 5(2018)1113-1117
202. Hongqiang Shen, Cong Liu, Ji Zhou, Yonggui Zhou*
Enantioselective palladium-catalyzed C-H functionalization of pyrroles using an
axially chiral 2,2'-bipyridine ligand
Organic Chemistry Frontiers 5(2018)611-614

203. Changbin Yu, Jie Wang, Yonggui Zhou*
Facile synthesis of chiral indolines through asymmetric hydrogenation of in situ generated indoles
Organic Chemistry Frontiers 5(2018)2805-2809
204. Zheng Gu, Ji Zhou, Guofang Jiang*, Yonggui Zhou*
Synthesis of chiral γ -aminophosphonates through the organocatalytic hydrophosphonylation of azadienes with phosphites
Organic Chemistry Frontiers 5(2018)1148-1151
205. Shubo Hu, Xiaoyong Zhai, Hongqiang Shen, Yonggui Zhou*
Iridium-catalyzed Asymmetric Hydrogenation of Polycyclic Pyrrolo/Indolo[1,2-a]quinoxalines and Phenanthridines
Advanced synthesis & catalysis 360(2018)1334-1339
206. Meng Ma, Ensheng Zhan, Xiumin Huang, Na Ta, Zhiping Xiong, Luyi Bai, Wenjie Shen*
Carbonylation of dimethyl ether over Co-HMOR
Catalysis Science & Technology 8(2018)2124-2130
207. Yanchun Liu, Jingfang He, Wenling Chu, Weishen Yang*
Polyoxometalate catalysts with co-substituted VO²⁺ and transition metals and their catalytic performance for the oxidation of isobutene
Catalysis Science & Technology 8(2018)5774-5781
208. Songyan Jia*, Xinjun He, Jiao Ma, Kangjun Wang, Zhanwei Xu, Z. Conrad Zhang *
Efficient synthesis of 5-hydroxymethylfurfural from mannose with a reusable MCM-41-supported tin catalyst
Catalysis Science & Technology 8(2018)5526-5534
209. Yaping Lin, Pan Li, Tingting Cui, Xiulian Pan, Xinhe Bao*
Modulating the CO methanation activity of Ni catalyst by nitrogen doped carbon
Journal of Energy Chemistry 27(2018)898-902

210. Yuxia Sun, Hong Ma,* Yang Luo, Shujing Zhang, Jin Gao, Jie Xu*
Activation of Molecular Oxygen Using Durable Cobalt
Encapsulated with Nitrogen-Doped Graphitic Carbon Shells for
Aerobic Oxidation of Lignin-Derived Alcohols"
Chemistry-A European Journal 24(2018)4653-4661
211. Ailong Li, Yimeng Sun, Tingting Yao*, Hongxian Han*
Earth-Abundant Transition-Metal Based Electrocatalysts for Water Electrolysis to
Produce Renewable Hydrogen
Chemistry-A European Journal 24(2018)18334-18355
212. Wenling Chu, Yanchun Liu, Hongkui Wang, Rui Cai, Weishen Yang*
Highly Efficient Removal of CO in Effluent Streams from Real-Life Propane
Oxidation Process over CuO-CeO₂-Based Catalysts
ChemCatChem 10(2018)4292-4299
213. Cameron-Alexander Hurd Price, Laura Pastor-Pérez, Tomas Ramirez Reina, Jian Liu
Robust mesoporous bimetallic yolk-shell catalysts for chemical CO₂ upgrading via dry
reforming of methane
Reaction Chemistry & Engineering 3(2018)33538-33546
214. Yuqing Wang, Li Yan*, Cunyao Li, Miao Jiang, Wenlong Wang, Yunjie Ding
Highly efficient porous organic copolymer supported Rh catalysts for heterogeneous
hydroformylation of butenes
Applied Catalysis A-General 551(2018)98-105
215. Xiaoyong Zhai, Shubo Hu, Lei Shi, Yonggui Zhou*
Synthesis of Poly(silyl ethers) via Iridium-Catalyzed Dehydrocoupling Polymerization
Organometallics 37(2018)2342-2347
216. Wei Wang, Yan Xie, Shaohua Zhang, Xing Liu, Masatake Haruta, Jiahui Huang
Selective Hydrogenation of Cinnamaldehyde Catalyzed by ZnO-Fe₂O₃ Mixed Oxide
Supported Gold Nanocatalysts
Catalysts 8(2018)60(1-13)

217. Songyan Jia*, Xinjun He, Jiao Ma, Zhanwei Xu, Kangjun Wang, Z. Conrad Zhang*
Phosphorus pentoxide/metal chloride mediated efficient and facile catalytic conversion
of fructose into 5-hydroxymethylfurfural
RSC Advances 8(2018)32533-32537
218. Guomei Zhang, Ruru Wang, Gao Li*
Non-metallic gold nanoclusters for oxygen activation and aerobic oxidation
Chinese Chemical Letters 29(2018)687-693
219. Qianqian Huang, Weiqiang Yu,* Xiaolin Luo, Jin Gao, Jie Xu*
C- C Bonds Cleavage of Biomass-Derived Glycerol to Methane and Ethylene Glycol
in Aqueous Phase Over Highly Dispersed Ru-Based Catalysts
Asian Journal of Organic Chemistry 7(2018)2039-2044
220. Leilei Hou, Wenqiang Du, Minjie Qu*, Xinhong Wang, Shuwei Wang, Song Shi,
Ying Sun, Jin Gao, Jie Xu*
Self-Assembled Nickel Nanoparticles Supported on Mesoporous Aluminum Oxide for
Selective Hydrogenation of Isophorone
Asian Journal of Organic Chemistry 7(2018)757-762
221. Huanping Xie, Zhong Yan, Bo Wu, Shubo Hu, Yonggui Zhou*
Synthesis of electron-deficient (Sa,R,R)-(CF₃)₂-C₃-TunePhos and its applications in
asymmetric hydrogenation of α -iminophosphonates
Tetrahedron Letters 59(2018)2960-2964
222. Chang Peng, Yuxue Liu, Xiaojia Guo, Wujun Liu, Qing Li, Zongbao K. Zhao
Selective carboxylation of substituted phenols with engineered *Escherichia coli*
whole-cells
Tetrahedron Letters 59(2018)3810-3815
223. Zheng Gu, Bo Wu, Guofang Jiang, Yonggui Zhou*
Synthesis of Benzofuran-fused 1,4-Dihydropyridines via Bifunctional
Squaramide-catalyzed Formal [4+2] Cycloaddition of Azadienes with
Malononitrile
Chinese Journal of Catalysis 36(2018)1130-1134

224. Yuan Tan , Hua Liu, Xiao Yan Liu*, Aiqin Wang, Changjun Liu, Tao Zhang
Effective removal of the protective ligands from Au nanoclusters by ambient pressure
nonthermal plasma treatment for CO oxidation
Chinese Journal of Catalysis 39(2018)929-936
225. Man Yang, Xiaochen Zhao*, Yujing Ren, Jia Wang, Nian Lei, Aiqin Wang, Tao Zhang
Pt/Nb-WO_x for the chemoselective hydrogenolysis of glycerol to 1,3-propanediol: Nb
dopant pacifying the over-reduction of WO_x supports
Chinese Journal of Catalysis 39(2018)1027-1037
226. Zhou Ren, Yuan Lyu*, Siqian Feng, Xiangen Song, Yunjie Ding*
Acid-promoted Ir-La-S/AC-catalyzed methanol carbonylation on single atomic active
sites
Chinese Journal of Catalysis 39(2018)1060-1069

催化基础国家重点实验室 2018 年专利申请一览表

序号	专利名称	专利申请号	发明人	专利类型	国别
1.	一种室温下甲醛完全氧化催化剂和应用	CN201810482224.9	展恩胜, 申文杰, 李勇, 刘雯璐	发明	中国
2.	Fe 纳米棒与 Pt@Fe 纳米棒催化剂及合成和应用	CN201810308395.X	展恩胜, 申文杰, 李勇, 刘雯璐	发明	中国
3.	一种催化剂及合成气直接转化制低碳烯烃的方法	CN201810079238.6	潘秀莲, 焦峰, 包信和, 李娜	发明	中国
4.	一种催化剂及合成气直接转化制乙烯的方法	CN201810079244.1	潘秀莲, 焦峰, 包信和	发明	中国
5.	一种负载催化剂及合成气直接转化制低碳烯烃的方法	CN201810079249.4	潘秀莲, 焦峰, 包信和, 李根	发明	中国
6.	一种有机碱修饰的复合催化剂及一氧化碳加氢制乙烯的方法	CN201810079670.5	潘秀莲, 焦峰, 包信和	发明	中国
7.	一种碱修饰的复合催化剂及一氧化碳加氢反应制乙烯的方法	CN201810081280.1	潘秀莲, 焦峰, 包信和	发明	中国
8.	一种含 LF 型 B 酸催化剂及合成气直接转化制乙烯的方法	CN201810081164.X	潘秀莲, 焦峰, 包信和, 陈羽翔	发明	中国
9.	一种选择性脱去 MOR12 圆环 Al 的催化剂及一氧化碳加氢反应制乙烯的方法	CN201810149622.9	潘秀莲, 焦峰, 包信和	发明	中国
10.	一种催化剂载体, 负载型催化剂及其制备方法和用途	CN201810227799.6	潘秀莲, 铁锆, 包信和, 李攀, 何丽敏	发明	中国

序号	专利名称	专利申请号	发明人	专利类型	国别
11.	可实现接近常压气氛条件下工作的光发射电子显微成像方法及其成像系统	CN201810432739.8	傅强, 宁艳晓, 包信和	发明	中国
12.	一种将可调谐深紫外激光源与近常压光发射电子显微镜联合的成像系统及方法	CN201810431544.1	宁艳晓, 傅强, 包信和	发明	中国
13.	钙钛矿型复合氧化物在超宽带光热电探测器中的应用	CN201810444716.9	姜鹏, 陆晓伟, 包信和	发明	中国
14.	原位化学反应器及其及与核磁共振的联用系统	CN201820929667.3	刘宪春, 韩秀文, 包信和	实用新型	中国
15.	原位化学反应器及其及与核磁共振的联用系统	CN201810618825.8	刘宪春, 韩秀文, 包信和	发明	中国
16.	一种超极化稀有惰性气体发生装置	CN201820930192.X	刘宪春, 韩秀文, 包信和	实用新型	中国
17.	一种超极化稀有惰性气体发生装置	CN201810619759.6	刘宪春, 韩秀文, 包信和	发明	中国
18.	一种超极化稀有惰性气体发生用极化池	CN201810619214.5	刘宪春, 韩秀文, 包信和	发明	中国
19.	一种超极化稀有惰性气体发生用极化池	CN201820930256.6	刘宪春, 韩秀文, 包信和	实用新型	中国
20.	一种 BCN 壳层限域的面心四方 PtFe 合金纳米催化剂及其制备和应用	CN201810799567.8	傅强, 陈思如, 高丽君, 包信和	发明	中国
21.	一种用于甲烷干气重整反应的过渡金属 @BO _x 核-壳结构纳米催化剂及其制备方法	CN201810803133.0	傅强, 董金虎, 包信和	发明	中国

序号	专利名称	专利申请号	发明人	专利类型	国别
22.	一种用于高温高压化学反应原位反应条件下的固体核磁共振波谱研究的反应器	CN201811142003.3	包信和, 肖栋, 刘宪春, 龚科, 侯广进	发明	中国
23.	Catalyst and method for synthesis aromatic hydrocarbons through direct conversion of synthesis gas	US16081748	潘秀莲, 杨俊豪, 焦峰, 朱义峰, 包信和	发明	美国
24.	Catalyst and method for synthesis aromatic hydrocarbons through direct conversion of synthesis gas	16904405.4	潘秀莲, 杨俊豪, 焦峰, 朱义峰, 包信和	发明	欧盟
25.	Catalyst and method for synthesis aromatic hydrocarbons through direct conversion of synthesis gas	JP2018-549456	潘秀莲, 杨俊豪, 焦峰, 朱义峰, 包信和	发明	日本
26.	Catalyst and method for synthesis aromatic hydrocarbons through direct conversion of synthesis gas	2018133164.0	潘秀莲, 杨俊豪, 焦峰, 朱义峰, 包信和	发明	俄罗斯
27.	Catalyst and method for synthesis aromatic hydrocarbons through direct conversion of synthesis gas	518392257.0	潘秀莲, 杨俊豪, 焦峰, 朱义峰, 包信和	发明	沙特阿拉伯
28.	Catalyst and method for synthesis aromatic hydrocarbons through direct conversion of synthesis gas	QA/201810/00435	潘秀莲, 杨俊豪, 焦峰, 朱义峰, 包信和	发明	卡塔尔
29.	一种单层和双层可逆调控的氧化铈单晶纳米薄膜的制备方法	CN201810878920.1	杨帆, 张毅, 包信和	发明	中国

序号	专利名称	专利申请号	发明人	专利类型	国别
30.	Catalyst and method for synthesis aromatic hydrocarbons through direct conversion of synthesis gas	201827034031	潘秀莲, 杨俊豪, 焦峰, 朱义峰, 包信和	发明	印度
31.	一种催化反应器构型及制备和在无氧条件下催化甲烷直接合成乙烯的方法	EP17788573.8	包信和, 郭晓光, 方光宗, 潘秀莲, 孟敬恒, 于琴琴, 谭大力	发明	欧洲
32.	一种催化反应器构型及制备和在无氧条件下催化甲烷直接合成乙烯的方法	JP2018-555871	包信和, 郭晓光, 方光宗, 潘秀莲, 孟敬恒, 于琴琴, 谭大力	发明	日本
33.	一种催化反应器构型及制备和在无氧条件下催化甲烷直接合成乙烯的方法	518400325.0	包信和, 郭晓光, 方光宗, 潘秀莲, 孟敬恒, 于琴琴, 谭大力	发明	沙特
34.	一种催化反应器构型及制备和在无氧条件下催化甲烷直接合成乙烯的方法	QA/201810/00455	包信和, 郭晓光, 方光宗, 潘秀莲, 孟敬恒, 于琴琴, 谭大力	发明	卡塔尔
35.	一种 P 型立方相 Ge-Se 基热电材料及制备方法	CN201811327161.6	姜鹏, 晏明涛, 包信和	发明	中国
36.	一种含球型 ZnGa ₂ O ₄ 纳米粒子的催化剂及其在一氧化碳加氢制低碳烯烃中的应用	CN201811460277.7	潘秀莲, 李娜, 朱义峰, 焦峰, 包信和	发明	中国
37.	一种真空互联的表面分析装置及其使用方法	CN201811064234.7	杨帆, 陈浩, 董金奎, 王冰雷, 包信和	发明	中国
38.	一种催化反应器构型及制备和在无氧条件下催化甲烷直接合成乙烯的方法	US16300188	包信和, 郭晓光, 方光宗, 潘秀莲, 孟敬恒, 于琴琴, 谭大力	发明	美国
39.	Catalyst and method for synthesis aromatic hydrocarbons through direct conversion of synthesis gas	2018/06105	潘秀莲, 杨俊豪, 焦峰, 朱义峰, 包信和	发明	南非

序号	专利名称	专利申请号	发明人	专利类型	国别
40.	一种多金属非负载加氢精制催化剂及其制备方法和应用	CN201811411697.6	李灿, 刘铁锋, 刘欣毅	发明	中国
41.	一种氮掺杂碳层包裹碳纳米管电催化剂的制备方法		李灿, 高飞, 宗旭, 马伟光, 李应文	发明	中国
42.	一种液流电池辅助的硫化氢分解制取氢气和硫磺的方法及装置	CN201811442172.9	李灿, 宗旭, 马伟光	发明	中国
43.	一种镍载体支撑的 NiFeS 水氧化电催化剂及其制备方法	CN201811411703.8	李灿, 王小梅, 宗旭	发明	中国
44.	一种高分散吸附脱硫催化剂的制备与应用	CN201811366119.5	李灿, 刘铁锋, 刘欣毅, 张伟	发明	中国
45.	一种液态太阳燃料生产的技术工艺及水分解催化剂	CN201910520816.X	李灿, 姚婷婷, 安秀瑞, 王集杰	发明	中国
46.	一种缓解硫化氢间接电解方法中由于铁离子穿透隔膜造成的阴极析氢性能下降问题的方法		李灿, 高飞, 宗旭, 马伟光, 李应文	发明	中国
47.	一类催化剂及其在羧酸还原反应中的应用	CN201811427411.3	李灿, 卢胜梅, 林祥丰	发明	中国
48.	一种利用太阳能光电催化绿色合成过氧化氢的方法	CN201811056387.7	李灿, 范文俊, 施晶莹, 张丙青	发明	中国
49.	一种用于去除惰性气体中还原性气体杂质的载氧体材料及其制备方法	CN201811425084.8	李灿, 李军, 黎志欣, 逯占文, 朱剑, 王利伟, 刘铁峰, 丁军帅, 张婷, 张伟	发明	中国

序号	专利名称	专利申请号	发明人	专利类型	国别
50.	一种二氧化碳加氢制取芳烃催化剂	CN201810811469.1	李灿, 曲圆直, 李泽龙, 王集杰	发明	中国
51.	一种芳香羧酸酯的制备方法	CN201811318964.5	李灿, 刘海龙, 李泽龙, 王集杰, 卢胜梅, 王蒙蒙	发明	中国
52.	一类蒽二酰亚胺高分子材料的制备方法及其在有机电子器件领域的应用	CN201810768002.3	李灿, 涂丹丹, 郭鑫	发明	中国
53.	短波长手性拉曼光谱仪	EP16874726.9	李灿, 冯兆池, 王鹏, 张莹, 唐宇轩	发明	欧洲
54.	一种由二氧化碳和卤代物制备羧酸的方法	CN201810777722.6	李灿, 卢胜梅, Kumaraswamy Paridala, 王蒙蒙	发明	中国
55.	一种媒介体辅助的将二氧化碳和硫化氢同时转化为高附加值产品的电化学方法	CN201810614379.3	李灿, 宗旭, 马伟光	发明	中国
56.	一种大面积钙钛矿太阳能电池组件的制备技术	CN201810194518.1	李灿, 秦炜, 傅平, 郭鑫	发明	中国
57.	一种提高大面积太阳能电池组件性能和热稳定性的制备技术	CN201810188176.2	李灿, 郭鑫, 傅平, 秦炜	发明	中国
58.	一种改性金属有机骨架纳米片膜及其制备方法	CN201811499584.6	杨维慎, 彭媛	发明	中国
59.	A large-scale solar hydrogen production from water achieved by photocatalytic and photoelectrochemical hybrid systems	EP16887718.1	李灿, 李仁贵, 赵越, 秦炜, 丁春梅, 董延宝	发明	德国
60.	一种耦联太阳光催化分解水与液流电池产氢发电的技术	CN201810959716.2	李灿, 李真	发明	中国

序号	专利名称	专利申请号	发明人	专利类型	国别
61.	一种基于 SAPO-34 的混合基质膜的制备方法及应用	CN201811458974.9	杨维慎, 姚瑞, 彭媛	发明	中国
62.	一种 MIL 材料的可控制备及其在呋喃化合物的分离富集中的应用	CN201811458972.X	杨维慎, 曹娜, 班宇杰	发明	中国
63.	一种三方结构氧化物在固体氧化物燃料电池阴极中的应用	CN201811458958.X	朱雪峰, 祝悦, 杨维慎	发明	中国
64.	一种薄膜化质子导体电解质及其制备方法	CN201811460281.3	朱雪峰, 胡世庆, 张丽晓, 杨维慎	发明	中国
65.	一种钙钛矿复合阴极及其制备方法和应用	CN201811458556.X	朱雪峰, 张丽晓, 胡世庆, 杨维慎	发明	中国
66.	一种金属有机骨架材料的孔修饰方法、金属有机骨架材料及其应用	CN201811460278.1	杨维慎, 赵萌, 班宇杰	发明	中国
67.	一种 MOF 膜的原位可控合成方法	CN201811460270.5	杨维慎, 杨昆, 班宇杰	发明	中国
68.	一种管状 MOF 膜的制备方法	CN201811450012.9	杨维慎, 曹娜, 班宇杰	发明	中国
69.	一种碳分子筛膜用于 C4-C6 正异构烷烃的分离方法	CN201811343663.8	杨维慎, 班宇杰, 周应武	发明	中国
70.	水作为原料气稀释剂的乙烷催化氧化制乙烯和乙酸的联产工艺方法	CN201811142041.9	杨维慎, 王红心, 楚文玲, 李清强, 李旭, 刘延纯, 王宏奎	发明	中国
71.	二氧化碳作为原料气稀释剂的乙烷氧化制乙烯工艺方法	CN201811141988.8	杨维慎, 王红心, 楚文玲, 李清强, 李旭, 刘延纯, 王宏奎	发明	中国
72.	丙烷选择性氨氧化制备丙烯腈系统和工艺过程	CN201810936663.2	杨维慎, 楚文玲, 王红心, 刘延纯, 李旭, 王宏奎, 李清强	发明	中国

序号	专利名称	专利申请号	发明人	专利类型	国别
73.	一种用于丙烷一步氨氧化制丙烯腈酸反应的混合相催化剂	CN20181093667.0	杨维慎, 楚文玲, 王红心, 刘延纯, 王宏奎	发明	中国
74.	一种利用混合导体透氧膜反应器实现CO ₂ 燃烧前捕获的新系统及方法	CN201810946800.0	杨维慎, 蔡莉莉, 朱雪峰	发明	中国
75.	一种乙烷连续生产乙烯的方法和装置	CN201810492035.X	杨维慎, 王红心, 胡子益, 楚文玲, 李清强	发明	中国
76.	一种循环尾气中 CO 选择性氧化脱除催化剂及其制备和应用	CN201810238114.8	蔡睿, 楚文玲, 王红心, 杨维慎, 刘延纯, 王宏奎	发明	中国
77.	一种丙烷脱氢制丙烯负载催化剂及其制备方法	CN201810138840.2	杨维慎, 张宝春, 楚文玲, 阎嘉华, 王红心, 马国民, 刘延纯	发明	中国
78.	用于异丁烷选择氧化制甲基丙烯酸催化剂及其制备方法	CN201810138928.4	杨维慎, 何静芳, 楚文玲, 刘延纯	发明	中国
79.	一种用于芳香醚键选择性氢解催化剂及制备和应用	CN201811118457.7	杨启华, 郭淼	发明	中国

催化基础国家重点实验室 2018 年专利授权一览表

序号	专利名称	专利号	发明人	专利类型	国别
1.	一种可控制备单层和少层硫化钼的方法	ZL201310676237.7	包信和, 邓浇, 邓德会	发明	中国
2.	一种 Pt@CNTs 催化剂及其制备和应用	ZL20140668839.2	潘秀莲, 张帆, 包信和, 焦峰	发明	中国
3.	Synthesis of Olefins from Oxygen-free direct conversion of methane and catalysts thereof	US9932280B2	包信和, 郭晓光, 方光宗, 邓德会, 马昊, 谭大力	发明	美国
4.	α -Fe ₂ O ₃ 纳米棒和 Au/ α -Fe ₂ O ₃ 催化剂及其合成和应用	ZL201610048168.9	申文杰, 魏雪姣, 周燕, 李勇	发明	中国
5.	醋酸酯加氢制备乙醇的催化剂及醋酸酯加氢制备乙醇方法	ZL201410776180.2	黄秀敏, 申文杰, 马猛, 薛会福	发明	中国
6.	一类水相体系中甲酸脱氢催化剂及其应用	ZL 201410789328.6	李灿, 卢胜梅, 王志君, 李军	发明	中国
7.	一类用于 CO ₂ 还原的催化剂及其应用	ZL 201410798792.1	李灿, 卢胜梅, 李军, 王集杰, 王志君	发明	中国
8.	一种超深度脱硫脱氮的多金属本体催化剂及其制法和应用	ZL 201510251270.4	李灿, 蒋宗轩, 刘欣毅, 刘铁峰	发明	中国
9.	一种用于太阳能光热化学转化的尖晶石类化合物与碳酸盐的混合物体系及其制备和应用	ZL201410090381.7	李灿, 蒋宗轩, 陈真盘, 蒋青青, 童金辉	发明	中国

序号	专利名称	专利号	发明人	专利类型	国别
10.	短波长激光手性拉曼光谱仪	ZL 201510925965.6	李灿, 冯兆池, 王鹏, 张莹, 唐宇轩	发明	中国
11.	一种以钒的化合物为活性物质的光电化学液流储能电池	ZL 201410090381.7	李灿, 陈剑, 廖世潮, 施晶莹	发明	中国
12.	一种光电化学分解水的 GaN : ZnO 光阳极的制备方法	ZL 201510392338.0	李灿, 王志亮, 韩晶峰, 宗旭	发明	中国
13.	碲化镉-硅基薄膜复合太阳能电池	ZL 201210165802.9	刘生忠, 李灿	发明	中国
14.	一种高活性 [001] 晶面暴露比例 Mo-V-Te-Nb-O 催化剂制备方法及应用	ZL201410441029.3	杨维慎, 楚文玲, 蔡睿, 王红心	发明	中国
15.	一种在介孔材料中组装金属配合物的固载方法	ZL201410776373.8	杨启华, 肖兵, 钟明梅, 赵耀鹏	发明	中国
16.	一种具有蛋黄-蛋壳结构 Pt@SiO ₂ 催化剂的制备方法	ZL201410568404.0	杨启华, 彭娟	发明	中国
17.	一种新型的磺酸聚苯乙烯-氧化硅杂化固体酸催化剂及制备方法	ZL201310688928.9	杨启华, 张晓敏	发明	中国
18.	一种用于合成甲烷化反应的金属@BN 核-壳结构纳米催化剂及其制备方法	ZL201510229155.7	杨启华, 彭娟	发明	中国
19.	采用离子液体薄膜作中间层的反式有机太阳能电池及制备	ZL 201410582752.3	李灿, 张坚, 傅平	发明	中国

2018 年开放课题一览表

课题号	项目名称	申请者	所在单位
N-18-01	核壳纳米金属催化剂上甘油与苯胺高效催化合成 3-甲基吡啶的研究	石 雷	辽宁师范大学
N-18-02	金基双金属催化剂的制备及其二氧化碳加氢性能研究	王新葵	大连理工大学
N-18-03	CO ₂ 在正辛烷催化裂解反应中的作用机理研究	王丽霞	中石油化工有限公司石油化工科学研究院
N-18-04	模板法制备介孔二氧化硅纳米核壳材料及其应用研究	张秀红	大连理工大学
N-18-05	基于 CO ₂ 电化学还原反应的高效 Pd 基纳米催化剂的研究	黄宏文	湖南大学
N-18-06	半导体电极上纳米多孔助催化剂的构筑	姬 磊	东北石油大学
N-18-07	粉煤灰基催化剂的制备及合成生物质液体燃料的应用	王 伟	陕西理工大学
N-18-08	CuO-CexZr _{1-x} O ₂ 催化剂构建及其 CO ₂ 加氢合成甲醇催化性能研究	曲振平	大连理工大学
N-18-09	高效高温 CO ₂ 电催化还原阴极的可控制备及催化机理研究	周莹杰	南京信息工程大学
N-18-10	聚阴离子对金属磷酸盐材料的形貌调控	石 鑫	辽宁师范大学
N-18-11	氮化钼负载金催化剂及其金属-载体强相互作用研究	李 丹	四川大学
N-18-12	过渡金属氧化物改性 TiO ₂ 纳米管催化剂的制备及其光催化性能研究	兰喜杰	大连交通大学

2018 年自主研究课题一览表

课题号	研究课题	负责人
R201801	缠绕管式换热器及反应器设计模型开发研究	怀 英 刘婷婷
R201802	碳四烯烃歧化反应路径调控及催化作用机制研究	李秀杰 李 杲



中国科学院大连化学物理研究所
催化基础国家重点实验室
大连市中山路457号，邮编116023
电话：0411-84379307
传真：0411-84694447
邮箱：sklc@dicp.ac.cn

State Key Laboratory of Catalysis
Dalian Institute of Chemical Physics, CAS
457 Zhongshan Road, Dalian 116023, China
Tel: 86-411- 84379307
Fax: 86-411-84694447
E-mail: sklc@dicp.ac.cn