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

2019 年报

2019 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2019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2019年重要研究进展 13

之一：利用断层扫面光电压成像方法揭示缺陷促进电荷分离新机制 13

之二：首次实现室温电化学水汽变换制备高纯度氢气 15

之三：新型光热电探测器研究取得新进展 17

之四：制备出高温稳定的高载量单原子催化剂 19

之五：单原子催化剂用于二氧化碳转化研究取得新进展 21

之六：金属-载体界面结构研究取得新进展 23

之七：非天然辅酶研究取得新进展 25

之八：金属有机化合物用于储氢材料研究取得新进展 27

之九：首次制备出液体中稳定存在的还原态单核铂原子 29

之十：酸性条件下长寿命非贵金属电解水催化剂方面取得新进展..... 31
之十一：氧化物限域催化研究中取得新进展..... 33
之十二：合成气定向转化方面取得新进展..... 35
之十三：乙酰酮修饰锰氧化物 L 酸催化胺选择氧化研究取得新进展..... 37
之十四：生物质制氢和柴油领域取得新进展..... 39
之十五：生物质催化转化研究..... 41
之十六：高温二氧化碳电解进展报告..... 43
之十七：贵金属合金团簇合成及其催化应用研究..... 45
之十八：二维材料限域催化进展报告..... 47
之十九：透氧膜相关的进展报告..... 49
之二十：电解水制氢..... 51
之二十一：钴纳米颗粒精确限域在氮掺杂多孔碳壳内的制备策略..... 53
之二十二：煤经合成气直接制低碳烯烃技术成功完成工业试验..... 55
之二十三：多功能氧化硅铂基纳米反应器应用于胰腺癌检测..... 58

之二十四：实现单原子催化剂配位环境调控 60
之二十五：实现通过纳米反应器微环境调控促进催化加氢性能 62
之二十六：揭示极性诱导的空间电荷分离促进光催化全分解水 64
之二十七：实现电还原一氧化碳直接制乙烯 66
- **催化基础国家重点实验室2019年综述文章 68**
之一：二维材料限域单原子催化研究综述 68
之二：单原子催化剂用于二氧化碳转化 70
之三：烷温和条件下直接催化转化研究 72
之四：多孔炭球纳米反应器用于可持续能源应用 74
之五：光热电探测器研究 76
之六：选择性加氢研究 78
- **催化基础国家重点实验室2019年发表文章目录 80**
- **催化基础国家重点实验室 2019 年专利授权一览表 120**
- **催化基础国家重点实验室 2019 年开放课题一览表 124**

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	上海交通大学
	谢在库	院士	中国石油化工股份有限公司
委　　员	包信和	院士	中国科学技术大学/ 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
	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/ 中国科学院大连化学物理研究所
	赵东元	院士	复旦大学

顾　　问	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
	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	华东师范大学
	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 Jiao Tong University
	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	East China Normal University
	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	University of Science and Technology of China/ 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	Chinese Academy of Sciences/ 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
Boreskov 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

- **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 Engergy 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)catalyic 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 2019 年大事记

1. 2 月 20 日，潘秀莲获批享受 2018 年国务院政府特殊津贴。

2. 2 月 22 日，王集杰、焦峰入选 2019 年度中科院青年创新促进会

3. 2 月 26 日，陈萍、韩洪宪、傅强入选第四批“万人计划”。

4. 3 月 8 日，潘秀莲获辽宁省三八红旗手荣誉称号。

5. 4 月 16 日，肖娟定、高攀获 2019 年度“博士后创新人才支持计划”资助。

6. 4 月 30 日，兼聘研究员丁云杰获“全国五一劳动奖章”。

7. 5 月 31 日，兼聘研究员陈萍获“创新使命领军者”称号。

8. 6 月 18 日，博士后叶克、蒋晓庆获得中国博士后科学基金特别资助。

9. 6 月 24 日，包信和获第六届纳米研究奖。

10. 7 月 11 日，科技部公布了“2018 年创新人才推进计划”入选名单，我室兼聘研究员陈萍负责的“氨的催化合成与分解创新团队”入选重点领域创新团队名单，傅强研究员入选中青年科技创新领军人才名单。

11. 7 月 12 日，兼聘研究员刘中民当选国际分子筛协会理事会副主席。

12. 8 月 7 日，李灿荣获首届亚太催化成就奖。

13. 8 月 27 日，我室李爱龙（导师：韩洪宪）、陈若天（导师：李灿）等 2 名博士研究生获得中科院院长优秀奖。

14. 9 月 24 日，兼聘研究员刘中民荣获“能源 70 年·功勋人物”奖。

15. 10 月 9 日，以我室姜鹏研究员为负责人，清华大学、同济大学、北京大学、中科院上海硅酸盐研究所、四川大学研究人员为合作者的“热电能量转换创新交叉团队” 获选 2019 年度中国科学院“创新交叉团队”。

16. 11 月 18 人，我室邓德会、汪国雄研究员获评中科院 2019 年度青年创新促进会优秀会员。

17. 12 月 17 日，王旺银入选为 2020 年度中科院青年创新促进会会员。

催化基础国家重点实验室媒体采风

1. 1 月 29 日，CCTV《走近科学》栏目播出科教片“神奇催化”。

2. 2 月 22 日，中国科学报报道：金属—载体界面结构研究获进展。

3. 5 月 20 日，中国科学报报道，刘中民:“三条主线”构建国家能源新体系。

4. 7 月 15 日，中国科学报报道，刘中民院士当选国际分子筛协会理事会副主席。

5. 8 月 13 日，中国科学报报道，中科院院士李灿获“亚太催化成就奖”。

6. 8 月 23 日，中国能源报报道，中国工程院院士刘中民：构建多能融合的能源体系（院士谈能源）。

7. 9 月 3 日，中国科学报报道：三年，这项成果走出“Science”走进工厂，煤经合成气直接制低碳烯烃技术完成工业中试试验。

8. 9 月 26 日，中国科学报报道，构筑能源新体系 助推“能源革命”。

9. 9 月 29 日，中国科学报报道，融合 创新 发展：中国能源变局的挑战与机遇。

10. 10 月 11 日，科技日报报眼，纳米反应器让胰腺癌检测“快准稳”。

11. 10 月 26 日，新华网科普中国科技前沿大师谈栏目科教片“走进催化基础国家重点实验室”。

12. 10 月 28 日，中国能源报报道，“液体阳光”是实现低碳能源的主要途径。

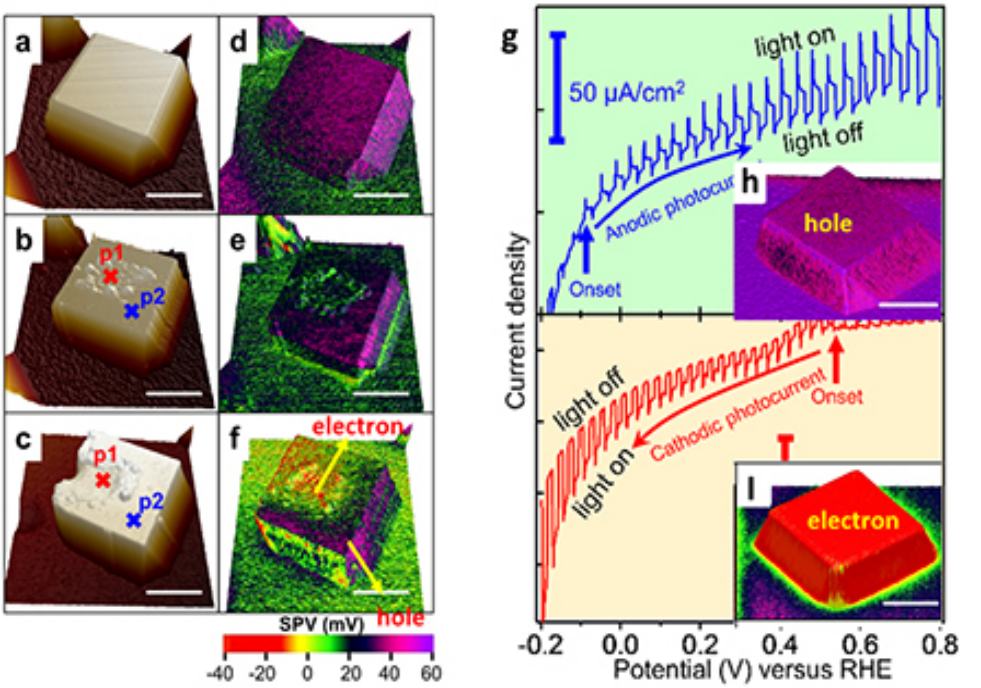
13. 11 月 1 日，CCTV-10 科教频道播出《走近科学》科教片“奇妙的分离”。

14. 11 月 12 日，中国科学报报道：中科院大连化物所研制出近常压光发射电子显微镜。

研究亮点之一

利用断层扫面光电压成像方法揭示缺陷促进电荷分离新机制

范峰滔研究员、李灿院士团队与德国亥姆霍兹柏林能源与材料中心 Thomas Dittrich 博士合作，联合利用断层扫描光电压成像(Tomographic-SPVM)、时间分辨表面光电压方法(TPV)在研究半导体光催化剂微纳米尺度电荷分离过程中缺陷的重要作用方面取得新进展。相关研究成果发表在《纳米快报》(*Nano Letters, 2019, 19, 1, 426-432*)上。



缺陷普遍存在于半导体光催化剂中，它形式多样，在光生载流子分离过程中扮演着多重角色：一方面缺陷可以捕获光生载流子，促进电荷分离；另一方面它又可以成为光生载流子的复合中心，降低电荷分离效率。因此，研究缺陷

在光生电荷分离过程中的作用机制，对于提高太阳能光催化转换效率具有重要的指导意义。然而，由于光生电荷的分离过程发生于微纳米尺度，其寿命横跨12个数量级，探讨缺陷在这一过程中的重要作用是一项非常具有挑战性的工作。

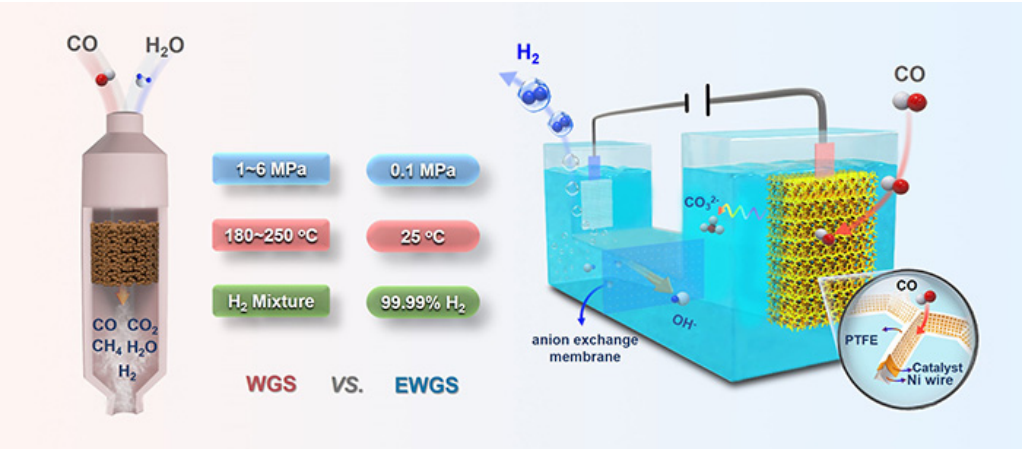
在本研究中，研究人员利用时空分辨表面光电压光谱方法，探讨了 Cu_2O 光催化颗粒近表面的捕获空穴本征缺陷 VCu 和捕获电子人造缺陷 H-VCu 在光生电荷分离方面的作用机制。

研究表明，近表面 100nm 之内的缺陷种类主导光催化剂表面的载流子分布类型，进而决定其光(电)催化性能。当近表面区以 H-VCu 为主导时，光生电子被该缺陷捕获，克服 Cu_2O 半导体内建电场本身对光生电子的驱动作用，使得 SPV 信号反转。Cu_2O 瞬态 SPV 表明，在高于带隙的光激发下，长时间尺度上本征缺陷会增加光生载流子的寿命，而人造缺陷则会克服内建电场的作用，造成电荷分离方向的反转。进一步，该团队通过断层扫描光电压成像方法发现，H-VCu 缺陷主要存在于 100nm 的区域内，会使 Cu_2O 内建电场由 1.3kV/m 增至 4.2kV/m；光生电荷分离过程是 H-VCu 缺陷和内建电场的共同作用，随着深度的增加，电荷分离会由 H-VCu 缺陷主导过渡到由内建电场主导。该工作在光电催化的缺陷态促进电荷分离研究方面具有重要意义。

研究亮点之二

首次实现室温电化学水汽变换制备高纯度氢气

邓德会研究员团队首次提出并实现了一种高能量效率制备高纯氢气(>99.99%)的新策略：室温电化学水汽变换(EWGS)反应。相关结果以全文形式发表在《自然-通讯》(*Nature Communications, 2019, 10, 86*)上。



氢能源被视为 21 世纪最具发展潜力的清洁能源。目前，水汽变换(WGS)反应($CO + H_2O \rightarrow H_2 + CO_2$)是工业上大规模制备氢气的主要方法。但 WGS 过程通常需要在高温(180℃-250℃)和高压(1.0-6.0MPa)的条件下进行。除了苛刻的反应条件，通过 WGS 反应制得的氢气往往含有约 1%-10%的 CO 残留及反应产物 CO_2 和 CH_4 等，需要进一步的分离纯化才能进行下游的应用。因此，发展更经济的、环境友好的方法，在温和条件下直接制备高纯氢气是氢能源发展的迫切需求，但也极具挑战。

邓德会团队经过长期探索，结合电化学反应原理，巧妙地将 WGS 的氧化还原反应拆分为彼此分离的两个半反应，首次提出了一种能在常温常压下直接制备高纯氢气的电化学水汽变换概念。EWGS 反应中，CO 在阳极发生氧化反

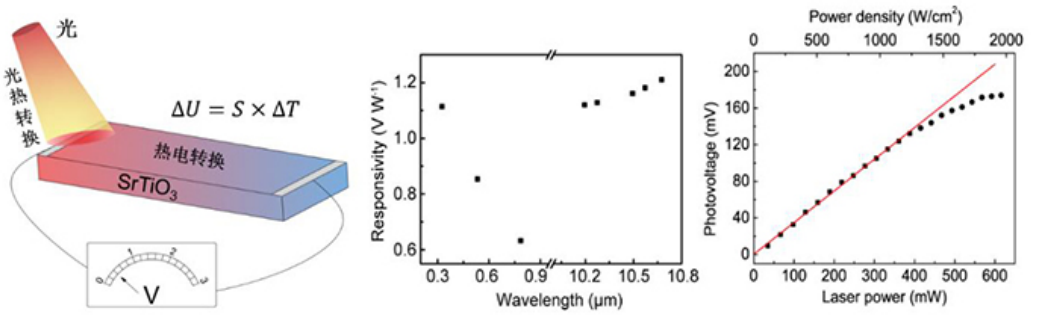
应，生成的 CO_2 与电解质 KOH 进一步反应生成碳酸钾，避免了 CO_2 的排放；同时水在阴极直接被还原生成高纯氢气。阴阳两极由阴离子交换膜分隔开，保持溶液离子平衡的同时分隔两极产物，因此从原理上避免了传统 WGS 中氢气需要分离提纯的过程。通过对催化剂的设计和电极结构的优化，该反应在常温常压条件下实现 99.99%高纯氢的制备并且达到接近 100%的产氢法拉第效率。优化后的 PtCu 催化剂在 EWGS 反应中的阳极起始电位降低至接近 0V，显著低于电解水的阳极理论电位 1.23V；在 0.6V 时 LSV 电流密度达到 70mA/cm^2，比商品的 Pt/C 催化剂的活性提升了 12 倍以上；该催化剂经过 475 小时的稳定性测试后仍能够保持高的活性。在此基础上，该团队与我所苏海燕研究员等合作，通过理论计算发现，Cu 的引入减弱了 CO 在 Pt 上的吸附，有效避免了催化剂的中毒，从而实现了该催化剂在 EWGS 中的高活性和高稳定性。相比于传统的 WGS，EWGS 是一种完全不同的、可以在室温常压下进行的高效催化过程，这为低能耗生产高纯氢气提供了新思路。

研究亮点之三

新型光热电探测器研究取得新进展

姜鹏研究员、包信和院士团队在新型光热电探测器开发研究中取得新进展，相关成果发表在《自然-通讯》(*Nature Communications, 2019, 10, 138*)上。

光热电探测器是基于光热转换和热电转换两个基本能量转换过程的一种探测器。当光照射在热电材料的一端时，光能经过光热转换首先转化为热能，从而在热电材料两端建立温差(ΔT)。在温差的驱动下，载流子会向冷端扩散(即热电转换中的 Seebeck 效应)，进而在材料两端建立电势差。光热电探测器具有自供电、非制冷、响应波长范围宽等优点，在光探测、红外热成像、温度监测等军用、民用领域具有重要的应用前景。



光热电探测器的响应度正比于材料的 Seebeck 系数(S)和材料两端的 ΔT。传统光热电探测器采用的是 Seebeck 系数较低(通常小于 200μV/K)的传统热电材料，例如 Bi_2Te_3、Sb_2Te_3 等，为了提高响应度，通常需采用微加工工艺来构造阵列结构，这显著增加了制备工艺的复杂性，提高了产品成本。该研究团队突破传统热电材料体系的限制,采用了具有较高室温 Seebeck 系数(约 1000μV/K)的钛酸锶($SrTiO_3$)，同时借助 $SrTiO_3$ 在长波红外大气窗口(8~14μm)的声子吸收

来增强光热转换效率。结合这两个优势，单个 $SrTiO_3$ 光热电元件在 10μm 波长附近的响应度可达 1.2V/W。进一步研究表明，$SrTiO_3$ 光热电探测器的响应波长可从深紫外延伸至远红外，可承受光功率密度可以达到 103W/cm^2。

该研究为开发新型高性能光热电探测器提供了全新的思路。另外，相比传统光热电探测器，$SrTiO_3$ 光热电探测器价格便宜，环境友好，耐高温，器件性能优异且制备工艺简单，意味着 $SrTiO_3$ 光热电探测器具有广阔的实际应用价值。

研究亮点之四

制备出高温稳定的高载量单原子催化剂

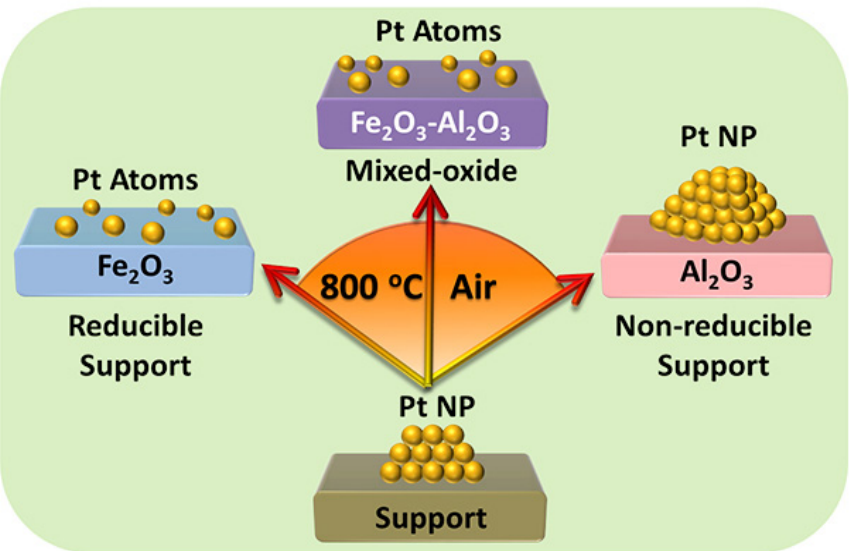
兼聘研究员张涛院士团队在单原子催化方面取得新进展：利用金属-载体共价强相互作用(strong covalent metal-support interaction)成功制备出耐高温的高载量铂单原子催化剂。相关成果发表在《自然-通讯》(*Nature Communications, 2019, 10, 234*)上。

2011 年，张涛研究团队与清华大学李隽教授以及美国亚利桑那大学刘景月教授合作，在国际上首次报道了单原子催化剂的制备与性能，并在此基础上提出了“单原子催化”的概念(Nat. Chem., 2011, 3, 634)。当金属以原子级别分散于载体上形成单原子催化剂时，会表现出许多异于负载型纳米颗粒催化剂的特性，例如金属利用率达到最大、金属载体界面最大化(Angew. Chem. Int. Ed., 2018，57，7795)、活性位组成结构均一、有望沟通均相与多相催化(Angew. Chem. Int. Ed., 2016, 55, 16054)等。但是高度分散的金属原子同时也具有较高的表面能和热力学不稳定性，特别在高温条件下趋向于聚集成金属团簇甚至纳米颗粒，因此通常需要载体表面配位不饱和的缺陷位点(coordinatively unsaturated sites)来锚定金属原子，但是金属氧化物载体通常表面缺陷数量较少，难以得到高温稳定的高载量单原子催化剂。

该团队在长期探索单原子催化剂的制备和稳定机制(ACS Catal., 2015, 5, 6249；Nano Res., 2015, 8, 2913)的基础上，发现以共沉淀法制备的 Pt1/FeOx 单原子催化剂在 800℃高温焙烧后依然完全保持原子级分散，证明金属与载体之间的强相互作用使单原子催化剂具有优异的热稳定性。据此提出依靠金属-载体共价强相互作用来稳定活性金属，有望使单原子催化剂彻底摆脱载体缺陷位数

量对金属载量的限制。实验证明，负载在氧化铁载体上的 Pt 纳米颗粒，在空气中高温焙烧即可得到铂单原子催化剂，质量负载量可达 1%。对照实验和理论计算说明铂纳米颗粒受热分散并稳定成单原子的现象与载体表面的缺陷无关，而是取决于载体本身的性质。在可还原氧化物载体(Fe_2O_3)上，铂纳米颗粒焙烧后会自发分散成单原子，而在非还原性载体(Al_2O_3)上，铂纳米颗粒受热将团聚成更大的颗粒。把氧化铁掺杂到氧化铝载体中可有效调节载体与金属的相互作用，有利于 Pt 纳米颗粒的热分散。在甲烷催化燃烧反应过程中，氧化铁负载的 Pt 纳米颗粒原位转化成 Pt 单原子催化剂，并表现出良好的催化活性和热稳定性。该工作揭示了负载型纳米颗粒催化剂热解分散成单原子催化剂的过程，初步探索了金属-载体共价强相互作用对活性金属的稳定机制，为设计耐高温、高载量的单原子催化体系提供了理论依据和重要借鉴。

该研究工作是与李隽以及天津理工大学罗俊教授等合作完成。

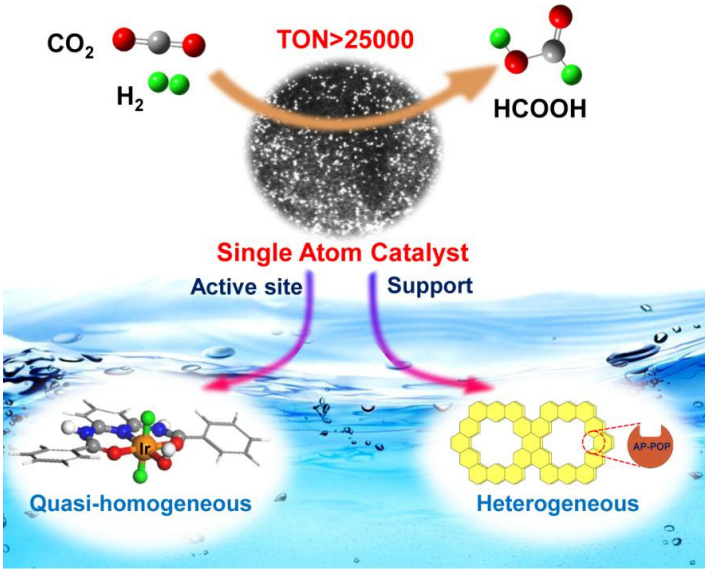


研究亮点之五

单原子催化剂用于二氧化碳转化研究取得新进展

兼聘研究员黄延强研究员团队在单原子催化剂的设计合成及催化应用策略研究方面取得新进展，采用含氮有机聚合物材料为载体，制备出类均相铱活性中心的单原子催化剂，该催化剂在二氧化碳加氢反应中表现出优异催化性能。相关研究成果以全文的形式于 Cell 旗下的 Chem 杂志上发表(*Chem, 2019, 5, 693-705*)。

“单原子催化”概念由张涛团队、清华大学李隽教授及美国亚利桑那州立大学刘景月教授于 2011 年共同提出，迅速成为多相催化领域的研究前沿，并有望成为关联多相与均相催化的桥梁。然而，催化剂载体表面的不均匀性对单原子催化剂的形成、稳定性能、催化性能都有极大的限制。为此，黄延强团队提出借鉴均相催化模型，从分子水平构建载体负载单原子活性中心，从而不仅可获得稳定的单原子活性中心，而且可以实现单原子催化剂的“准均相”应用。



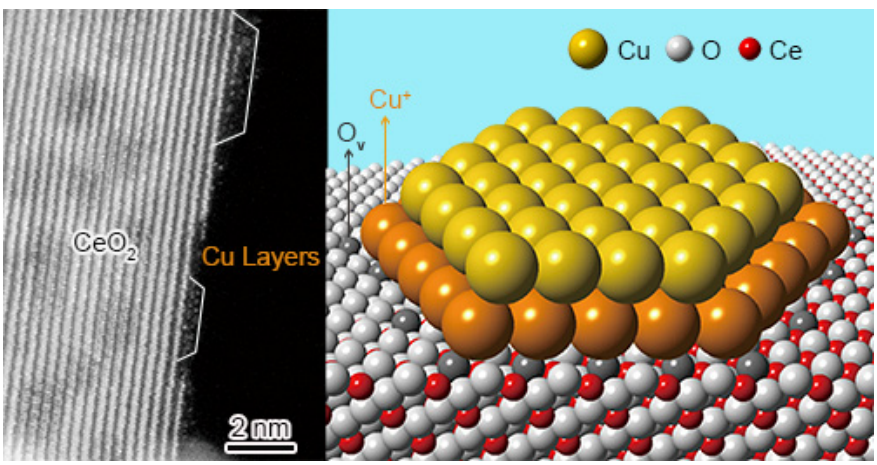
CO_2 催化加氢合成甲酸是一个原子经济性的反应，生成的甲酸不仅是重要化工原料，还可作为一种理想的液态储氢材料。在前期探索 CO_2 催化活化转化的研究认识基础上(Nat. Commun., ACS Catal., ChemSusChem)，该团队利用酰胺化反应简捷、高效地制备出含有吡啶-酰胺基团的多孔有机聚合物，并将其作为载体负载单原子铱催化剂以实现活性中心的稳定性，该催化剂在二氧化碳加氢制甲酸反应中表现出优异的催化活性，解决了多相催化在该反应中一直面临的活性不高的难点。同时，科研人员通过球差电镜、XPS、XAS 等表征实验，结合理论计算催化活性中心结构及光谱模拟，对 Ir 单原子催化剂的结构进行了精确解析，确认该单原子催化剂具有类均相活性中心，且具有与均相催化过程相同的催化反应机理。该研究为二氧化碳的高值化利用、设计新型单原子催化剂及应用提供了新思路。

研究亮点之六

金属-载体界面结构研究取得新进展

周燕副研究员、申文杰研究员等与德国卡尔斯鲁厄理工学院汪跃民教授、丹麦托普索公司 Jens Sehested 博士等合作，在铜催化剂活性位原子结构及反应机理研究方面取得新进展。研究成果在线发表在《自然-催化》(Nature Catalysis)上。

Cu/CeO_2 催化剂在水气变换、合成甲醇等合成气化学反应中表现出优异性能，但对其活性位原子结构和催化机理还知之甚少。



该研究团队利用球差较正扫描透射电镜(AC-STEM)和电子能量损失谱(EELS)表征了金属-载体界面原子结构和化学配位环境，发现铜原子簇主要呈现双层结构(bilayers)，界面铜原子的空间结构取决于其与氧化铈表层氧空穴之间的相互作用程度。此外，科研人员通过原位红外光谱等确定了铜原子的化学状态及氧化铈表面氧空穴分布；结合 DFT 计算，描述了界面铜原子向氧化铈电子转移过程及相互作用机制。本工作中，科研人员提出了 copper bilayer 模型概念，模型的上层为金属态铜原子(Cu0)，而下层为一价铜原子(Cu+)。研究还发现水

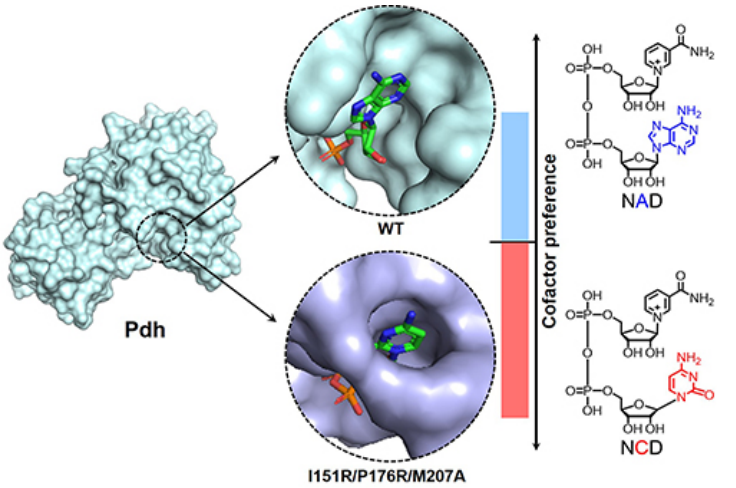
气变换反应的活性位为一价铜原子与邻近的氧化铈表面的氧空穴(Cu+-Ov-Ce^{3+})：CO 在一价铜表面吸附活化，而水分子则在邻近的氧化铈空穴位解离活化。该工作揭示了 Cu/CeO_2 催化剂活性位的原子结构，为通过调控金属-氧化物相互作用方式研制高活性催化剂提供了实验和理论基础。

研究亮点之七

非天然辅酶研究取得新进展

兼聘研究员赵宗保团队和薛松研究员团队合作，在非天然辅酶研究方面取得新进展，获得了系列偏好非天然辅酶的亚磷酸脱氢酶突变体，解析了它们与非天然辅酶复合物的结构，揭示了辅酶偏好性改变的分子机制。相关研究成果发表在 ACS Catalysis 上。

天然辅酶，例如吡啶核苷酸辅酶 NAD(P)不仅是氧化还原酶广泛使用的辅酶，还承担其它重要生物学功能。因此，天然辅酶扰动可以产生全局性的但同时也难以预测的生物学效应。为实现选择性调控辅酶关联的代谢反应，赵宗保研究团队提出了基于非天然辅酶的研究策略。前期工作中，该团队设计合成了系列非天然辅酶，如烟酰胺胞嘧啶二核苷酸(NCD)，采用定向进化策略，筛选得到了多种偏好非天然辅酶的氧化还原酶突变体，并创建了正交的氧化还原催化体系(J. Am. Chem. Soc., 2011)。科研人员设计基于 NCD 和亚磷酸脱氢酶突变体的能量供给模块，成功用于对胞内代谢途径的选择性驱动，突破了内源代谢网络的热力学瓶颈(ACS Catal., 2017)。



该研究中科研人员成功改造并获得 NCD 偏好性显著改善的亚磷酸脱氢酶突变体，突变酶几乎不利用天然辅酶 NAD，但底物亲和力得以保持；获得了亚磷酸脱氢酶野生型和两种突变体的晶体结构，以及其酶-NCD 复合体结构。研究发现突变引入的氨基酸残基，一方面造成辅酶结合空腔收缩，限制了 NAD 进入，另一方面为 NCD 结合提供了新的分子间相互作用，从而导致突变体显著偏好 NCD。该研究成果将为理性改造其它氧化还原酶提供重要科学参考，并促进开展基于非天然辅酶的合成生物学和化学生物学研究。

研究亮点之八

金属有机化合物用于储氢材料研究取得新进展

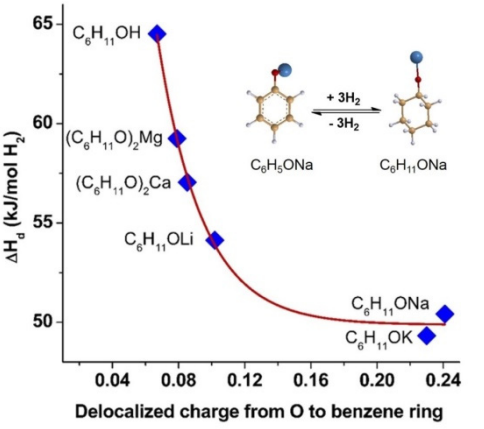
兼聘研究员陈萍领导的团队与厦门大学吴安安教授、美国西北太平洋国家实验室 Tom Autrey 等合作，在储氢材料研究方面取得新进展，相关研究成果以背页封面形式发表在《德国应用化学》(*Angew. Chem. Int. Ed., 2019,58,3102-3107*)上。

氢以其能量密度高、无污染等优点，一直被认为是能量储存和运输的理想载体。然而，缺乏安全高效的储氢介质被认为是氢能应用技术的瓶颈。目前，世界各大汽车公司均采用高压气罐作为商业燃料电池汽车的储氢系统。然而，该系统压力高达 350-700bar，安全性一直受到关注；此外，高压气罐的罐体材料为高强度碳纤维，其造价昂贵，这也是限制燃料电池汽车迅速推广的原因之一。将氢气储存于凝聚态物质中是近二十年储氢材料研究的热点，各种新颖的材料被陆续地开发出来。然而这些材料均存在自身的不足，因此开发安全、高效、廉价的氢气储存和运输载体，将为燃料电池汽车推广，以及氢能源规模化应用提供有效地解决方案。

近期，该团队提出一种全新的策略：利用金属的电负性差异，修饰有机储氢材料的电子性质，合成出了一类新颖的有机-无机杂化储氢体系——金属有机化合物。理论计算表明，增加有机碳环中的电子密度，可以显著降低有机物的脱氢焓变，且电子密度越高，脱氢焓变越低，科研人员利用具有较强供电子性质的碱金属或碱土金属改性有机储氢材料，发现其环中电子密度明显增加，从而有效地降低了有机材料的脱氢焓变；同时理论计算还表明，随着金属的供电子性质增强，材料的脱氢焓变越低，即通过选择不同的金属，可以可控地调变材料的脱氢焓变，从而在热力学上控制材料的脱氢温度。本工作以钠修饰的苯

酚-环己醇为例，计算发现其脱氢焓变可以从 64.5kJ/mol-H_2 降低为 50.4kJ/mol-H_2；此外，随着金属给电子能力增强，环己醇钠 α 位 C-H 键键长增加，二者成线性关系，这说明材料经过有机无机杂化后，已经被活化，并且脱氢过程中 α 位 C-H 键优先断裂。

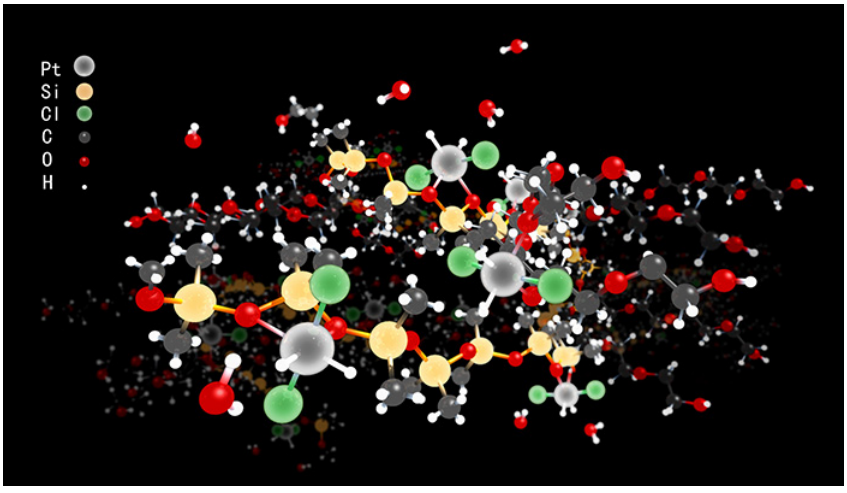
实验结果发现，苯酚钠-环己醇钠体系可以在 150℃、商业催化剂下完成可逆储氢循环。而将材料溶解于水中进行储氢循环反应后，可以进一步将材料的加脱氢温度降低至 100℃以下。这相对于常见的液态有机储氢材料有明显的降低，该类金属有机化合物可以在常温常压下存储和运输氢气，避免高压气罐带来的危险。另外，由于有机底物种类多、变化多，与无机金属杂化后可以衍生出更多种类的候选材料，供进一步筛选。因此，该研究为未来低温可逆储氢材料的开发开辟了崭新的思路。



研究亮点之九

首次制备出液体中稳定存在的还原态单核铂原子

兼聘研究员张宗超研究员团队在液态聚二甲基硅氧烷-聚乙二醇(PDMS-PEG)-乙醇-水溶剂体系中，通过乙醇将二价和四价的铂离子还原，成功地合成了能够稳定存在，并在硅氢加成催化反应中表现优异的金属态铂原子。该团队还和美国特拉华大学(University of Delaware)白实教授合作，对制备的含高浓度单核铂原子的液体和将该液体进行固载后的样品进行了系统的表征和理论计算。相关研究成果发表于《自然-通讯》(*Naure Communication, 2019, 10, 996*)上。



固体负载型单原子催化在近些年成为研究的热点。然而，由于还原态金属单原子在溶液中很容易聚集为金属纳米粒子，在溶液中制备稳定的金属态单原子催化剂具有极大的挑战。传统的均相催化剂通常采用强配体配位方式来稳定还原态单核金属原子，但是强配体对金属原子的饱和配位会抑制催化反应的发生和降低反应的速率。为解决上述问题，该研究团队利用乙醇还原高价铂前驱体(H_2PtCl_6 或 K_2PtCl_4)，利用液体 PDMS-PEG 起到保护作用，成功地制备出类

均相铂(Pt)活性中心的单原子催化剂。为确定制备条件和铂的存在状态，以及配体之间的关联，白实研究团队对自然丰度的 C=O 和 13C=O 配位的铂原子体系作了系统的 195Pt 和 13C 核磁表征，确定了铂主要以 Pt1(0)单核金属状态稳定存在于该溶液体系中。通过 UV-Vis、FIR、XPS、DRIFT 等表征实验也证明了铂原子的还原状态及单核特性。研究还发现，将液体中的 Pt1(0)负载在氧化硅的表面，仍然可以保持其单核分散的状态。氯离子色谱分析结果和理论计算数据均表明铂原子以$(R1OR_2)_2Pt(0)Cl_2H_2$(R1,R2=Si,C 基团或 H)的形式存在，并首次确定了 Cl–和 H+稳定金属原子的配位结构。此外，研究还发现用碱中和 HCl 会造成铂的团聚，并且这类铂原子在 X 射线或电子束作用下易发生团聚，但它们在 120°C 的溶液中仍能够稳定存在，在室温存放半年以上也可以保持稳定。

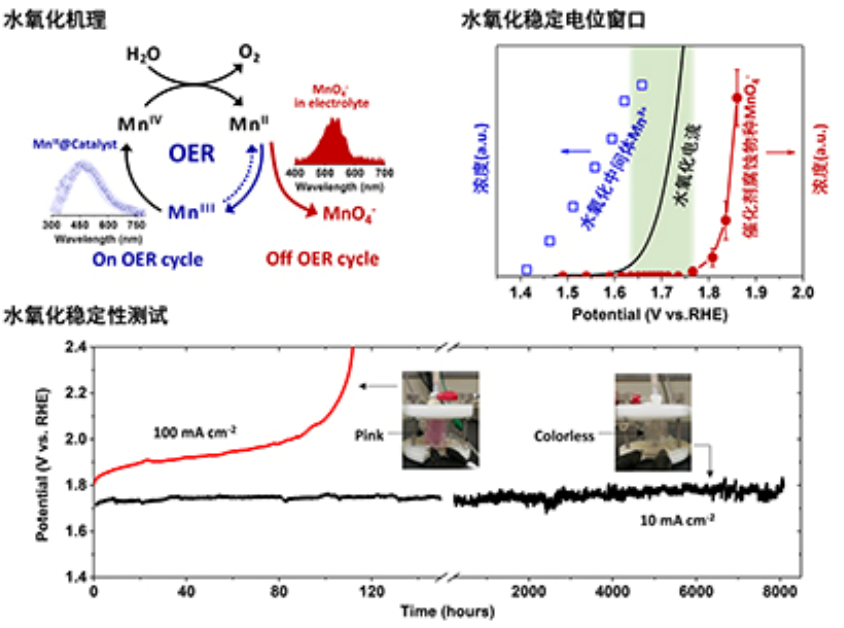
硅氢加成反应是合成硅橡胶过程中 C-Si 键形成的一个重要反应。传统的 Speier 和 Karstedt 均相体系铂催化剂存在着催化活性较低，选择性较差，并且催化剂易团聚失活的问题。该团队将制备的液相单核铂原子催化剂用于催化 1-辛烯和含氢硅烷的硅氢加成反应，β 加成产物的选择性近 100%，催化剂铂的转化频率(TOF)值高达 1.2X107(50°C)，是传统 Karstedt 铂催化剂催化活性的近 100 倍。且该催化剂通过离心回收，可以重复使用，并在催化过程中，反应体系始终保持澄清透明，表明该单核铂原子催化剂未发生团聚。同时，反应前后的 195Pt 的 NMR 数据表明催化剂仍保持着以 Pt 为活性中心的单原子状态，该铂催化剂转化数(TON)值超过 5X108 之后仍未发现活性降低。

研究亮点之十

酸性条件下长寿命非贵金属电解水催化剂方面取得新进展

韩洪宪研究员和李灿院士团队与日本理化学研究所(RIKEN)Ryuhei Nakamura 教授研究团队合作，在酸性条件下非贵金属电催化分解水研究方面取得新进展，相关研究成果发表在《德国应用化学》(Angew. Chem. Int. Ed.)上。

将太阳能转化为俗称“液态阳光”的“太阳能燃料”，是应对未来化石燃料枯竭和气候变化的重要可再生能源策略。近年来，太阳能等可再生能源发电逐步成为最为廉价的发电技术。利用光伏发电驱动电解水(PV-E)制氢，是目前最为可行的大规模可再生能源制氢技术之一。在众多电解水技术中，质子交换膜(PEM)电解水技术受到广泛关注。但是迄今为止，只有贵金属 IrOx 能在 PEM 酸性环境和阳极极化条件下稳定分解水，这极大限制了 PEM 电解水技术的大规模应用。因此，开发能够取代贵重金属 Ir 的廉价、高效、酸性稳定的析氧(OER)催化剂，对发展 PV-PEM 大规模制氢技术尤为重要。太阳能研究部长期致力于光催化、光电催化和电催化分解水技术：在电催化方面，相继发展了镍铁氢氧化物(Angew. Chem. Int. Ed.,，2014；J. Am. Chem. Soc., 2016)，多金属双功能催化剂 FeCoNi(ACS Catal. 2018)，CoOx 纳米颗粒催化剂(Chem. Sci., 2017)，单核锰水氧化催化剂(Nature Catalysis，2018)等分解水电催化剂。然而，这些催化剂均面临酸性条件下稳定性不高问题。

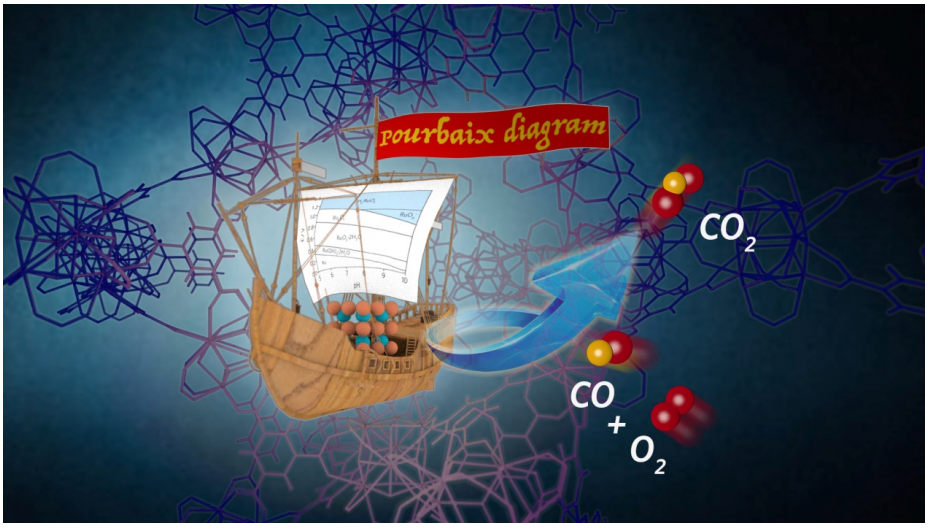


目前，尚没有关于在酸性条件下长寿命稳定分解水的非贵金属电催化剂的相关报道。本工作中，科研人员发现 γ-MnO_2 在特殊电位窗口范围内，可实现酸性条件下稳定的水分解性能，并实现了 8000 多小时的稳定性测试。该合作研究团队利用原位光谱电化学等分析方法，系统地研究了 γ-MnO_2 在酸性条件下电催化水氧化反应的活性、稳定性等问题，确定了 γ-MnO_2 酸性条件下分解水的活化、水氧化反应和腐蚀失活反应的三种电势相关性。实验表明，控制电解水反应在一定的 OER 电位窗口范围内进行是 γ-MnO_2 在酸性条件下稳定工作的一个必要条件。这一工作为发展能够取代 IrOx 的过渡金属基的廉价、稳定高效的 OER 电催化剂提供了新的思路。

研究亮点之十一

氧化物限域催化研究中取得新进展

傅强研究员和包信和院士研究团队与英国剑桥大学王铁胜博士、Stoyan K. Smoukov 教授、Anthony K. Cheetham 教授等合作，将纳米氧化物限域在金属有机框架(MOF)材料中实现高效催化过程，证明了限域微环境在调控催化性能上的重要作用。相关结果发表在《自然-通讯》(*Nature Communications, 2019, 10, 1340*)。



催化活性中心所处的微环境能够对催化体系的物理和化学状态产生强烈的限制作用，从而可以有效调控催化性能，这一“限域催化”效应是多相催化中的一个重要概念(中国科学：化学 2012, 4, 355)。长期以来，该团队探索了在一维碳管纳米反应器和两维层间纳米反应器中的限域催化过程，发现这些限域微环境对催化反应的有效调控作用(Acc. Chem. Res. 2011, 44, 553; Chem. Soc. Rev. 2017, 46, 1842)。最近，剑桥大学的材料科学家利用无机化学中的普尔贝图(Pourbaix Diagram)，发展出一个普适的在纳米孔内合成客体材料的有效方法(Pourbaix Enabled Guest Synthesis/普氏客体合成法)，实现在 MOF 孔内填充氧化

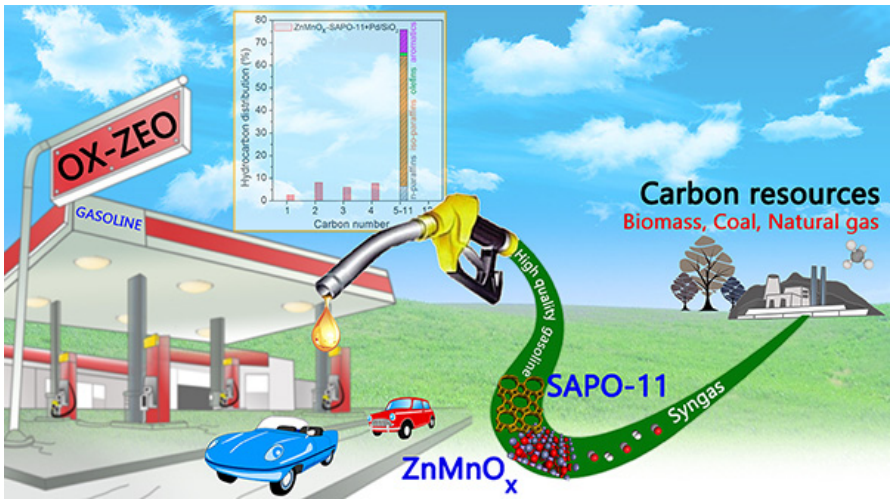
钌纳米结构。利用这一材料，我所研究人员发现在零维纳米孔反应器中的限域效应弱化 CO 和 O 在氧化物表面上的吸附，使得该氧化物结构表现出惊奇的低温催化 CO 氧化性能。这一结果说明零维纳米反应空间中微环境限域弱化表面吸附并增强催化性能，与一维和两维限域空间中发现的效应是统一的(J. Am. Chem. Soc. 2015, 137, 477; PNAS 2017, 114, 5930)。

研究亮点之十二

合成气定向转化方面取得新进展

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，相关结果发表在《德国应用化学》(*Angewandte Chemie-International Edition, 2019, 58,7400-7404*)上。

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。该团队近年来提出了 OX-ZEO 催化剂设计概念，通过部分还原的金属氧化物和分子筛耦合的纳米复合双功能催化剂，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生成 C2=-C4=混合低碳烯烃(Science, 2016; ACS Catalysis, 2017; ACS Catalysis, 2019)、乙烯(Angew. Chem. Int. Ed., 2018)和芳烃(Chemical Communications, 2017; Journal of Energy Chemistry, 2019)。



该团队进一步利用一维十元环直通孔道分子筛的限域择型作用调变了反应产物，可将合成气一步转化制备出高品质汽油。当 CO 转化率为 20%时，烃类产物中汽油的选择性高达 77%，高于 Anderson-Schulz-Flory(ASF)分布中汽油

最高选择性(48%)。更重要的是，汽油中异构烷烃含量高，研究法辛烷值(RON)达 92(辛烷值是反映燃料抗爆性能的数字指标，辛烷值越高代表燃料抗爆性能越好，经过传统低温费托合成获得的汽油的 RON 大约是 35-43)，且其中芳烃含量降至 16%，低于国标中限定的芳烃含量(<35%)。

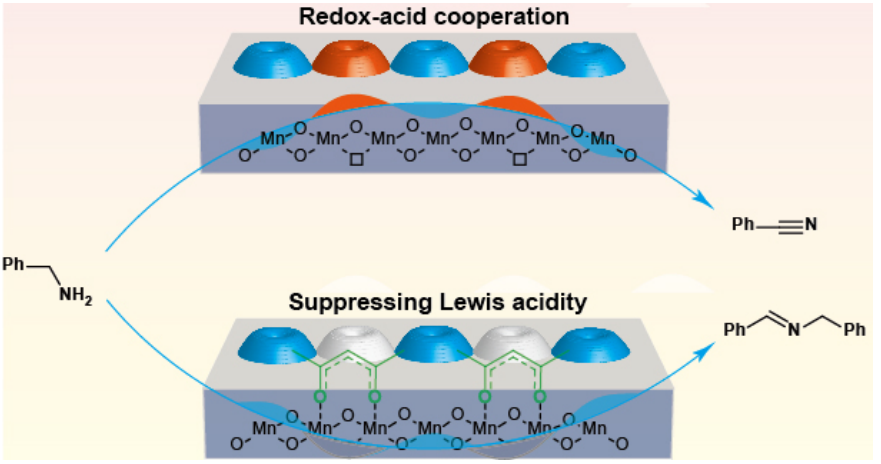
该研究成果为合成气直接制高品质汽油的发展提供了新的研究思路与重要的科学依据，也再次验证了 OX-ZEO 催化剂设计概念具有一定普适性，开拓了煤经合成气转化制化学品的新战略、新途径。

研究亮点之十三

乙酰酮修饰锰氧化物 L 酸催化胺选择氧化研究取得新进展

兼聘研究员徐杰研究员和我所马继平副研究员等在乙酰酮修饰锰氧化物 L 酸催化胺选择氧化研究方面取得新进展，相关文章发表于《自然通讯》(*Nature Communication, 2019, 10, 2338*)上。，

过渡金属氧化物的表面性质是影响催化选择性的关键因素，如在不同锰氧化物表面上，有机胺可选择氧化脱氢制有机腈，或氧化偶联制亚胺，但是目前仍然缺少有效策略对其选择性精准调控。该团队在前期研究中，利用有机羧酸对锰氧化物表面修饰，可抑制锰氧化物对醇类的吸附性能，使醛类氨氧化产物选择性大幅提高(Nature Communications, 2018)。在此基础上，本工作研究了乙酰酮类化合物对锰氧化物表面 Lewis 酸性的修饰作用，以实现催化胺氧化制亚胺产物的高选择性。



研究表明，通过不同结构的乙酰酮对锰氧化物表面进行修饰，可以调控锰氧化物表面的 Lewis 酸性。在催化氧化苄胺及其衍生物反应中，可分别实现高

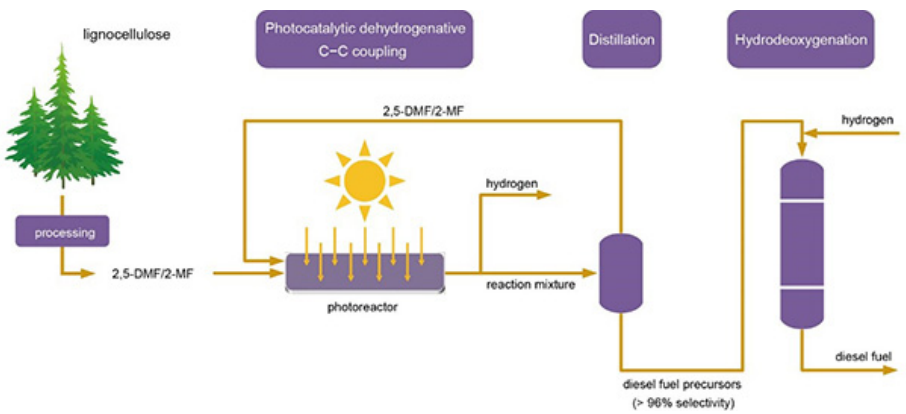
选择性制备亚胺或腈：例如锰氧化物未经修饰时，催化氧化苄胺主要得到有机腈产物，收率为 86.5%；当用乙酰丙酮对催化剂修饰时，主要氧化产物为亚胺，收率可达到 90.6%。本工作利用乙酰酮类化合物的络合能力，调变了锰氧化物表面 Lewis 酸性和催化氧化性能，对于深入理解金属氧化物表面与有机胺选择氧化的构效关系具有重要意义。

研究亮点之十四

生物质制氢和柴油领域取得新进展

兼聘研究员王峰团队在生物质制氢和柴油领域取得新进展，相关成果发表在《自然-能源》(*Nature Energy, 2019, 4, 575-584*)上。

由于生物质储量大、年产量高且容易被氧化，因此光催化生物质制氢是一种有潜力的制氢方式。目前生物质制氢后通常被转化成了组分更复杂，更难以解聚的产物而成为废弃物，限制了生物质制氢的应用。因此，在制氢的同时，把生物质选择性地转化成化学品或油品，将降低产物生成的成本，并实现生物质的完全利用。



该团队利用可见光催化无氢受体的脱氢 C-C 偶联反应(ADC)和自由基的共振特性，将木质纤维素下游产物 2-甲基呋喃和 2,5-二甲基呋喃转化为组分非常丰富的柴油前驱物(Diesel Fuel Precursors, DFPs)。该过程同时产生了同等量的氢气，并可以在 452nm 波长取得最高 15.2%的柴油前驱物量子产率。该柴油前驱物组分为呋喃类化合物，包含的碳数范围为 C10~C12 和 C15~C18，并同时含有直链和支链烷烃的前驱物，其中支链烷烃前驱物的选择性约为 41%。将该柴油前驱物加氢脱氧后可以得到相应的烷烃组成的柴油。该合成柴油 86%以上的

组分为直链和带一个支链的烷烃，与石油来源柴油中链烷烃结构相近。实验表明，产生的氢气可以单独使用，也可以用于加氢脱氧反应，从而减少该过程氢气的使用。综合原位 X 射线吸收光谱(XAFS)和理论计算等催化表征方法揭示了 Ru 掺杂 $ZnIn_2S_4$ 中取代六配位 In 离子的 Ru 离子是提高光催化效率的主要原因。

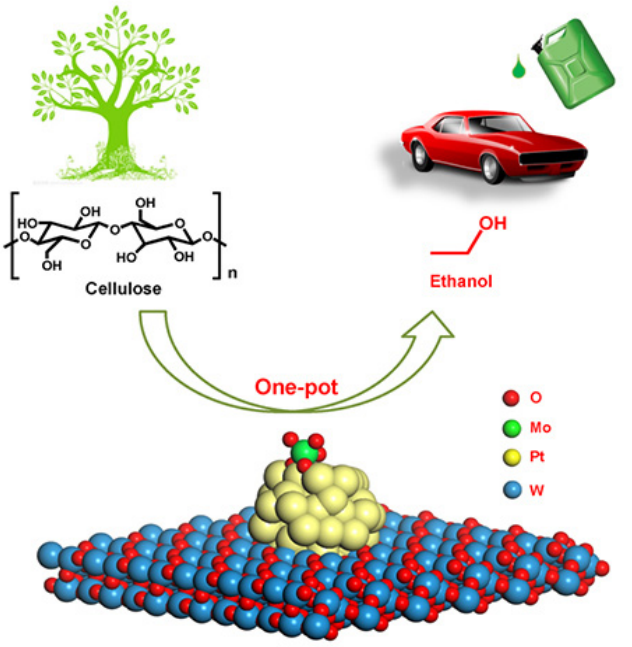
该研究工作成功实现了生物质制备氢气和柴油，实现了生物质的完全利用。此外，制备的柴油组分非常丰富，同时包含直链和支链烷烃。该工作提出了可持续碳资源和太阳能转化为清洁能源(H_2，柴油或煤油)的方式。

研究亮点之十五

生物质催化转化研究

兼聘研究员王爱琴、张涛院士团队在生物质催化转化研究方面取得新进展，发展了一种多功能 Mo/Pt/WOx 催化剂，首次将纤维素“一锅”高效转化为乙醇。相关工作发表在《焦耳》(*Joule, 2019, 3, 1937-1948*)上。

纤维素作为自然界最丰富的生物质资源，可大量来源于农林废弃物，其不可食用的特征使其成为理想的可再生碳资源用来生产燃料和化学品，纤维素乙醇是最重要的生物燃料之一。然而到目前为止，利用生物发酵的技术生产纤维素乙醇仍然面临各种技术经济上的挑战。有鉴于此，探索非生物转化路线生产纤维素乙醇具有重要的意义。



张涛和王爱琴团队一直致力于生物质中 C-C 键和 C-O 键选择性断裂制备重要小分子醇的研究。该团队首创了纤维素氢解制乙二醇的催化转化反应(Angew.

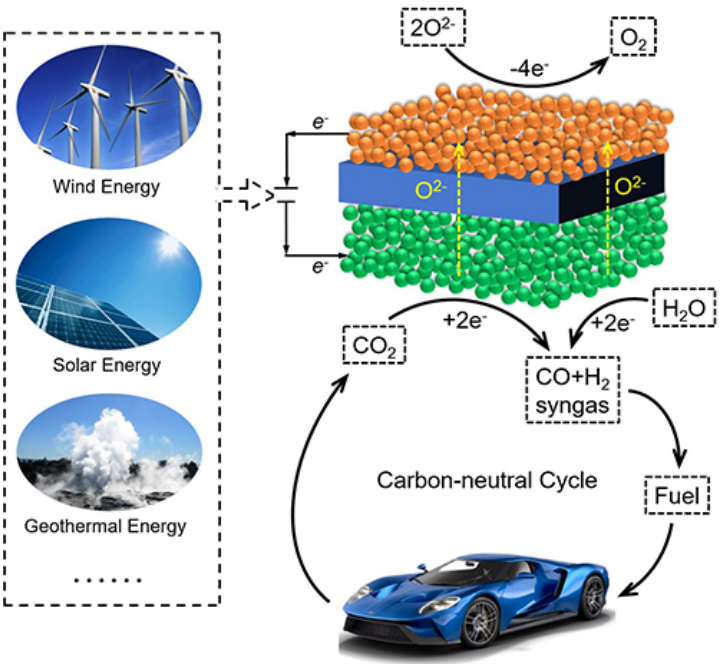
Chem. Int. Ed., 2008；Acc. Chem. Res., 2013)，发现了含钨(W)化合物在催化纤维素 C-C 键选择性断裂反应中的独特作用，并提出了纤维素可以经由先氧化酯化、再加氢还原制备乙醇的二步法(ChemSusChem, 2017；Green Chem., 2018)。

在此基础上，他们结合甘油氢解制 1,3-丙二醇(ChemSusChem, 2016；ChemSusChem, 2017)的催化剂研究，提出了一种新的 Mo/Pt/WOx 多功能催化剂，将纤维素氢解制乙二醇和乙二醇氢解制乙醇巧妙地耦合起来，实现了纤维素直接氢解制乙醇的过程，乙醇碳收率达到 43.2%。同时该催化剂还表现出了优异的稳定性和抗 CO 中毒性能，使其在未来的实际应用中具有较大的潜力。通过多种光谱表征，该研究团队提出了如图所示的 5OMo-Pt-WOx 活性位结构，其中 MoO_5 呈现配位不饱和的单分散形式，通过与纳米 Pt 表面的相互作用，进而调变 Pt-WOx 的电子相互作用，促进乙二醇氢解为乙醇的反应。

研究亮点之十六

高温二氧化碳电解进展报告

汪国雄研究员和包信和院士团队应邀在《先进材料》(*Advanced Materials, 2019, 31, 1902033*)上发表题为“固体氧化物电解池中高温二氧化碳电解的发展、挑战与展望”(High-Temperature CO_2 Electrolysis in Solid Oxide Electrolysis Cells: Developments, Challenges and Prospects)的进展报告。



固体氧化物电解池(Solid Oxide Electrolysis Cell，SOEC)将 CO_2 和 H_2O 转化为合成气、烃类燃料并联产高纯度 O_2，具有全固态和模块化结构，以及反应速率快、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。该进展报告介绍了 SOEC 的发展历程、CO_2 电解机理、SOEC 电极和电解质材料，探讨了电极组成和微观结构对 CO_2 电解性能的影响；总结了 SOEC 的衰减机制，以及燃料协助型 SOEC 和高压 SOEC 的发展状况；最后，展望了利用原位动态表征技术研究电极反应机理，为研制高性能

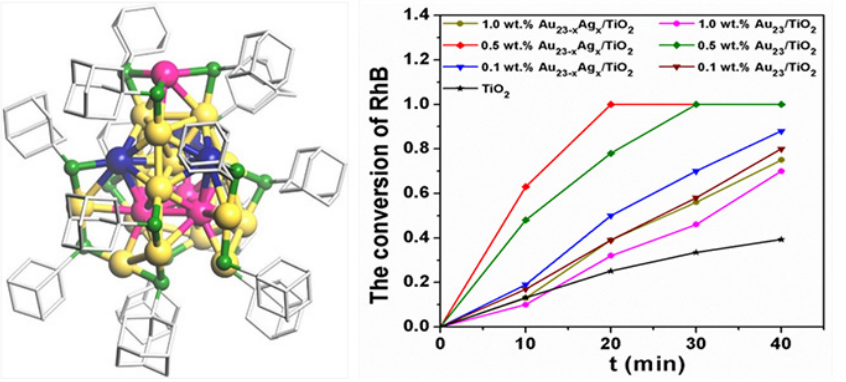
电极材料提供指导，同时通过阳极耦合烷烃转化来实现 SOEC 高效生产燃料和化学品。

汪国雄和包信和团队近期致力于高温 CO_2 电解研究：通过浸渍和原位还原手段构建了一系列金属-氧化物界面结构，同时形成大量氧空位，有效增强了阴极 CO_2 在高温下的吸附活化和阳极氧析出反应，显著提高了 CO_2 电解性能；结合电化学交流阻抗谱、电化学原位近常压 XPS 和理论计算，揭示了在 SOEC 阴极，界面结构主要促进 CO_2 的吸附和解离，在 SOEC 阳极，界面结构促进氧物种从氧化物向金属表面溢流。相关研究结果发表于 Angew. Chem. Int. Ed.，2019；Nano Energy，2018；Energy Storage Mater.，2018；J. Mater. Chem. A，2018；J. Mater. Chem. A，2019 等。

研究亮点之十七

贵金属合金团簇合成及其催化应用研究

黄家辉研究员与上海科技大学李涛副教授、燕山大学孙科举教授合作，在贵金属合金团簇研究方面取得新进展，相关结果发表在《德国应用化学》(Angewandte Chemie-International Edition)上。



相比单组分金团簇，金银合金团簇的化学、物理性质发生了很大变化，这主要归因于银原子的引入改变了单组分金团簇的电子结构和表面排布，进而产生显著的协同效应，使金银合金团簇在催化、传感、生物成像、药物传输和癌症治疗等方面具有较大的应用潜力。

本工作中，科研人员选用体积较大且具有刚性的金刚烷硫醇作为配体，通过简单的一锅法合成了一种结构新颖的 Au_{23}-xAg_x(S-Adam)$_{15}$ 团簇(x=4-7)。结构分析显示，该团簇由二十面体内核 Au_{13}-xAgx 及外层桥连的 3 个 $Au_3(SR)_4$、1 个 AgS_3 所构成。Au_{23}(S-Adam)$_{16}$ 团簇的 HOMO-LUMO 禁带宽度为 2.1eV，由于银原子掺杂，Au_{23}-xAg_x(S-Adam)$_{15}$ 合金团簇的禁带宽度缩小为 1.5eV。理论计算表明，$Au_{19}Ag_4$(S-Adm)$_{15}$ 团簇是 Au_{23}-xAg_x(S-Adam)$_{15}$ 团簇中最稳定的结构。相比于 Au_{23}/TiO_2 催化剂，Au_{23}-xAg_x/TiO_2 作为催化剂在罗丹明、苯酚可见光催

化降解反应中展示了更优的催化性能。此外，进一步的电镜表征结果显示，银原子的引入增强了 Au_{23}-xAg_x 团簇的反应稳定性，而 Au_{23} 团簇则明显聚集长大。该工作对深入研究贵金属团簇结构与性能相互关系提供了重要信息。

研究亮点之十八

二维材料限域催化进展报告

邓德会研究员和包信和院士团队在《先进材料》(*Advanced Materials, 2019,31,1901996*)上发表题为“二维材料限域催化用于能源转化”(Confinement Catalysis with 2D Materials for Energy Conversion)的进展报告。

二维材料独特的几何和电子结构使其在催化领域引起了科研人员广泛的研究兴趣。其中，二维材料自身的晶格，以及二维材料与其它材料形成的杂化结构为催化活性位提供了独特的限域环境。对于二维材料限域催化的基本理解将有助于理性设计高性能的二维催化剂。二维材料限域催化在能源小分子如氧气、氢气、水、一氧化碳、二氧化碳、甲烷和甲醇等催化转化方面，有着潜在的应用前景。作为两个代表性的二维材料限域催化体系，二维材料晶格限域单原子和二维材料限域金属颗粒已在一些催化反应中展现出了高的催化活性、选择性和稳定性。该进展报告总结了二维材料限域催化体系在结构设计、反应应用，以及构效关系中的研究进展，重点介绍了不同二维材料表界面调控方式对

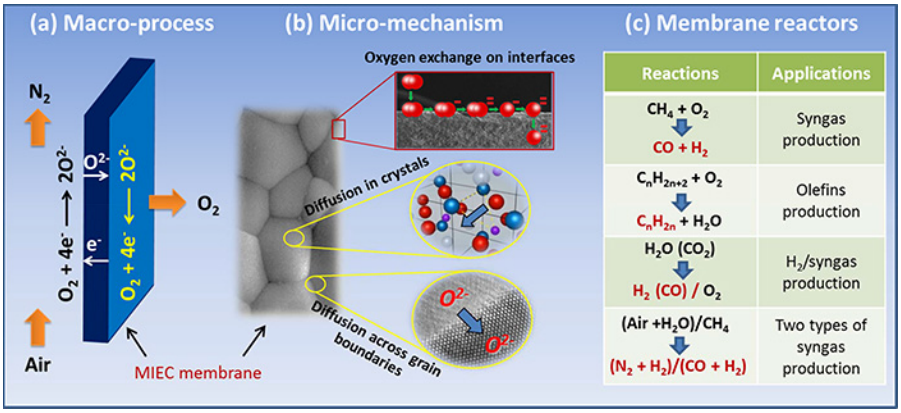
限域环境和活性中心的影响，并就二维材料限域催化在能源小分子转化和利用方面进行了总结和展望。

邓德会与包信和团队长期致力于二维材料与能源小分子催化转化研究。近年来，在二维材料限域催化方面取得了系列重要研究进展。在二维材料限域单原子催化方面，该团队利用低温溶剂热的方法，直接化学合成了氮原子掺杂的石墨烯,并利用低温 STM 首次直接观测到石墨烯限域氮原子的原子结构(Chem. Mater., 2011；Nat. Nanotechnol., 2016)；利用固相球磨的方法将 metal-N_4 限域在石墨烯晶格中，首次直接观察到 Fe-N4 中心的原子和配位结构，该系列催化剂在甲烷、苯等选择氧化转化中表现出了优异的催化活性和选择性(Sci. Adv.，2015；Angew. Chem., Int. Ed., 2016；Chem, 2018；Chem, 2019)；首次提出利用限域的杂原子调变二维硫化钼的面内活性(Energy Environ. Sci., 2015；Nat. Commun., 2017；Chem. Rev., 2019)。在二维材料限域金属颗粒催化方面，该团队为解决非贵金属催化剂在苛刻条件下的不稳定性问题，利用石墨烯限域非贵金属颗粒作为催化剂，在国际上率先提出“铠甲催化”的概念，为苛刻条件下高稳定催化剂的设计提供了新途径(Angew. Chem. Int. Ed., 2013；Angew. Chem. Int. Ed., 2015；Energy Environ. Sci., 2016；Adv. Mater., 2017)。

研究亮点之十九

透氧膜相关的进展报告

朱雪峰研究员和杨维慎研究员在《先进材料》(Advanced Materials)上发表题为“Microstructural and Interfacial Designs of Oxygen Permeable Membranes for Oxygen Separation and Reaction–Separation Coupling”的进展报告。



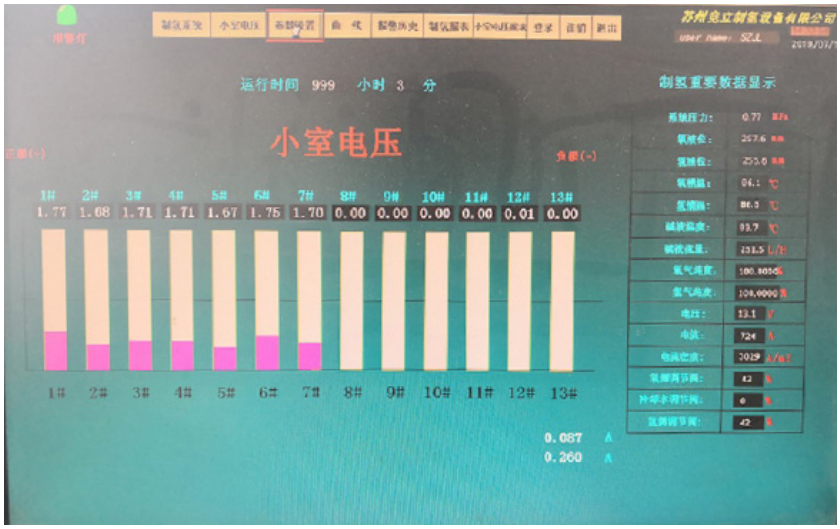
透氧膜在氧气分离方面具有分离选择性高、能耗低、过程简单的优势，不仅可用于小规模制氧，更适合大规模制氧。透氧膜反应器可将反应和分离两个彼此独立的过程合并为一个单元操作，不仅简化了操作过程、减少了设备投资、降低了过程能耗，而且打破了化学反应平衡的限制，提高了可逆反应的转化率。因此，膜反应器技术有可能对未来化学工业产生重要影响。该进展报告详细讨论了近年来氧渗透模型的发展，介绍了微观结构和界面效应对膜性能的影响，提出了通过对微结构和界面同时设计提高渗透性和稳定性的膜材料设计策略。报告还介绍了基于高性能膜材料的高效催化膜反应器研究的最新进展，展望了透氧膜用于氧气分离和反应分离耦的发展前景及面临的挑战。

近年来，该研究团队发展了新的渗透模型(AIChE J., 2012)，并利用该模型对氧渗透机理和膜材料微结构变化的影响进行了深入研究(AIChE J., 2015；AIChE J., 2016；AIChE J., 2017)；揭示了透氧膜低温衰减机理，并提出表面微结构和晶界修饰策略解决低温衰减的问题(Angew. Chem. Int. Ed., 2013；Nano Lett., 2015)；构建了新型高性能催化透氧膜反应器(Angew. Chem. Int. Ed., 2016)，实现了两种合成气的一步制备及高效氢分离(Energy Environ. Sci., 2017)

研究亮点之二十

电解水制氢

李灿院士领导的团队开发的新一代电解水催化剂，在苏州竞立制氢设备有限公司及考克利尔竞立(苏州)氢能科技有限公司制造的规模化碱性电解水制氢中试示范工程设备上实现了稳定运行。经过在额定工况条件下长时间的运行验证，电解水制氢电流密度稳定在 4000A/m^2 时，单位制氢能耗低于 4.1kWh/m^3H_2，能效值大于 86%；电流密度稳定在 3000A/m^2 时，单位制氢能耗低于 4.0kWh/m^3H_2，能效值约 88%。这是目前已知的规模化电解水制氢的最高效率。



利用太阳能等可再生能源分解水制氢，是实现绿色氢能经济的必由之路，也是未来氢燃料电池的氢源发展方向。将太阳能等可再生能源转化储存为化学能的关键步骤是水分解(光解水和电解水)过程。其中，电解水制氢技术相对成熟，并已经工业化应用。但电解水制氢能量转化效率长期徘徊在 50-70%之间，是电解水成本居高不下的主要原因之一。本项目的进展将对氢能领域的发展和实现氢能经济具有重要的科学和实践意义。

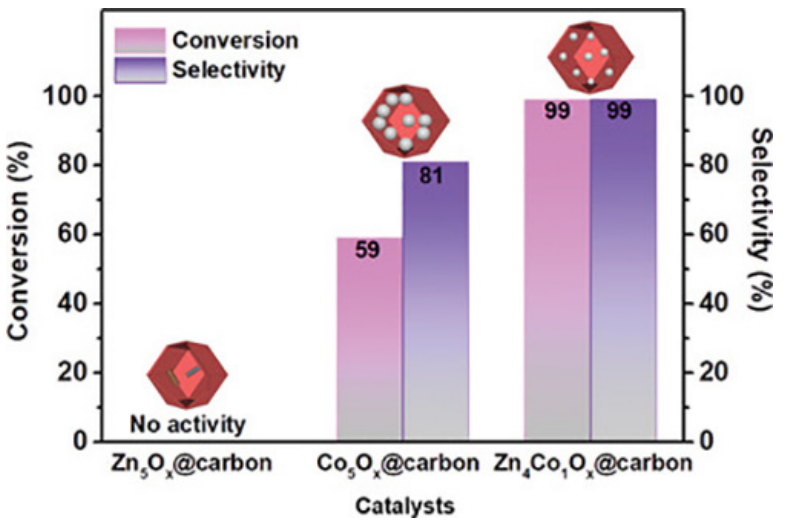
该团队研发的新一代电催化剂将装配于千立方/小时电解水制氢装置，并应用于兰州新区千吨级太阳燃料工业化示范工程项目，预期可将大规模工业电解水制氢设备能耗降低15%以上，将提升电解水制氢工业的能量效率、显著降低成本，推动实现大规模电解水工业化过程。

研究亮点之二十一

钴纳米颗粒精确限域在氮掺杂多孔碳壳内的制备策略

微纳米反应器与反应工程学创新特区研究组刘健研究员团队，发展了一种将钴单金属或钴氧化物纳米颗粒限域在氮掺杂的纳米多孔碳壳内的制备方法，并将此非贵金属催化体系用于硝基芳烃催化氢化反应。

硝基苯制取苯胺是工业上非常重要的催化反应过程，目前工业上所用催化剂反应活性低，氢化选择性差。对于硝基芳烃催化氢化反应，已经证明贵金属催化剂表现优异，但其昂贵且稀有，因此发展廉价、丰富并且能够促进催化活性的过渡金属尤为重要。



在本研究中，科研人员通过在一系列 Zn/Co 双金属沸石咪唑骨架(Zn/Co-ZIF)表面包覆聚合物，再利用水热处理和受限热解的简易策略，得到蛋黄-蛋壳结构的 Co-CoOx@N-C。由于锌的空间限制及其在高温下的高挥发性，热解过程中钴颗粒的烧结被抑制，使剩余催化剂的比表面积增加。研究发现，相比于单金属 Co ZIF，锌的加入提供了协同效应，大大增强了钴纳米粒子与碳

壳之间的强相互作用，有助于更好地分散钴纳米粒子。此外，科研人员通过调节双金属 Zn/Co-ZIF 中的原始锌含量，可以优化催化剂比表面积和钴纳米颗粒尺寸，从而提高整体催化活性。实验结果表明，Zn_4Co_1Ox@carbon 是硝基苯加氢制苯胺反应的高活性和高选择性催化剂(选择性>99%)。此外，Zn_4Co_1Ox@carbon 也显示出优异的催化稳定性，在 8 个反应循环后没有失活。Co-CoOx@N-C 催化剂为精细化学品生产的绿色和可持续的催化过程提供借鉴。

刘健团队长期致力于在微/纳米反应器结构的设计和调控方面的研究，针对如何在设计微/纳米反应器时精确控制组成和选择活性位的问题，该团队成功构建了一种蛋黄-蛋壳结构的亚微米反应器，将负载金属纳米粒子的亚微米反应器合成为核壳结构，并在苯乙炔的半加氢催化反应中展示了高的选择性和稳定性(Advanced Functional Materials, 2018)；利用含氮微球实现对微小 Ru 金属纳米颗粒的锚定，大大促进活性与稳定性(Chemical Engineering Journal, 2019)。

研究亮点之二十二

煤经合成气直接制低碳烯烃技术成功完成工业试验

我室与陕西延长石油(集团)有限责任公司(以下简称“延长石油集团”)合作，在陕西榆林进行了煤经合成气直接制低碳烯烃技术的工业中试试验，取得圆满成功，催化剂性能和反应过程的多项重要参数超过设计指标，总体性能优于实验室水平。

该技术基于我室包信和院士和潘秀莲研究员领导的团队取得的“合成气转化高选择性制低碳烯烃”OX-ZEO 原创性基础研究成果(2016 年发表于美国《科学》杂志，当年被评为中国科学十大进展)，试验开车一次成功，实现 CO 单程转化率超过 50%，低碳烯烃(乙烯、丙烯和丁烯)选择性优于 75%，是世界上首套基于该项创新成果的工业中试装置。本次试验的成功，进一步验证了该技术路线的先进性和可行性，加快了该技术的产业化进程，将为我国进一步摆脱对原油进口的依赖，实现煤炭清洁利用提供一条全新的技术路线。

OX-ZEO 从原理上颠覆了 90 多年来煤化工一直沿袭的由德国科学家于上世纪 20 年代发明的费托合成路线，创造性地采用复合氧化物和分子筛耦合的催化新策略，创制新型复合催化剂，实现煤经合成气(CO 和 H_2 混合气体)直接制备转化制低碳烯烃等高值化学品的新路线。该成果摒弃了传统的高水耗和高能耗的水煤气变换制氢过程以及中间产物(如甲醇和二甲醚等)转化工艺，从原理上开创了一条低耗水(反应中没有水循环，不排放废水)进行煤经合成气一步转化的新途径，初步回应了李克强总理“能不能不用水或少用水进行煤化工”的关切。这项成果被同行誉为“煤转化领域里程碑式的重大突破”，《科学》杂志同期刊发了以“令人惊奇的选择性”(Surprised by Selectivity)为题的专家评述文章，认为该过程未来在工业上将具有巨大的竞争力。

OX-ZEO 在 2016 年首次报道后，包信和和潘秀莲领导的团队立即与刘中民院士领导的应用开发团队进行合作，优势互补、强强联合，大力推动该技术的应用研究，并积极与延长石油集团合作，实现高端架构、产研融合。三年来，合作各方聚焦本领域世界科技前沿，紧扣国民经济发展的重大需求，通力合作、奋力拼搏，攻克一道道技术难关、克服一个个实际困难，成功走出了一条从实验室基础研究成果到工业化开发的创新引领、协同攻关之路，为我国科技成果的转化应用示范了一条有效新途径。

9 月 19 日，中国科学院在我所举行“煤经合成气直接制低碳烯烃”技术工业试验成果发布会。会议由中国科学院科学传播局局长周德进主持。包括新华社、经济日报、科技日报、中央广播电视总台央广、中国科学报、中国化工报、环球财经、中国能源报、辽宁电视台、辽宁日报、陕西日报、陕西电视台、大连日报、大连电视台、延长石油报等 15 家媒体记者出席了会议。

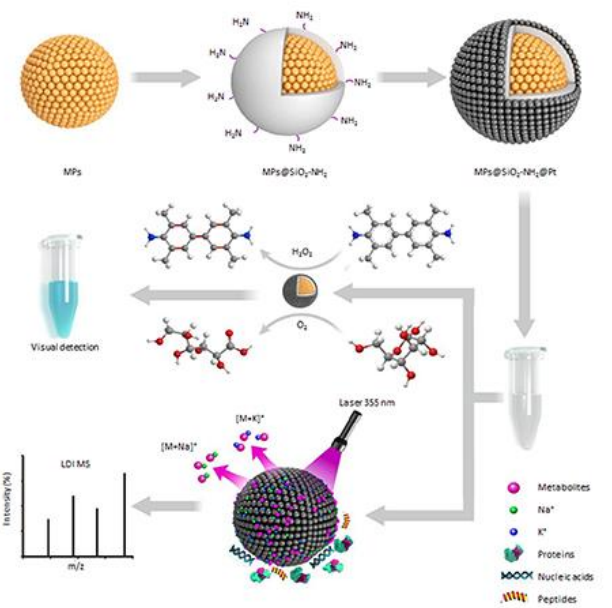
会上，包信和详细介绍了 OX-ZEO 基础研究成果，并讲述了与刘中民团队携手合作推进实验室成果向产业化发展，以及与延长石油集团进一步合作进行工业化开发的历程。延长石油集团董事长、党委书记杨悦详细回顾了与我所的合作历史，并表示将持续强化与我所的战略合作，加速合成气直接制低碳烯烃技术工程化转化和工业示范，尽早将该技术产业化。刘中民充分肯定了我所与

延长石油集团的合作模式，同时表示将认真总结合作经验，进一步创新合作体制机制，加快科技成果转化力度，努力实现双方更大的共赢。

研究亮点之二十三

多功能氧化硅铂基纳米反应器应用于胰腺癌检测

刘健研究员团队与上海交通大学生物医学工程学院钱昆研究员团队合作，创新性的应用多功能氧化硅铂基纳米反应器于胰腺癌检测中，可以同时实现代谢物的即时检测和分子分型。



胰腺癌致死率高达 98%，有“癌症之王”称号。有效的早期诊断可以将胰腺癌五年生存率提高到 67%。然而，目前针对胰腺癌的血液检查只针对 CA19-9 等特定蛋白生物标志物，其诊断性能有限，特异性仅约 30%。代谢组学处于生化途径最末端，针对正在进行的生化过程进行分析，与疾病表型关系最为密切。复杂生物系统中高浓度的蛋白、盐成分制约了代谢组的原位检测，因此想要实现代谢组学中的床旁检测(POC)仍需要依赖特殊检测技术及功能材料进行分析测定。

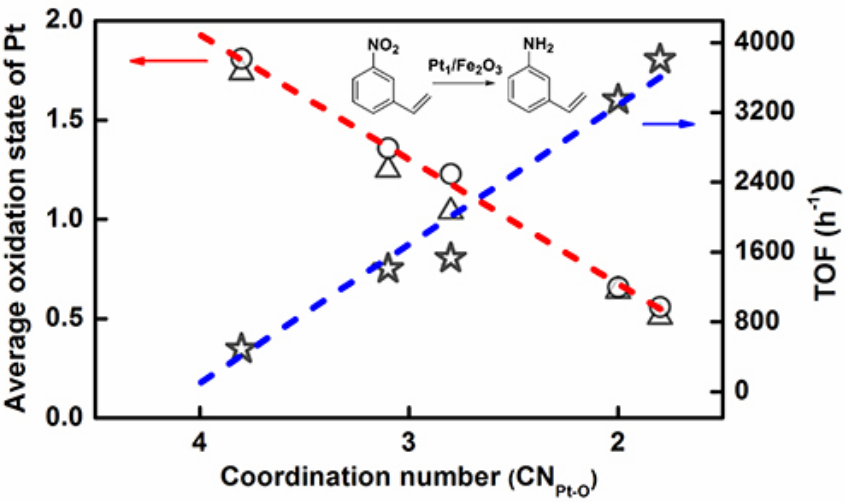
针对以上问题，刘健团队和钱昆团队合作，基于对纳米反应器构筑的基础，以多功能铂纳米反应器为核心，构建了代谢物即时检测和分子分型的多功能平台。优化后的多功能氧化硅铂基纳米反应器有两个特点，一是具有高效催化活性，可以同时取代葡萄糖氧化酶(GOx)和辣根过氧化物酶(HRP)，实现如葡萄糖等特定代谢标志物的显色检测，全程仅需 5 分钟；另一个是结合激光解吸电离质谱法分析血液代谢组，实现了胰腺癌的精准、无创液体活检，诊断灵敏度达 84%，特异性达 92%。这项工作为纳米反应器的医学诊断应用提出了新思路，不仅为胰腺癌患者的代谢变化提供了新的见解，而且对疾病的精确诊断提供潜在可能。

研究亮点之二十四

实现单原子催化剂配位环境调控

兼聘研究员王爱琴、张涛院士团队与清华大学李隽教授合作，发展了一种乙二胺络合-惰性气氛快速热处理的单原子催化剂制备新方法，在不改变单原子分散的前提下，可以精细调控单原子中心的配位环境，从而建立了单原子配位环境、电子结构和催化性能之间的关系。

2011 年，张涛研究团队与李隽和美国亚利桑那州立大学刘景月教授合作，在国际上首次报道了 Pt1/FeOx 单原子催化剂，并在此基础上提出了“单原子催化”的概念(Nat. Chem.)。在短短 8 年的时间里，单原子催化迅速成为催化领域的研究前沿(Nat. Rev. Chem., 2018；Natl. Sci. Rev., 2018；Chem. Rev., 2019)。作为一类特殊的负载型金属催化剂，单原子催化剂中活性金属原子通过与周围载体上的原子形成化学键从而达到单原子分散。但不同于金属有机配合物，单原子催化剂中的这种刚性连接结构使得调变单原子中心的配位环境非常困难。



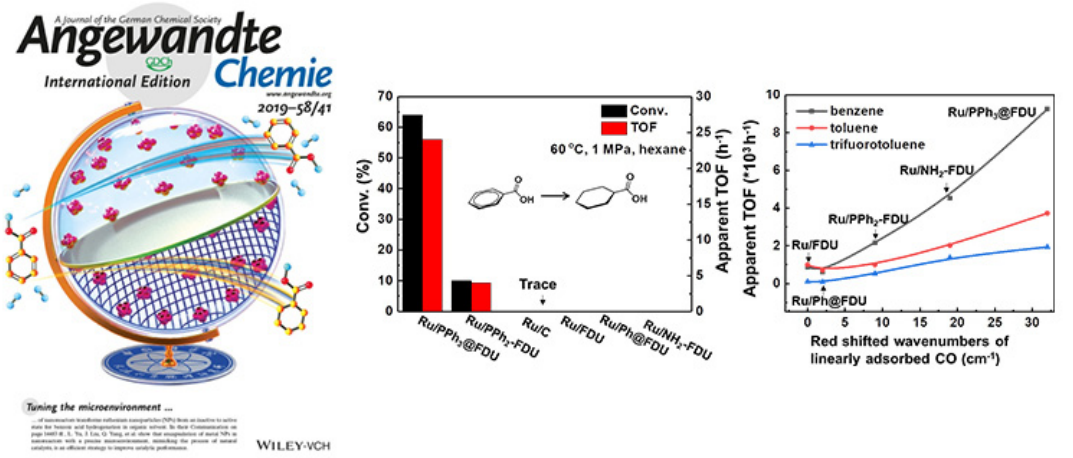
在前期研究工作的基础上(Nat.Commun., 2014；Chem. Sci., 2017；J. Am. Chem. Soc., 2017)，王爱琴和张涛团队通过创新催化剂制备方法，发展了一种乙二胺络合-惰性气氛快速热处理制备单原子催化剂的方法，不仅获得了较高负载量单原子 Pt1/Fe_2O_3-T(T：500°C-600°C)催化剂，而且通过调节快速热处理温度可以在不改变 Pt 单原子分散的前提下，精细调控单原子 Pt 中心的配位环境：热解温度越高，单原子 Pt 中心的 Pt-O 配位数越低。科研人员进一步将单原子 Pt 中心的第一壳层 Pt-O 的配位数作为预测 Pt 活性中心的电子状态以及催化加氢活性的描述符：Pt-O 的配位数越低，Pt 的平均氧化态越低，催化剂的加氢活性则越高。这种活性金属中心配位环境的可调性使单原子催化剂成为连接均相催化和多相催化之间的桥梁，为设计兼具高活性与高选择性的加氢催化剂开辟了新途径。

研究亮点之二十五

实现通过纳米反应器微环境调控促进催化加氢性能

杨启华研究员和刘健研究员团队，实现了通过纳米反应器微环境调控促进催化加氢性能。

酶催化剂的催化性能与其活性中心所处的微环境直接相关。然而，通过微环境精确调控实现人工催化剂活性和选择性的提升极具挑战。



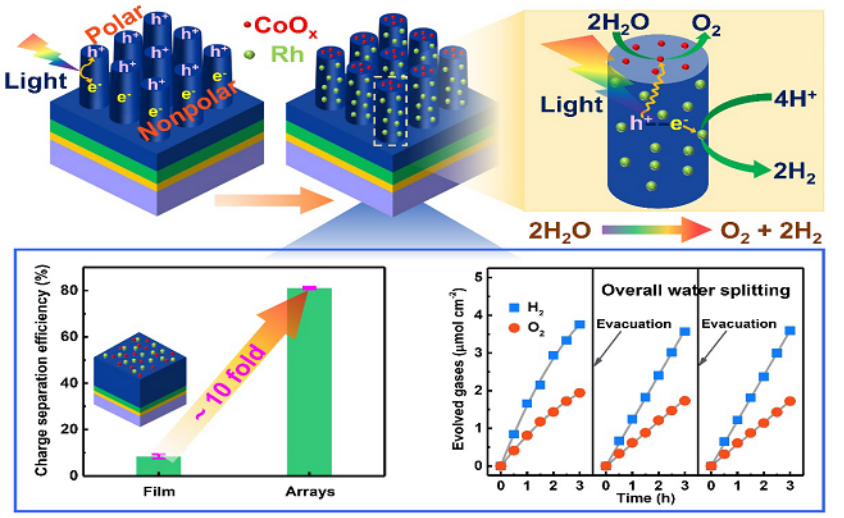
苯甲酸加氢制备环己基甲酸是工业生产尼龙 6 原料己内酰胺的重要中间过程，但是金属纳米粒子催化剂对此反应的活性不高，尤其是在非质子性溶剂中。为了提高金属纳米粒子的催化活性，该团队在有机功能基团(如氨基，三苯基膦，二苯基膦，苯基)修饰的纳米反应器中引入 Ru 纳米粒子。研究表明，膦配体修饰纳米反应器中的 Ru 纳米粒子在正己烷中可高效催化苯甲酸加氢，而其他纳米反应器中的 Ru 纳米粒子以及商业化 Ru/C 不表现催化活性。理论计算和实验结果表明，膦配体的修饰改变了钌的微环境，诱导苯甲酸的芳香环在 Ru 金属表面优先吸附，从而增强其催化性能。同时研究还发现，膦配体修饰的纳米反应器可大幅度增强 Ru 纳米粒子对苯、甲苯、三氟甲苯的加氢活性，主要归因

于膦配体的给电效应增强了 Ru 表面电子密度。纳米反应器微环境调控催化活性和选择性的策略为发展高效催化体系提供了新思路。

研究亮点之二十六

揭示极性诱导的空间电荷分离促进光催化全分解水

李灿院士、李仁贵研究员等与中科院半导体所闫建昌研究员团队合作，在人工光合成体系光生电荷分离研究方面取得新进展：发现极性诱导的表面电场有效促进了光生电荷的空间分离，并大幅提升光催化全分解水的活性。



人工光合成是国际科学领域的“圣杯式”科学课题，光生电荷分离是人工光合成太阳燃料的核心科学问题，设计开发高效的光生电荷分离策略促进光生电荷的分离和传输始终是该研究领域的热点和难点。我所李灿院士研究团队长期致力于人工光合成太阳燃料的前沿科学问题，取得了系列重要进展，先后提出异相结电荷分离机制(Angew. Chem. Int. Ed., 2008; Angew. Chem. Int. Ed., 2012)，发现晶面间光生电荷分离效应(Nat. Commun. 2013)，发展了高对称性半导体材料的光生电荷分离策略(Energy Environ. Sci. 2016)，并自主研发了光生电荷成像表征新技术(Angew. Chem. Int. Ed., 2015; Nat. Energy, 2018)，受到学术界的广泛关注。

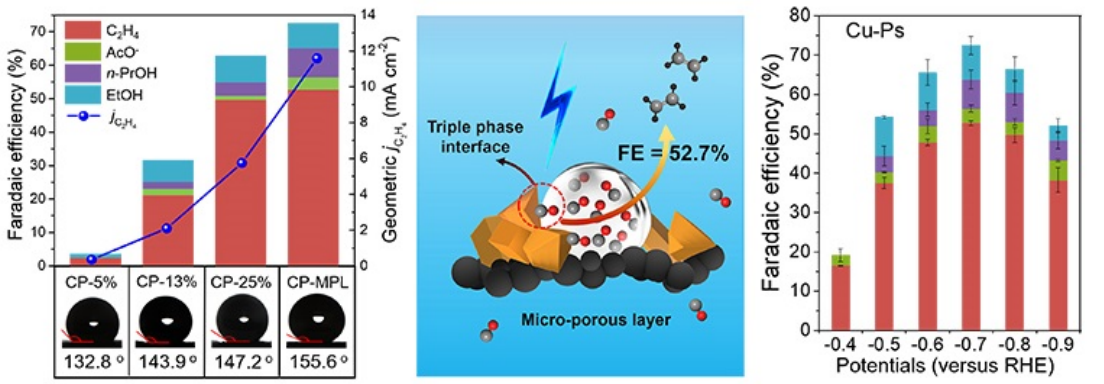
除了晶体形貌和晶面可以被用来调控光生电荷分离外，对于大多数半导体材料来说，表面极性特征是一个极为普遍和常见的材料本征性质，然而，对于半导体材料本征极性的理性设计与调控及其对光生电荷分离的影响仍然不清楚。本工作中，研究人员选取代表性半导体氮化镓(GaN)作为模型，采用金属有机气相沉积方法制备了具有明确表面极性特征的氮化镓纳米棒阵列结构，阵列结构分别暴露顶端的极性面和垂直侧向的非极性面，研究发现 GaN 纳米阵列结构的极性和非极性面之间表现出明显的光生电荷分离特性，光生电子选择性地聚集在纳米棒的非极性面，而光生空穴则聚集在极性面。这是由于极性面和非极性面的表面偶极矩不同，诱导形成了不同的表面电场，从而驱动光生电子和空穴的选择性迁移，实现光生电荷的有效分离。进一步通过光电化学和光催化反应表征发现，具有极性面和非极性面的 GaN 纳米棒的光生电荷分离效率超过 80%，较之 GaN 薄膜的电荷分离效率提升十倍以上，是同类材料报道的电荷分离效率最高值。同时，基于极性和非极性面之间的光生电荷分离效应，分别在极性和非极性表面构筑氧化还原双助催化剂后，可将光催化完全分解水的量子效率从 0.9%提升至 6.9%。本工作提出了一种普适的光生电荷分离新策略，为构筑高效人工光合成体系奠定了理论基础，同时，也为进一步加深对光生电荷分离的本质驱动力的理解和认识提供了新的思路。

该研究成果“Surface polarity-induced spatial charge separation boosting photocatalytic overall water splitting on GaN nanorod arrays”以 Full Article 的形式在线发表在《德国应用化学》上。

研究亮点之二十七

实现电还原一氧化碳直接制乙烯

邓德会研究员团队成功实现电催化一氧化碳高选择性直接制备乙烯，该工作为高选择性、低能耗地通过一氧化碳制备乙烯提供了新思路。



乙烯是十分重要的工业原料，目前工业上主要采用石脑油高温裂解(800-900℃)的方法来制备。从化石资源有效利用的角度出发，通过费托合成反应($CO+H_2$)将一氧化碳转化生成高附加值制的 C2-C4 烯烃一直受到研究者的关注。然而，该过程除了需要高温(200-450℃)、高压(5-50 bar)等苛刻条件之外，还由于其产物受 Anderson-Schulz-Flory 分布的限制，C2 产物的选择性往往低于 30%，并且产生大量的 CO_2，造成碳资源的严重浪费。因此，急需发展高选择性、环境友好、条件温和的乙烯制备方法。

该团队在优化铜基催化剂的基础上，通过调节电极的疏水性来增加 CO 的扩散速率，有效促进了 CO 分子在铜基催化剂表面的 C-C 偶联过程。通过利用 H_2O 作还原剂，在常温常压的温和条件下实现了 CO 高选择性地电催化生成乙烯。CO 电催化还原到乙烯的法拉第效率高达 52.7%。相比于传统费托合成，该过程完全没有 CO_2 的生成，基于 CO 转化计算，生成乙烯的选择性在 70%左右，

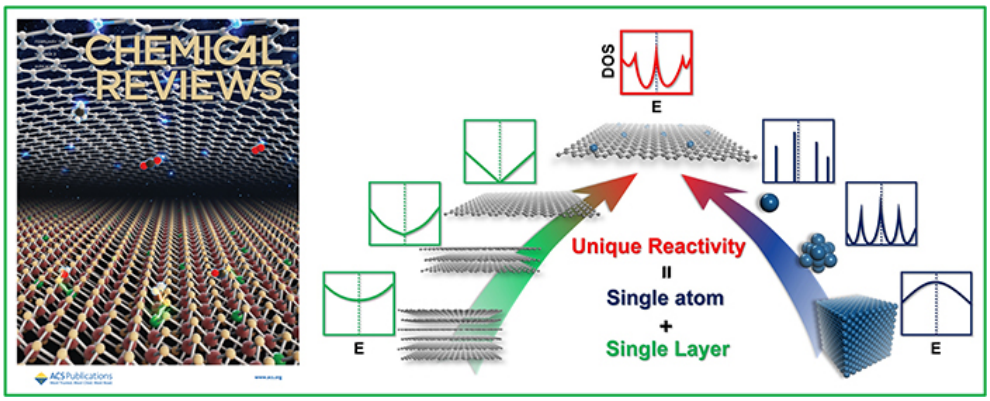
这打破了费托合成中 C_2 产物 30%的选择性限制。同时，该团队与苏海燕研究员、张东辉院士等合作，结合 DFT 理论计算研究了反应活性位和反应过程，对比生成乙烯和乙醇的反应中间体和路径，发现 Cu(100)晶面是最有利于 CO 电转化生成乙烯的活性位，这为后续催化剂的设计指明了方向。

相关研究成果以通讯形式发表于《德国应用化学》上，并被选为热点文章“Hot Paper”。

综述文章一

二维材料限域单原子催化研究综述

邓德会研究员、包信和院士团队在二维材料限域单原子催化研究方面的工作受到国际同行的广泛关注。近期，该团队受邀在 Chemical Reviews 期刊上发表以“Catalysis with Two-Dimensional Materials Confining Single Atoms: Concept, Design, and Applications”为题的综述文章（*2019,119,1806-1854*），并被该期刊选为当期封面文章。



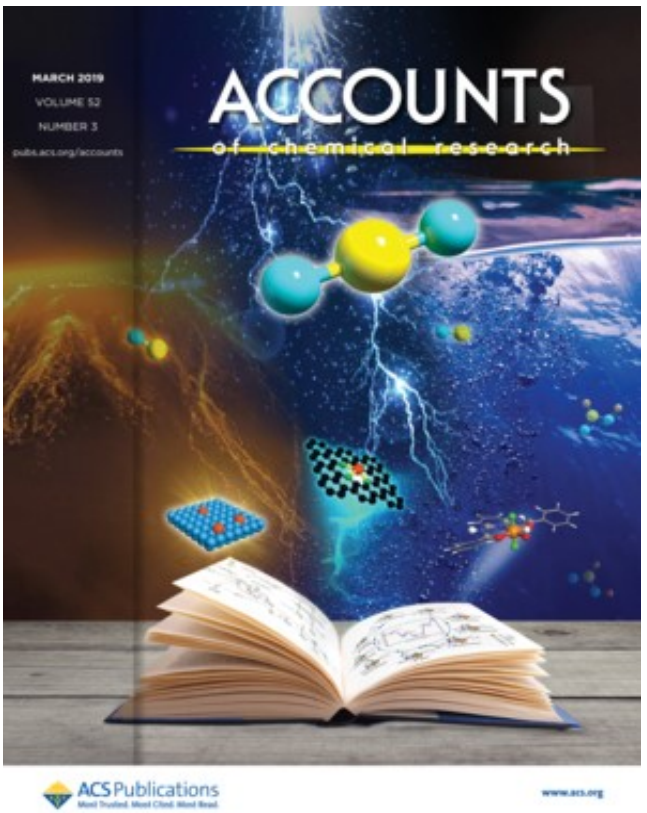
催化剂的性能与其几何和电子结构密切相关。二维材料由于独特的几何和电子特性不仅可以直接作为催化剂，同时也是一类理想的催化载体；单原子因其配位不饱的状态，以及易于调变的电子特性近来备受催化研究人员的关注。近年来，该团队结合二维材料和单原子两者的优势，发现二维材料限域的单原子催化剂可以构建新的电子态，限域的单原子可以直接作为活性中心，也可以调变其周围的配位环境来作为活性中心，该类材料在众多反应体系尤其是在能源小分子转化体系中表现出了独特的催化性能（Chem, 2018; Angew. Chem. Int. Ed., 2018; Nat. Commun., 2017; Nano Energy, 2017; Nat. Nanotechnol., 2016; Angew. Chem. Int. Ed., 2016; Sci. Adv., 2015; Energy Environ. Sci., 2015; Chem. Mater., 2011）。

该文章系统综述了该研究团队与国际同行近十年来在二维材料限域单原子催化方面的研究进展。重点讨论了单原子（金属或非金属）限域在二维材料（石墨烯、g-C_3N_4和硫化钼等）中所形成的独特的电子态对催化性能的调变，以及两者结合在催化中所具有的独特优势：1、二维材料限域单原子催化剂独特的电子特性有利于其本征活性的提高；2、二维材料限域单原子催化剂超薄的结构和高的比表面积有利于暴露配位不饱和的活性中心，增加催化活性位的数量；3、二维平面两侧的开放式结构有利于催化反应物和生成物的传质，可以提高反应速率；4、二维材料单一明确的长程有序结构有利于构建模型催化剂，从而可以在原子和分子层次理解催化反应，以及厘清其构效关系。此外，该文章还综述了该类材料在热、电、光催化中的最新进展，并探讨了其未来在催化基础研究和工业应用中的机遇和挑战。

综述文章二

单原子催化剂用于二氧化碳转化

兼聘研究员黄延强研究员和张涛院士团队受邀在 Accounts of Chemical Research 上发表了题为“Single-Atom Catalysis toward Efficient CO_2 Conversion to CO and Formate Products”的专论文章（*2019,52,656-664*），总结了研究团队将单原子催化剂用于二氧化碳催化转化研究方面的工作进展，该工作被期刊选为当期的 Supplementary Cover。



“单原子催化”的概念由张涛、清华大学李隽教授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）。近年来，“单原子催化”的概念得到了迅速发展，围绕这一概念国内外众多课题组在电催化、光催

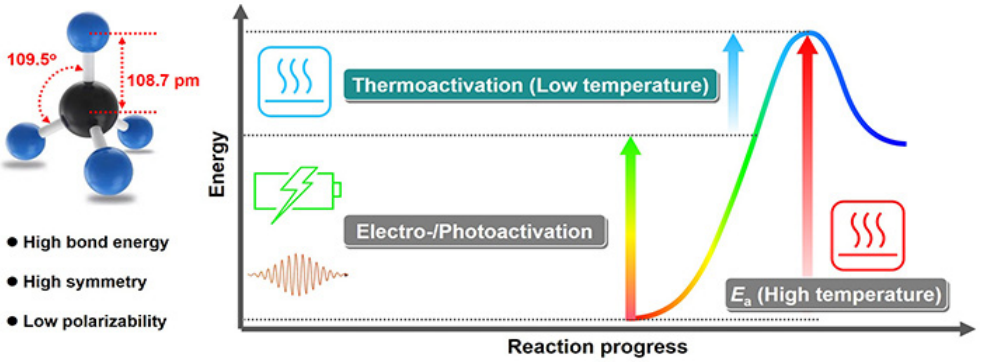
化和传统多相催化等领域取得突出研究进展。该专论文章将焦点集中在单原子高效催化转化二氧化碳工作上。

该团队长期致力于二氧化碳的热、电催化转化研究，借助金属与载体间的晶格匹配、载体配位基团功能化、助剂及活性中心电子态调控等作用实现对二氧化碳转化产物的可控调节。单原子催化剂结构的特殊性为二氧化碳的活化和定向转化研究提供了一种理想模型。该团队利用 IrO_2 与金红石型 TiO_2 晶型相同、晶格匹配高的特性，制备出具有高热稳定性的 $Ir1/TiO_2$ 单原子催化剂，并实现 CO_2 高选择性转化制 CO（ACS Catalysis, 2017）；与新加坡南洋理工大学合作，开发出一种氮掺杂石墨烯锚定的 Ni 单原子催化剂，利用 Ni 单原子最外层 3d 未成对电子易于离域化的特点，形成带负电的 $Ni\text{-}CO_2\delta$-结构，实现了高效电化学还原 CO_2 制 CO（Nature Energy，2018）；模拟均相催化剂对 CO_2 分子的低温高效转化机制，研制出含吡啶-酰胺基团的多孔有机聚合物载体负载的单原子 Ir 催化剂，成功实现 CO_2 的“准均相”活化与催化应用（Nature Communications，2017；Chem，2019）。这些研究成果为高效 CO_2 还原催化剂的设计提供了新思路。

综述文章三

甲烷温和条件下直接催化转化研究

邓德会研究员和包信和院士团队在 Chem 上发表综述文章，系统总结并展望了热催化、电催化、光催化技术在甲烷温和条件下直接转化方面的研究进展（*Chem, 2019, 5, 2296-2325*）。



甲烷是天然气、页岩气、可燃冰等的主要成分，是一种丰富的自然资源，它不仅被大量用作燃料供给，也是众多工业化学品的源头原料。因此，甲烷的催化转化在工业和学术界引起了广泛的研究兴趣。然而，甲烷分子的高度稳定性，以及高的 C-H 键能使其在温和条件下的活化或转化极具挑战，甲烷的选择活化和定向转化也因此被认为是催化化学领域中的圣杯式课题。目前，工业上甲烷的转化主要是经水蒸气重整制备合成气（Syngas，一氧化碳和氢气的混合气），以及合成气后续进一步转化成各类有机化学品。该路线中甲烷水蒸气重整过程通常需要在高温（700℃-1100℃）条件下进行，合成气的后续转化也通常需要高温高压等苛刻条件，这增加了该过程的经济成本和环境压力。因此，探索温和条件下甲烷直接转化制备高附加值的化学品的技术是一个迫切但又极具挑战的课题。

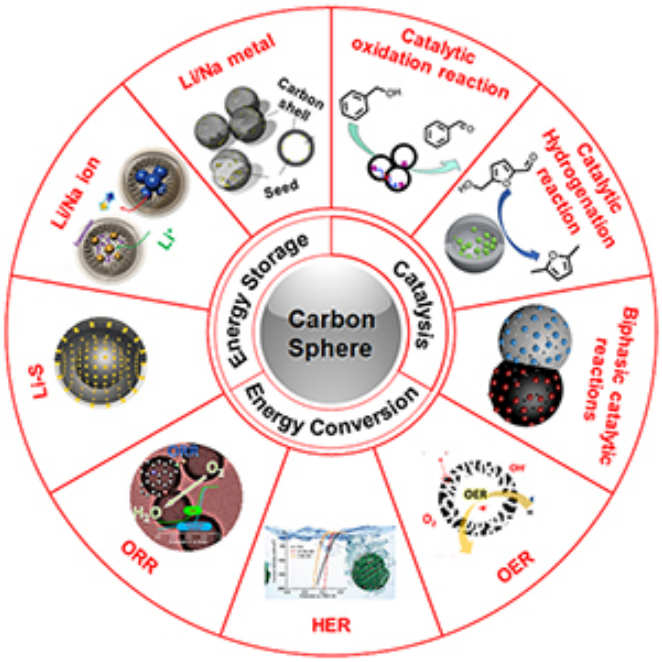
该综述系统总结了热催化、电催化、光催化在甲烷温和条件下转化的研究进展，尤其对其中具有优异 C-H 活化能力的催化剂进行了重点介绍，在催化剂设计、理论计算模拟、反应条件的选择、产物精确定量等方面进行了详细的论述。综述展望了未来甲烷活化和转化的发展方向，指出了将来开发低温下利用氧气进行甲烷转化的迫切性，指出限域单中心活性位点以及多组元催化剂在未来甲烷低温催化转化方面的重要性，并提出采用多能（热、电、光）耦合进行甲烷催化转化将有利于集成各种活化方式的优势以实现更加高效的甲烷转化。综述为未来开发更加高效的甲烷转化新途径提供了借鉴。

邓德会与包信和研究团队长期聚焦于二维材料及其在能源小分子催化转化方面的研究（Nature Nanotechnology, 2016; Chemical Reviews, 2019）。早在 2015 年，该研究团队报道了石墨烯限域单铁原子活性位用于室温下复杂碳氢化合物的催化氧化（Science Advances, 2015）。近期，该团队发现这种石墨烯限域单铁原子活性位甚至可以在室温下催化氧化甲烷，并获得高附加值的含氧有机化合物（Chem, 2018）。这些结果表明二维材料限域活性中心体系在催化 C-H 键活化和转化方面具有潜在的应用前景。

综述文章四

多孔炭球纳米反应器用于可持续能源应用

刘健研究员团队发表了题为“炭球的纳米定制及其作为纳米反应器在可持续能源中的应用”（Nanoengineering Carbon Spheres as Nanoreactors for Sustainable Energy Applications）的综述文章。



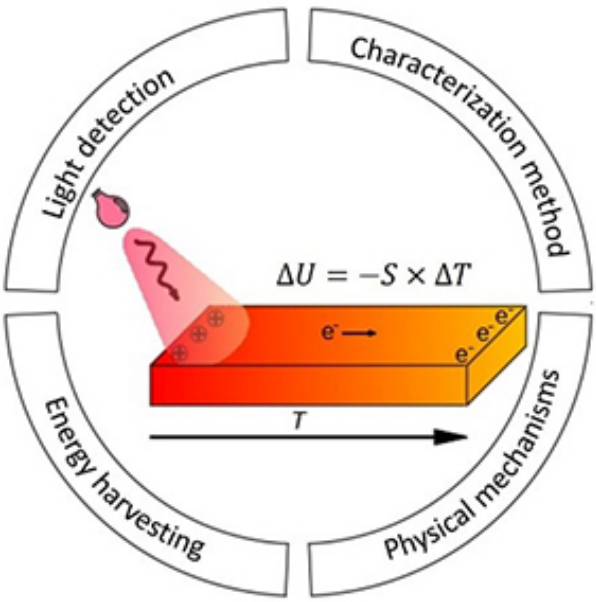
胶体炭球纳米反应器引起了人们的广泛关注，主要是因其具备下列优异性质：1、表面积大，表面功能可控；2、优越的导电率可提供电子通道；3、可调孔隙度和颗粒便于质量运输的尺寸；4、长期稳定性便于操作。该团队以纳米反应器为线索，系统地总结了最新的研究成果，重点介绍了炭球的纳米定制及纳米反应器构筑，并详细总结了炭球基微/纳米反应器在能源储存、电化学转化和催化中的应用，并提出该领域目前存在的挑战和未来发展前景。

我所杨启华研究员，李灿院士团队在国际上较早的提出纳米反应器概念，并在纳米反应器构筑方面已经取得一系列进展。然而，学术界目前对纳米反应器材料结构表征、反应器设计、催化微观作用机制及纳米反应器中扩散，传递模型等方面的认识仍然不足。针对上述关键科学问题，刘健带领研究团队成功构建了一系列蛋黄-蛋壳纳米结构的亚微米反应器，此系列微/纳反应器在硝基芳烃催化氢化，苯乙炔加氢，乙酰丙酸加氢，甲烷干重整，电催化等反应中都表现出特异性能，并发现空间限域效应显著提升活性、选择性、稳定性（Adv. Funct. Mater.，2018；Adv. Sci.，2019）；与杨启华研究员合作，发现微纳反应器中存在空间微环境调控，可调控纳米反应器中的催化反应过程（Angew. Chem. Int. Ed.，2019；Chem. Eng. J.，2019）；揭示了纳米反应器中串联催化反应在空间和时间的耦合问题（NPG Asia Mater.，2016；Angew. Chem. Int. Ed.，2017）。

综述文章五

光热电探测器研究

姜鹏研究员和包信和院士团队发表了题为“Progress of Photodetectors Based on the Photothermoelectric Effect”的综述文章。

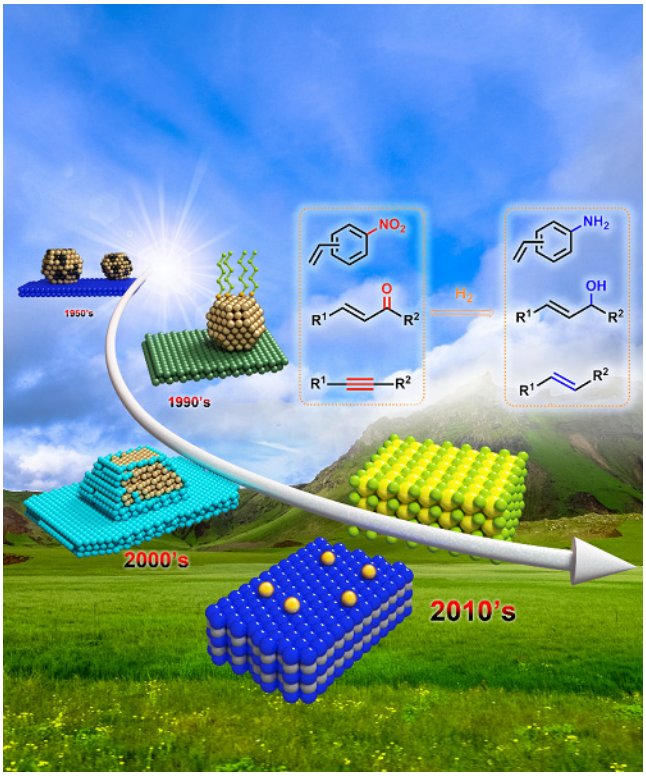


长波红外（8-14 μ m）和太赫兹（30 μ m-3mm）探测器由于其在多领域有重要作用而受到广泛关注。光热电探测器是基于光热转换和热电转换两个物理过程，可实现长波红外和太赫兹室温探测的无源器件，在长波红外和太赫兹探测方面发挥越来越重要的作用。该综述文章系统介绍了近年来基于低维材料、体相多孔材料和有机材料的光热电探测器的研究进展，从增强光与材料相互作用的角度，总结了提高光热电探测器响应能力的若干策略，包括引入表面等离子体共振、声子共振、光学天线等。此外，文章拓展介绍了光热电效应在近场光学、自旋电子学和谷电子学等领域中的应用。最后，文章还展望了光热电探测器的进一步发展方向。

姜鹏和包信和团队长期致力于开发新型热电材料，并拓宽热电材料的应用范围。该团队利用高熵化策略提高 GeSe 晶体结构对称性，大幅度提高了该材料的热电性能（Angew. Chem. Int. Ed.，2017）；结合多种微纳尺度表征手段，探究纳米热电材料的载流子分布（Adv. Electron. Mater.，2017）和表面等离子共振性质（Nano Lett.，2018）；结合钛酸锶在长波红外波段强的声子吸收和优异的塞贝克系数，开发了基于钛酸锶光热电效应的高性能长波红外探测器（Nat. Commun.，2019）。

选择性加氢研究

兼聘研究员王爱琴和张涛院士团队受邀撰写了题为“Selective Hydrogenation over Supported Metal Catalysts: From Nanoparticles to Single Atoms”的综述文章。



选择性加氢是指当反应物中含有两种可还原官能团时，其中靶向官能团被加氢而另一种不受影响的过程，在石油化工（如烯烃中微量炔烃/二烯烃的去除）及精细化工等行业中有广泛的应用。由于传统纳米催化剂上常发生过度加氢现象，所以高选择性地获得目标产物仍存在巨大挑战。

研究表明，在选择性加氢反应中，通过调变催化活性中心的几何结构来减弱非靶向官能团的吸附强度是改善选择性的有效手段。研究者由此提出了“active site isolation”策略。本文综述了在炔烃、α,β-不饱和醛/酮和硝基苯乙烯选择性加氢反应中实现“active site isolation”策略的方法，包括对传统纳米催化剂进行修饰（如吸附含 N/S/P 原子的有机物，以金属氧化物或炭材料对纳米颗粒进行部分包埋，以孔道规整、孔径可调的多孔材料对纳米颗粒进行封装等）以及构筑单原子催化剂（包括负载型单原子，单原子合金/金属间化合物）。文章评述了各种方法的优劣，并对该领域的发展进行了展望。

王爱琴和张涛团队一直致力于高分散催化剂在选择性加氢反应中的研究，并陆续研制出 Pt1/FeO_x（Nat. Commun. 2014, ；Green Chem. 2016, ；Chem. Sci. 2017, ；Nat. Commun. 2019, ），Pd-Au(Ag, Cu)/SiO_2（ACS Catal. 2015, ；ACS Catal. 2017, ），Pd/ZnO（ACS Catal. 2016, ）和 Co-N-C（Chem. Sci. 2016, ）等多种单原子催化剂，以及 Au/ZnAl-HT（Angew. Chem. Int. Ed. 2017, ；J. Catal. 2018, ），Ni/AC（Chem. Commun. 2017, ）等纳米催化剂。以上催化剂在乙炔、3-硝基苯乙烯等选择性加氢反应中表现出优良的催化性能，其中，单原子催化剂 Pt1/FeOx 和 Pd/ZnO 分别在 3-硝基苯乙烯和乙炔选择性加氢反应中是迄今为止文献报道的活性和选择性最优的催化剂。

2019 年发表文章目录

一、催化材料与制备

1. Yong Wang, Jun Mao, Xianguang Meng, Liang Yu, Dehui Deng*, Xinhe Bao*
   Catalysis with two-dimensional materials confining single atoms: concept, design, and applications
   Chemical Reviews 119(2019)1806-1854
2. Xiaoyu Shi, Songfeng Pei, Feng Zhou,Wencai Ren, Huiming Cheng, Zhongshuai Wu, Xinhe Bao*
   Ultrahigh-Voltage Integrated Micro-Supercapacitors with Designable Shapes and Superior Flexibility
   Energy & Environmental Science 12(2019)1534-1541
3. Sajjad Ahmad, PingFu, Qingyang, Xuan Liu, Xuchao Wang, Xiuli Wang, Xin Guo, Can Li*
   Dion-Jacobson Phase 2D layered perovskites for solar cells with ultrahigh stability
   Joule 3(2019)1-13
4. Shuanghao Zheng, Xiaoyu Shi, Pratteek Das, Zhongshuai Wu*, Xinhe Bao
   The Road Towards Planar Microbatteries and Micro-Supercapacitors: From 2D To 3D Device Geometries
   Advanced Materials 31(2019)1900583(1-24)
5. Sheng Ye, Chunmei Ding, Mingyao Liu, Aoqi Wang, Qinge Huang, Can Li*
   Water Oxidation Catalysts for Artificial Photosynthesis
   Advanced Materials 31(2019)1902069(1-33)
6. Teng He, Hujun Cao, Ping Chen*
   Complex Hydrides for Energy Storage, Conversion, and Utilization
   Advanced Materials 31(2019)1902757(1-19)

7. Ren Zhou, Lyu Yuan, Song Xiangen, Liu Yang, Jiang Zheng, Lin Ronghe, Ding Yunjie*
Dual-Ionically Bound Single-Site Rhodium on Porous Ionic Polymer Rivals Commercial Methanol Carbonylation Catalysts
Advanced Materials 31(2019)1904976(1-6)

8. Xuefeng Zhu, Weishen Yang*
Microstructural and Interfacial Designs of Oxygen-Permeable Membranes for Oxygen Separation and Reaction–Separation Coupling
Advanced Materials 31(2019)1902547

9. Xuning Li,Yanqiang Huang*, Bin Liu*
Catalyst: Single-Atom Catalysis:Directing the Waytoward the Nature of Catalysis
Chem 5(2019)1-3

10. Xianzhao Shao, Xiaofeng Yang*, Jinming Xu, Song Liu, Shu Miao, Xiaoyan Liu, Xiong Su, Hongmin Duan, Yanqiang Huang*, Tao Zhang
Iridium Single-Atom Catalyst Performing a Quasi-homogeneous Hydrogenation Transformation of CO_2 to Formate
Chem 5(2019)693-705

11. Hongming Yi, Le Lin, Moxiang Ling, Zhiqiang Lv, Rui Li, Qiang Fu, Huamin Zhang, Qiong Zheng*, Xianfeng Li*
Scalable and Economic Synthesis of High-Performance $Na_3V_2(PO_4)_2F_3$ by a Solvothermal-ball-milling Method
ACS Energy Letters 4(2019)1565-1571

12. Haibo Huang, Feng Zhou, Xiaoyu Shi, Jieqiong Qin, Zhigang Zhang, Xinhe Bao, Zhongshuai Wu*
Graphene Aerogel Derived Compact Films for Ultrafast and High-Capacity Aluminum Ion Batteries
Energy Storage Materials 23(2019)664-669

13. Jieqiong Qin, Sen Wang, Feng Zhou, Pratteek Das, Shuanghao Zheng, Chenglin Sun, Xinhe Bao*, Zhongshuai Wu*
2D Mesoporous MnO_2 Nanosheets for High-Energy Asymmetric Micro-Supercapacitors in Water-in-Salt Gel Electrolyte
Energy Storage Materials 18(2019)397-404

14. Xiangyu Meng, Liang Yu, Chao Ma, Bing Nan, Rui Si, Yunchuan Tu, Jiao Deng, Dehui Deng*, Xinhe Bao*
Three-dimensionally hierarchical MoS_2/graphene architecture for high-performance hydrogen evolution reaction
Nano Energy 61(2019)611-616

15. Haodong Shi, Xuejun Zhao, Zhongshuai Wu*, Yanfeng Dong, Pengfei Lu, Jian Chen, Wencai Ren, Hui-Ming Cheng, Xinhe Bao
Free-Standing Integrated Cathode Derived from 3D Graphene/Carbon Nanotube Aerogels Serving as Binder-Free Sulfur Host and Interlayer for Ultrahigh Volumetric-Energy-Density Lithium-Sulfur Batteries
Nano Energy 60(2019)743-751

16. Hao Tian, Xiaoyan Liu, Liubing Dong, Xiaomin Ren, Hao Liu, Cameron Alexander Hurd Price, Ying Li, Guoxiu Wang, Qihua Yang, Jian Liu*
Enhanced Hydrogenation Performance over Hollow Structured Co-CoOx@N-C Capsules
Advanced Science 6(2019)1900807(1-13)

17. Shuanghao Zheng, Sen Wang, Yanfeng Dong, Feng Zhou, Jieqiong Qin, Xiao Wang, Feng Su, Chenglin Sun, Zhongshuai Wu*, Huiming Cheng, Xinhe Bao
All-Solid-State Planar Sodium-Ion Microcapacitors with Multidirectional Fast Ion Diffusion Pathways
Advanced Science 6(2019)1902147(1-9)

18. Xiaoyu Shi, Feng Zhou, Jiaxi Peng, Ren'an Wu, Zhongshuai Wu*, Xinhe Bao
One-Step Scalable Fabrication of Graphene Integrated Micro-Supercapacitors with Remarkable Flexibility and Exceptional Performance Uniformity
Advanced Functional Materials 29(2019)1902860

19. Pratteek Das, Xiaoyu Shi, Qiang Fu, Zhongshuai Wu*
Substrate-Free and Shapeless Planar Micro-Supercapacitors
Advanced Functional Materials (2019)1908758(1-10)

20. Jian Chen, Xiaoping Tao, Lin Tao, He Li, Chunzhi Li, Xiuli Wang, Can Li, Rengui Li, Qihua Yang*
Novel conjugated organic polymers as candidates for visible-light-driven photocatalytic hydrogen production
Applied Catalysis B: Environmental 241(2019)461-470

21. Junyan Cui, Yu Qi, Beibei Dong, Linchao Mu, Qian Ding, Gang Liu, Mingjun Jia, Fuxiang Zhang*, Can Li*
One-pot synthesis of $BaMg_{1/3}Ta_{2/3}O_3$-xNy/Ta_3N_5 heterostructures as H_2-evolving photocatalysts for construction of visible-light-driven Z-scheme overall water splitting
Applied Catalysis B: Environmental 241(2019)1-7

22. Xiao Wang, Shuanghao Zheng, Feng Zhou, Jieqiong Qin, Xiaoyu Shi, Sen Wang, Chenglin Sun, Xinhe Bao, Zhongshuai Wu*
Scalable Fabrication of Printed Zn//MnO_2 Planar Micro-Batteries with High Volumetric Energy Density and Exceptional Safety
National Science Review 6(2019)1-9

23. Huimei Duan, Rui You, Shutao Xu, Zhaorui Li, Kun Qian, Tian Cao, Weixin Huang*, Xinhe Bao
Pentacoordinated Al^{3+}-Stabilized Active Pd Structures on Al_2O_3-Coated Palladium Catalysts for Methane Combustion
Angewandte Chemie International Edition 58(2019)12043-12048

24. Qinming Wu, Longfeng Zhu, Yueying Chu, Xiaolong Liu, Changsheng Zhang, Juan Zhang, Hao Xu, Jun Xu, Feng Deng, Zhaochi Feng, Xiangju Meng, Fengshou Xiao
Sustainable Synthesis of Pure Silica Zeolites from a Combined Strategy of Zeolite Seeding and Alcohol Filling
Angewandte Chemie International Edition 58(2019)12138-12142

25. Xiaomin Ren, Miao Guo, He Li, Chengbin Li, Liang Yu,* Jian Liu*, Qihua Yang*
Microenvironment Engineering of Ruthenium Nanoparticles Incorporated into Silica Nanoreactors for Enhanced Hydrogenations
Angewandte Chemie International Edition 58(2019)14483-14488

26. Li WenHao, Li CunYao, Xiong HuanYan, Liu Yang, Huang WenYong, Ji GuangJun, Jiang Zheng, Tang HaiTao, Pan YingMing, Ding YunJie*
Constructing Mononuclear Palladium Catalysts by Precoordination/Solvothermal Polymerization: Recyclable Catalyst for Regioselective Oxidative Heck Reactions
Angewandte Chemie International Edition 58(2019)2448 -2453

27. Jijie Wang, Chizhou Tang, Guanna Li, Zhe Han, Zelong Li, Hailong Liu, Feng Cheng, Can Li*
High-Performance MaZrOx (Ma = Cd, Ga) Solid-Solution Catalysts for CO_2 Hydrogenation to Methanol
ACS Catalysis 9(2019)10253-10259

28. Jian Li, Yaping Lin, Xiulian Pan*, Dengyun Miao, Ding Ding, Yi Cui, Jinhu Dong, Xinhe Bao*
Enhanced CO_2 Methanation Activity of Ni/Anatase Catalyst by Tuning Strong Metal-Support Interactions
ACS Catalysis 9(2019)6342-6348

29. Yuxue Liu, Yanbin Feng, Lei Wang, Xiaojia Guo, Wujun Liu, Qing Li, Xueying Wang, Song Xue*, Zongbao Kent Zhao*
Structural Insights into Phosphite Dehydrogenase Variants Favoring a Non-natural Redox Cofactor
ACS Catalysis 9(2019)1883-1887

30. Na Li, Feng Jiao, Xiulian Pan*, Yi Ding, Jingyao Feng, Xinhe Bao*
Size Effects of ZnO Nanoparticles in Bifunctional Catalysts for Selective Syngas Conversion
ACS Catalysis 9(2019)960-966

31. Xiuquan Jia, Jiping Ma*, Fei Xia, Mingxia Gao, Jin Gao, Jie Xu*
Switching acidity on manganese oxide catalyst with acetylacetones for selectivity-tunable amines oxidation
Nature Communications 10(2019)2338

32. Yujing Ren, Yan Tang, Leilei Zhang, Xiaoyan Liu, Lin Li, Shu Miao, Dang Sheng Su, Aiqin Wang*, Jun Li* & Tao Zhang*
Unraveling the coordination structure-performance relationship in $Pt1/Fe_2O_3$ single-atom catalyst
Nature Communications 10(2019)4500

33. Rui Lang, Wei Xi, Jincheng Liu, Yitao Cui, Tianbo Li, Adam Fraser Lee, Fang Chen, Yang Chen, Lei Li, Lin Li, Jian Lin, Shu Miao, Xiaoyan Liu, Ai-Qin Wang, Xiaodong Wang, Jun Luo, Botao Qiao, Jun Li, & Tao Zhang
Non defect-stabilized thermally stable single-atom catalyst
Nature Communications 10(2019)234

34. Siquan Feng, Xiangen Song, Yang Liu, Xiangsong Lin, Li Yan, Siyue Liu, Wenrui Dong, Xueming Yang, Zheng Jiang & Yunjie Ding*
In situ formation of mononuclear complexes by reaction-induced atomic dispersion of supported noble metal nanoparticles
Nature Communications 10(2019)5281

35. Shuanghao Zheng, Chuanfang (John) Zhang, Feng Zhou, Yanfeng Dong, Xiaoyu Shi, Valeria Nicolosi, Zhong-Shuai Wu, Xinhe Bao*
Ionic Liquid Pre-intercalated MXene Films for Ionogel-based Flexible Micro-Supercapacitors with High Volumetric Energy Density
Journal of Materials Chemistry A 7(2019)9478-9485

36. Zhenpan Chen, Qingqing Jiang, Feng Cheng, Jinhui Tong, Min Yang, Zongxuan Jiang, Can Li *
Sr- and Co-doped $LaGaO_3$-σ with high O_2 and H_2 yields in solar thermochemical water splitting
Journal of Materials Chemistry A 7(2019)6099-6112

37. Qinglong Liu, Haodong Shi, Tianyu Yang, Yan Yang*, Zhong-Shuai Wu, Jianqiang Yu*, S. Ravi P. Silva f, Jian Liu*
Sequential growth of hierarchical N-doped carbon-MoS_2 nanocomposites with variable nanostructures
Journal of Materials Chemistry A 7(2019)6197-6204

38. Panpan Su, Shuangshuang Ma, Wenjuan Huang, Yash Boyjoo, Shiyang Bai*, Jian Liu*
Ca^{2+}-doped ultrathin cobalt hydroxyl oxides derived from coordiantion polymers as efficient electrocatalysts for the oxidation of water
Journal of Materials Chemistry A 7(2019)19415-19422

39. Zhao Dongpu, Wang Yanan, Chu Weifeng,Wang Xinyi. Zhu Xiangxue, Li Xiujie, Xie Sujuan,Wang Hongxia, Liu Shenglin, Xu Longya*
Direct synthesis of hollow single-crystalline zeolite beta using a small organic lactam as a recyclable hollow-directing agent
Journal of Materials Chemistry A 7(2019)10795-10804

40. Quanquan Shi, Guicheng Ping, Xiaojia Wang, Hui Xu, Jingmei Li, Jiaqi Cui, Hadi Abroshan, Hongjing Ding, Gao Li*
CuO/TiO_2 heterojunction composites: an efficient photocatalyst for selective oxidation of methanol to methyl formate
Journal of Materials Chemistry A 7(2019)2253-226

41. Houfu Lv, Le Lin, Xiaomin Zhang, Dunfeng Gao, Yuefeng Song, Yingjie Zhou, Qingxue Liu, Guoxiong Wang* and Xinhe Bao*
In situ exsolved $FeNi_3$ nanoparticles on nickel doped $Sr_2Fe_{1.5}Mo_{0.5}O_6$
Journal of Materials Chemistry A 7(2019)11967-11975

42. Hao Xu, Wei Chen, Guanqun Zhang, Pengfei Wei, Qinming Wu, Longfeng Zhu, Xiangju Meng, Li Xiujie, Jinhua Fei, Shichao Han, Qiuyan Zhu, Anmin Zheng, Yanhang Ma, Fengshou Xiao
Ultrathin nanosheets of aluminosilicate FER zeolites synthesized in the presence of a sole small organic ammonium
Journal of Materials Chemistry A 7(2019)16671-16676

43. Wang Yanan, Gao Yang, Chu Weifeng, Zhao Dongpu, Chen Fucun, Zhu Xiangxue, Li Xiujie, Liu Shenglin, Xie Sujuan, Xu Longya
Synthesis and catalytic application of FER zeolites with controllable size
Journal of Materials Chemistry A 7(2019)7573-7580

44. He Li, Xiao Feng, Pengpeng Shao, Jian Chen, Chunzhi Li, Sanjeevi Jayakumar, Qihua Yang*
Synthesis of covalent organic frameworks via in situ salen skeleton formation for catalytic applications
Journal of Materials Chemistry A 7(2019)5482-5492

45. Wenwen Shi, Wei Yu, Deng Li, Doudou Zhang, Wenjun Fan, Jingying Shi, Can Li
PTB7:PC61BM Bulk Heterojunction-Based Photocathodes for Efficient Hydrogen Production in Aqueous Solution
Chemistry of Materials 31(2019)1928-1935

46. Shuwen Yu, Qing Yang, Wei Yu, Jing Zhang, Junxue Liu, Shengye Jin, Xin Guo, Can Li*
Performance Enhancement of Ternary Polymer Solar Cells Induced by Tetrafluorotetracyanoquinodimethane Doping
Chemistry of Materials 31(2019)7650-7656

47. Yanan Wang, Sihang Liu, Chunlei Pei, Qiang Fu, Zhi-Jian Zhao, Rentao Mu*, Jinlong Gong
Modulating the surface defects of titanium oxides and consequent reactivity of Pt catalysts
Chemical Science 10(2019)10531-10536

48. Li Zhao, Song Shi*, Guozhi Zhu, Meng Liu, Jin Gao, Jie Xu*
Au-Pd alloy cooperates with covalent triazine frameworks for the catalytic oxidative cleavage of β-O-4 linkages
Green Chemistry 21(2019)6707-6716

49. Yongdong Chen*, Hong Wang, Zhaoxian Qin, Shanli Tian, Zhongbin Ye, Lin Ye, Hadi Abroshan*, Gao Li*
TixCe1-xO_2 Nanocomposites: A Monolithic Catalyst for Direct Conversion of Carbon Dioxide and Methanol to Dimethyl Carbonate
Green Chemistry 21(2019)4642-4649

50. Wenhao Luo*, Wenxiu Cao, Pieter C. A. Bruijnincx, Lu Lin, Aiqin Wang *, Tao Zhang*
Zeolite-supported metal catalysts for selective hydrodeoxygenation of biomass-derived platform molecules
Green Chemistry 21(2019)3744

51. Zheng Zhang, Chao Ma, Yunchuan Tu, Rui Si, Jie Wei, Shuhong Zhang, Zhen Wang, Jian-Feng Li, Ye Wang, Dehui Deng*
Multiscale carbon foam confining single iron atoms for efficient electrocatalytic CO_2 reduction to CO
Nano Research 9(2019)2313-2317

52. Wei Yu, Qing Yang, Jinhui Yang, Dandan Tu, Xuchao Wang, Xuan Liu, Gang Liu, Xin Guo, Can Li*
Simple Is Best: A p-Phenylene Bridging Methoxydiphenylamine-Substituted Carbazole Hole Transporter for High-Performance Perovskite Solar Cells
ACS Applied Materials & Interfaces 11(2019)30065-30071

53. Meng Liu, Song Shi*, Li Zhao, Min Wang, Guozhi Zhu, Jin Gao, Jie Xu*
Wettability Control of Co−SiO_2@Ti−Si Core−Shell Catalyst to Enhance the Oxidation Activity with the In Situ Generated Hydroperoxide
ACS Applied Materials & Interfaces 11(2019)14702-14712

54. Xiaoyan Liu, Guojun Lan, Yash Boyjoo, Lihua Qian, Sai Gu, Cameron Alexander Hurd Priceb, Liang Wang, Ying Li, Jian Liu
N-doped carbon spheres impregnated with highly monodispersed ruthenium nanoparticles as a hydrogenation catalyst
Chemical Engineering Journal 374(2019)895-903

55. Siquan Feng, Xiangsong Lin, Xiangen Song, Yang Liu, Zheng Jiang, Yunjie Ding*
Insight into the stability of binuclear Ir-La catalysts for efficient heterogeneous methanol carbonylation
Journal of Catalysis 377(2019)400-408

56. Ren Zhou, Liu Yang, Lyu Yuan, Song Xiangen, Zheng Changyong, Feng Siquan, Jiang Zheng, Ding Yunjie
Single-atom Rh based bipyridine framework porous organic polymer: A high active and superb stable catalyst for heterogeneous methanol carbonylation
Journal of Catalysis 369(2019)249-256

57. Zhao Ziang, Lu Wei, Feng Chenghai, Chen Xingkun, Zhu Hejun, Yang Ruoou, Dong Wenda, Zhao Min, Lyu Yuan, Liu Tao, Jiang Zheng, Ding Yunjie*
Increasing the activity and selectivity of Co-based FTS catalysts supported by carbon materials for direct synthesis of clean fuels by the addition of chromium
Journal of Catalysis 370(2019)251-264

58. Wenxiu Cao, Lu Lina, Haifeng Qi, Qian He, Zhijie Wu, Aiqin Wang, Wenhao Luo, Tao Zhang
In-situ synthesis of single-atom Ir by utilizing metal-organic frameworks: An acid-resistant catalyst for hydrogenation of levulinic acid to c-valerolactone
Journal of Catalysis 373(2019)161-172

59. Wei Yu, Jinhui Yang, Dandan Tu, Qing Yang, Xuchao Wang, Xuan Liu, Feng, Cheng, Yu Qiao, Gang Li, Xin Guo, Can Li*
A Spirobixanthene-Based Dendrimeric Hole-Transporting Material for Perovskite Solar Cells
Solar RRL (2019)1900367(1-6)

60. Shiqing Hu, Lixiao Zhang, Huanying Liu, Zhongwei Cao, Wenguang Yu, Xuefeng Zhu*, Weishen Yang
Alkaline-earth elements (Ca, Sr and Ba) doped $LaFeO_3$-δ cathodes for CO_2 electroreduction
Journal of Power Sources 443(2019)227268(1-10)

61. Wenlei Guo, Xiao Yan, Feng Hou, Lei Wen, Yejing Dai, Deming Yang, Xiaotong Jiang, Jian Liu*, Ji Liang*, Shi Xue Dou
Flexible and free-standing SiOx/CNT composite films for high capacity and durable lithium ion batteries
Cabon 152(2019)888-897

62. Junyan Cui, Can Li, Fuxiang Zhang*
Development of mixed-anion photocatalysts with wide visible-light absorption bands for solar water splitting
ChemSusChem 12(2019)1872-1888

63. Linchao Mu, Bin Zeng, Xiaoping Tao, Yue Zhao, Can Li
Unusual Charge Distribution on the Facet of a $SrTiO_3$ Nanocube under Light Irradiation
The Journal of Physical Chemistry Letters 10(2019)1212-1216

64. Wenping Li, Zhongwei Cao, Xuefeng Zhu*, Weishen Yang*
Effects of membrane thickness and structural type on the hydrogen separation performance of oxygen-permeable membrane reactors
Journal of membrane science 573(2019)370-376

65. Song Huang, Wenping Li, Zhongwei Cao, Hongbo Li, Hongchao Ma*, Xuefeng Zhu*, Weishen Yang*
Effect of Bi doping on the performance of dual-phase oxygen-permeable membranes
Journal of membrane science 579(2019)342-350

66. Claudia Lia, Wenping Li, Jiuan Jing Chew, Shaomin Liu, Xuefeng Zhu*, Jaka Sunarso
Rate determining step in SDC-SSAF dual-phase oxygen permeation membrane
Journal of Membrane Science 573(2019)628-638

67. Lixiao Zhang, Shiqing Hu, Wenping Li, Zhongwei Cao, Huanying Liu, Xuefeng Zhu*, Weishen Yang
Nano-CeO_2-Modified Cathodes for Direct Electrochemical CO_2 Reduction in Solid Oxide Electrolysis Cells
ACS Sustainable Chemistry & Engineering 7(2019)9729-9636

68. Binglian Liang, Hongmin Duan, Ting Sun, Junguo Ma, Xin Liu, Jinghua Xu, Xiong Su,Yanqiang Huang*, Tao Zhang
Effect of Na Promoter on Fe-Based Catalyst for CO_2 Hydrogenation to Alkenes
ACS Sustainable Chemistry & Engineering 7(2019)925-932

69. Xiaoqin Si, Jiazhi Chen, Fang Lu*, Xiaoyan Liu, Yujing Ren, Rui Lu, Huifang Jiang, Hua Liu, Shu Miao,Yue Zhu, Xiaolin Luo, Jie Xu*
Immobilized Ni Clusters in Mesoporous Aluminum Silica Nanospheres for Catalytic Hydrogenolysis of Lignin
ACS Sustainable Chemistry & Engineering 7(2019)19034-19041

70. Yuan Peng, Weishen Yang*
Metal-organic framework nanosheets: a class of glamorous low-dimensional materials with distinct structural and chemical natures
Science China Chemistry 12(2019)1561-11575

71. Yuan Peng, Rui Yao, Weishen Yang*
A poly(amidoamine) nanoparticle cross-linked two-dimensional metal–organic framework nanosheet membrane for water purification
Chemical Communications 55(2019)3935-3938

72. Chunhua Li, Xuan Liu, Dandan Tu, Qing Yang, Xuegang Chen, Xin Guo, Can Li*
A Polymeric Ionic Liquid as Cathode Interlayer of Organic Photovoltaics with Improved Reproducibility
Chemical Communications 55(2019)2956-2959

73. Binglian Liang, Ting Sun, Junguo M, Hongmin Duan, Lin Li, Xiaoli Yang, Yaru Zhang, Xiong Su, Yanqiang Huang*, Tao Zhang
Mn decorated Na/Fe catalysts for CO_2 hydrogenation to light olefins
Catalysis Science & Technology 9(2019)456-464

74. Jiawei Zhong, Jingfeng Han, YingxuWei, Shutao Xu, Tantan Sun, Xinwen Guo, Chunshan Song, Zhongmin Liu*
The template-assisted zincion incorporation in SAPO-34 and the enhanced ethylene selectivity in MTO reaction
Journal of Energy Chemistry 32(2019)174-181

75. Kai Tie, Xiulian Pan*, Tie Yu, Pan Li, Limin He, Xinhe Bao*
A highly active and stable Pd/B-doped carbon catalyst for the hydrogenation of 4-carboxybenzaldehyde
Journal of Energy Chemistry 31(2019)154-158

76. Yuefeng Song, Xiaomin Zhang, Yingjie Zhou, Houfu Lv, Qingxue Liu, Weicheng Feng, Guoxiong Wang*, Xinhe Bao*
Improving the performance of solid oxide electrolysis cell with gold nanoparticles-modified LSM-YSZ anode
Journal of Energy Chemistry 35(2019)181-187

77. Houfu Lv, Yingjie Zhou, Xiaomin Zhang, Yuefeng Song, Qingxue Liu, Guoxiong Wang*, Xinhe Bao*
Infiltration of $Ce_{0.8}Gd_{0.2}O_{1.9}$ nanoparticles on $Sr_2Fe_{1.5}Mo_{0.5}O_{6-\delta}$ cathode for CO_2 electroreduction in solid oxide electrolysis cell
Journal of Energy Chemistry 35(2019)71-78

78. Fei Wang, Zhiyong Wen, Zhaoxian Qin, Qihua Fang, Qingjie Ge*, Zhimin Li, Jian Sun, Gao Li*
Manganese cluster induce the control synthesis of RHO- and CHA-type silicoaluminaphosphates for dimethylether to light olefin conversion
Fuel 244(2019)104-109

79. Zheng Chen, Qinge Huang, Baokun Huang, Fuxiang Zhang*, Can Li*
A hydrated amorphous iron oxide nanoparticle as active water oxidation catalyst
Chinese Journal of Catalysis 40(2019)38-42

80. Zhang Yan, Lyu Yuan, Wang Yuqing, Li Cunyao, Jiang Miao, Ding Yunjie*
Highly active and stable porous polymer heterogenous catalysts for decomposition of formic acid to produce H-2
Chinese Journal of Catalysis 40(2019)147-151

81. Yejun Xiao, Xiangyang Guo, Junxue Liu, Lifang Liu, Fuxiang Zhang*, Can Li*.
Development of a bismuth-based metal-organic framework for photocatalytic hydrogen production
Chinese Journal of Catalysis 40(2019)1339-1344

82. Meng Liu, Song Shi*, Li Zhao, Chen Chen, Jin Gao, Jie Xu*
Aliphatic amines modified CoO nanoparticles for catalytic oxidation of aromatic hydrocarbon with molecular oxygen
Chinese Journal of Catalysis 40(2019)1488-1493

83. Ma Lei, Yan Li, Lu Anhui, Ding Yunjie*
Effects of Ni particle size on amination of monoethanolamine over Ni-Re/SiO_2 catalysts
Chinese Journal of Catalysis 40(2019)567-579

84. Lin Tao, Chunzhi Li, Yiqi Ren, He Li, Jian Chen, Qihua Yang*
Synthesis of polymer/CNTs composites for the heterogeneous asymmetric hydrogenation of quinolines
Chinese Journal of Catalysis 40(2019)1548-1556

85. Chaoran Jiang, Jiang Wu, Savio J. A. Moniz, Daqian Guo, Mingchu Tang, Qi Jiang, Siming Chen, Huiyun Liu, Aiqin Wang*, Tao Zhangc, Junwang Tang*
Stabilization of GaAs photoanodes by in situ deposition of nickel-borate surface catalysts as hole trapping site
Sustainable Energy & Fuels 3(2019)814-822

86. Qianqian Huang, Weiqiang Yu*, Fang Lu, Rui Lu, Xiaoqin Si, Jin Gao, Jie Xu*
Fabrication of highly dispersed Ru nanoparticles stabilized in coated carbon shell via one-pot co-synthesis strategy for aqueous hydrogenation of bio-based itaconic acid
Catalysis Today 319 (2019) 197-205

87. Chengcheng Yan, Yifan Ye, Long Lin, Haihua Wu, Qike Jiang, Guoxiong Wang, Xinhe Bao*
Improving CO_2 electroreduction over ZIF-derived carbon doped with Fe-N sites by an additional ammonia treatment
Catalysis Today 330(2019)252-258

88. Yuan Peng, Weishen Yang*
2D Metal-Organic Framework Materials for Membrane-Based Separation
Advanced Materials Interfaces 7(2019)1901514(1-30)

89. Cen Zhang, Michael Brorsonc, Ping Li, Xinyi Liu, Tiefeng Liu, Zongxuan Jiang, Can Li*
$CoMo/Al_2O_3$ catalysts prepared by tailoring the surface properties of alumina for highly selective hydrodesulfurization of FCC gasoline
Applied Catalysis A-General 570(2019)84-95

90. Cen Zhang, Xinyi Liu, Tiefeng Liu, Zongxuan Jiang, Can Li*
Optimizing both the $CoMo/Al_2O_3$ catalyst and the technology for selectivity enhancement in the hydrodesulfurization of FCC gasoline
Applied Catalysis A-General 575(2019)187-197

91. Pengfei Wei, Xiangxue Zhu, Yanan Wang, Weifeng Chu, Sujuan Xie, Zhiqiang Yang, Xuebin Liu, Xiujie Li*, Longya Xu*
Rapid synthesis of ferrierite zeolite through microwave assisted organic template free route
Microporous and Mesoporous Materials 279(2019)220-227

92. Hong Du, Xiuyun Ma, Peifang Yan, Miao Jiang, Ziang Zhao, Z. Conrad Zhang*
Catalytic furfural hydrogenation to furfuryl alcohol over Cu/SiO_2 catalysts: A comparative study of the preparation methods
Fuel Processing Technology 193(2019)221-231

93. Deng Li, Ruotian Chen, Pengpeng Wang, Zhen Li, Jian Zhu, Fengtao Fan, Jingying Shi*, Can Li
Effect of Facet-Selective Assembly of Cocatalyst on $BiVO_4$ Photoanode for Solar Water Oxidation
ChemCatChem 11(2019)3763-3769

94. Xiaohua Ju, Lin Liu*, Xilun Zhang, Ji Feng, Teng He, Ping Chen*
Highly Efficient Ru/MgO Catalyst with Surface-Enriched Basic Sites for Production of Hydrogen from Ammonia Decomposition
ChemCatChem 11(2019)4161-4170

95. Nian Lei, Xiaochen Zhao, Baolin Hou, Man Yang, Maoxiang Zhou, Fei Liu, Aiqin Wang*, Tao Zhang
Effective Hydrogenolysis of Glycerol to 1,3- ropanediol over Metal-Acid Concerted $Pt/WOx/Al_2O_3$ Catalysts
ChemCatChem 11(2019)3903-3912

96. Shuangshuang Ma, Panpan Su*, Wenjuan Huang, San Ping Jiang, Shiyang Bai*, Jian Liu*
Atomic Ni species anchored on N-doped carbon hollow spheres as efficient CO_2 reduction electrocatalysts
ChemCatChem 11(2019)6092-6098

97. Guang Lv, Congxin Wang, Ping Wang, Lei Sun, Hao Liu, Wei Qu, Donge Wang, Huaijun Ma, Zhijian Tian*
Pt/ZSM-22 with Partially Filled Micropore Channels as Excellent Shape-Selective Hydroisomerization Catalyst
ChemCatChem 11(2019)1431-1436

98. He Li, Mingmei Zhong, Chunzhi Li, Qihua Yang*
Synthesis of CNTs@POP-Salen Core-Shell Nanostructures for Catalytic Epoxides Hydration
ChemCatChem 11(2019)3952-3958

99. Huifang Jiang, Rui Lu, Xiaoqin Si, Xiaolin Luo, Jie Xu, Fang Lu*
Single-Site Molybdenum Catalyst for the Synthesis of Fumarate
ChemCatChem 11(2019)4291-4296

100. Kairui Liu, Xing Shen,Shi Bai*, Z. Conrad Zhang*
Stable Discrete Pt1(0) in Crown Ether with Ultra-High Hydrosilylation Activity
ChemCatChem 11(2019)1 -7

101. Junyu Ge, Jun Long, Zixu Sun, Han Feng, Jie Hu, See Wee Koh, Qing Yu, Jianping Xiao*, Hong Li
Vertical Silver@ Silver Chloride Core-Shell Nanowire Array for Carbon Dioxide Electroreduction
ACS Applied Energy Materials 2(2019)6163-6169

102. Qihua Fang, ZhaoXian Qin, Yuanyuan Shi, Fei Liu*, Sami Barkaoui, Hadi Abroshan*, Gao Li*
Au/NiO Composite: A Catalyst for One-Pot Cascade Conversion of urfural
Applied Energy Materials 2(2019)2654-2661

103. Yash Boyjoo, Guillaume Rochard, Jean-Marc Giraudon, Jian Liu, Jean-François Lamonier
Mesoporous MnO_2 hollow spheres for enhanced catalytic oxidation
Sustainable Materials and Technologies 20(2019)e00091

104. Likun Ma, Shuliang Xu, Xue Li, Qiang Guo, Deyang Gao, Ya Ding, Mao Ye, Zhongmin Liu
Particle tracking velocimetry of porous sphere settling under gravity: preparation of the model porous particle and measurement of drag coefficients
Powder Technology 360(2019)241-252

105. Cameron A.H.Price, Laura Pastor-Pérez, Svetlana Ivanova, Tomas R.Reina, Jian Liu
The Success Story of Gold-Based Catalysts for Gas- and Liquid-Phase Reactions: A Brief Perspective and Beyond
Frontiers in Chemistry 7(2019)691-697

106. Ting Wang, Hong Ma*, Xin Liu, Yang Luo, Shujing Zhang, Yuxia Sun, Xinhong Wang*, Jin Gao, Jie Xu
Ultrahigh-Content Nitrogen-doped Carbon Encapsulating Cobalt NPs as Catalyst for Oxidative Esterification of Furfural
Chemistry-An Asian Journal 14(2019)1515-1522

107. Yi Liu, Akihiro Hori, Shinpei Kusaka, Nobuhiko Hosono, Mingrun Li, Ang Guo, Dongying Du, Yanshuo Li, Weishen Yang, Yunsheng Ma, and Ryotaro Matsuda
Microwave-Assisted Hydrothermal Synthesis of [Al(OH)(1,4-NDC)] Membranes with Superior Separation Performances
Chemistry-An Asian Journal 14(2019)2072-2076

108. Yingwu Zhou, Yuecheng Wang, Yujie Ban, Ang Guo, Kun Yang, Na Cao, Weishen Yang*
Carbon molecular sieving membranes for butane isomer separation
AIChE Journal 65(2019)e16749(1-12)

109. Luyi Bai, Zhiping Xiong, Ensheng Zhan*, Shuang Li*, Wenjie Shen
Piperazine as a versatile organic structure-directing agent for zeolite synthesis: effect of SiO_2/Al_2O_3 ratio on phase selectivity
Journal of materials science 54(2019)7589-7602

110. Feng Siquan, Song Xiangen, Ren Zhou, Ding Yunjie*
La-Stabilized, Single-Atom Ir/AC Catalyst for Heterogeneous Methanol Carbonylation to Methyl Acetate
Industrial & Engineering Chemistry Research 58(2019)4755-4763

111. Xin Li, Jin Zhang, Wanling Shen, ShutaoXu
Rapid synthesis of metal-organic frameworks MIL-53(Cr)
Materials Letters 225(2019)126519-126521

112. Qiaoyun Liua, Fei Liua*, Yaru Zhang, Yang Su, Aiqin Wang, Tao Zhang*
Ru/H-beta as an efficient catalyst for the conversion of furfural into 3-acetyl-1-propanol (3-AP) toward one-pot transformation of xylan to 3-AP
Molecular Catalysis 476(2019)110506

113. Jianyu Han, Jianmin Lu, Min Wang, Yehong Wang, Feng Wang*
Single Atom Alloy Preparation and Applications in Heterogeneous Catalysis
Chinese Journal of Chemistry 9(2019)977-988

114. He Zheng, Song Shi, Xinhong Wang*, Li Zhao, Guozhi Zhu, Meng Liu, Jin Gao, Jie Xu*
Covalent Triazine Frameworks as Metal Free Catalysts for the Oxidative Coupling of Amines to Imines
Chemistryselect 4(2019)5073-5080

115. Xinhe Bao*
Fe_1(OH)x-Pt Single-Interfacial-Site Catalyst Exhibits Exceptionally High
Acta Physico-Chimica Sinica 11(2019)1168-1169

116. 白诗扬，王昕尧，刘庆隆，孙继红，刘健
中空结构碳基微/纳米反应器的构筑
科学通报 64(2019)3562-3576

117. 刘庆飞，黄武根，杨帆，包信和
界面调控的二维氧化亚铜结构
Scientia Sinica Chimica 49(2019)1-8

118. 郑长勇，冯四全，宋宪根，丁云杰
活性炭负载 Au-Cu 二元催化剂用于多相甲醇羰基化反应
石油化工 12(2019)1191-1198

119. Haiyang Su, Cameron-Alexander Hurd Price, Lingyan Jing, Qiang Tian, Jian Liu, Kun Qian
Janus Particles in Biomedical Applications
Materials Today Bio 4(2019)100033

120. Donge Wang, Jiahe Li, Anda Zheng, Huaijun Ma, Zhendong Pan, Wei Qu, Lin WangJianqiang Han, Congxin Wang, Zhijian Tian*
Quasi-Single-Layer MoS_2 on MoS_2/TiO_2 Nanoparticles for Anthracene Hydrogenation
ACS Applied Nano Materials 2(2019)5096-5107

121. Haijun Chen, Zhimin Li, Zhaoxian Qin, Hyung J. Kim, Hadi Abroshan*, Gao Li*
Silica-Encapsulated Gold Nanoclusters for Efficient Acetylene Hydrogenation to Ethylene
ACS Applied Nano Materials 2(2019)2999-3006

122. Zhaoxian Qin, Dan Zhao, Li Zhao, Qian Xiao, Tingting Wu, Jiangwei Zhang*, Chongqing Wan* and Gao Li *
Tailoring the stability, photocatalysis and photoluminescence properties of Au11 nanoclusters via doping engineering
Nano Advances 1(2019)2529-2536

123. Lin Huang, Deepanjali D. Gurav, Shu Wu, Wei Xu, Vadanasundari Vedarethinam, Jing Yang, Haiyang Su, Xinze Wan, Yuan Fang, Baiyong Shen, Cameron-Alexander Hurd Price, Eirini Velliou, Jian Liu*, Kun Qian*
A Multifunctional Platinum Nanoreactor for Point-of-Care Metabolic Analysis
Matter 1(2019)1669-1680

二、催化表征和理论

124. Aling Chen, Xiaojuan Yu, Yan Zhou*, Shu Miao, Yong Li, Sebastian Kuld, Jens Sehested*, Jingyue Liu, Toshihiro Aoki, Song Hong, Matteo Farnesi Camellone, Stefano Fabris, Jing Ning, Chuanchuan Jin, Chengwu Yang, Alexei Nefedov, Christof Wöll, Yuemin Wang*, Wenjie Shen*
Structure of the catalytically active copper-ceria interfacial perimeter
Nature Catalysis 2(2019)334-341

125. Houfu Lv, Le Lin, Xiaomin Zhang, Yuefeng Song, Hiroaki Matsumoto, Chaobin Zeng, Na Ta, Wei Liu, Dunfeng Gao, Guoxiong Wang*, Xinhe Bao
In Situ Investigation of Reversible Exsolution/Dissolution of CoFe Alloy Nanoparticles in a Co-Doped $Sr_2Fe_{1.5}Mo_{0.5}O_{6-\delta}$Cathode for CO_2 Electrolysis
Advanced Materials 1906193(2019)(1-19)

126. Wei Wei, Le Lin, Guanhua Zhang, Xiaoqiu Ye, Ren Bin, Caixia Meng, Yanxiao Ning,Qiang Fu*, Xinhe Bao
Effect of Near-Surface Dopants on the Epitaxial Growth of h-BN on Metal Surfaces
Advanced Materials Interfaces 6(2019)1801906

127. Xin Chen, He Yang, Bin Wu*, Lifeng Wang, Qiang Fu, Yunqi Liu*
Epitaxial Growth of h-BN on Templates of Various Dimensionalities in h-BN
Advanced Materials 1805582(20019)(1-9)

128. Ruotian Chen, Shan Pang, Hongyu An, Thomas Dittrich, Fengtao Fan, Can Li*
Giant Defect-Induced Effects on Nanoscale Charge Separation in Semiconductor Photocatalysts
Nano Letters 19(2019)426-432

129. Kaiyue Zhu, Xuefeng Zhu*, Weishen Yang*
Application of In Situ Techniques for the Characterization of NiFe-Based Oxygen Evolution Reaction (OER) Electrocatalysts
Angewandte Chemie International Edition 58(2019)1252-1265

130. Shuai Wang, Zhijian Zhao, Xin Chang, Jiubing Zhao, Hao Tian, Chengsheng Yang, Mingrun Li, Qiang Fu, Rentao Mu*, Jinlong Gong*
Activation and Spillover of Hydrogen on Sub-1 nm Palladium Nanoclusters Confined within Sodalite Zeolite for the Semi-Hydrogenation of Alkynes
Angewandte Chemie International Edition 58(2019)7668 -7672

131. Jingbo Mao, Bin Zhao, Jinxia Zhou, Li Zhang, Fan Yang, Xinwen Guo*, Z. Conrad Zhang*
Identification and Characteristics of Catalytic Quad-Functions on Au/Anatase TiO_2
ACS Catalysis 9(2019)7900-7911

132. Cui Dong, Zhenping Qu*, Yuan Qin, Qiang Fu, Hongchun Sun, Xiaoxiao Duan
Revealing the Highly Catalytic Performance of Spinel $CoMn_2O_4$ for Toluene Oxidation: Involvement and Replenishment of Oxygen Species Using In Situ Designed-TP Techniques
ACS Catalysis 9(2019)6698-6710

133. Xuning Li, Xiaofeng Yang, Junming Zhang, Yanqiang Huang*, Bin Liu*
In Situ/Operando Techniques for Characterization of Single-Atom Catalysts
ACS Catalysis 9(2019)2521-2531

134. Kairui Liu, Guangjin Hou, Jingbo Mao, Zhanwei Xu, Peifang Yan, Huixiang Li, Xinwen Guo, Shi Bai*, Z. Conrad Zhang*
Genesis of Electron Deficient Pt1(0) in PDMS-PEG Aggregates
Nature Communications 10(2019)996

135. Hao Wu, Pengju Ren, Peng Zhao, Zhongmiao Gong, Xiaodong Wen,Yi Cui*, Qiang Fu*, Xinhe Bao*
Dynamic nanoscale imaging of enriched CO adlayer on Pt(111) confined under h-BN monolayer in ambient pressure atmospheres
Nano Research 12(2019)85-90

136. Hao Wu, Qiang Fu, Yifan Li,Yi Cui, Rui Wang, Le Lin, Aiyi Dong, Yanxiao Ning, Fan Yang, Xinhe Bao*
Controlled growth of uniform two-dimensional ZnO overlayers on Au(111) and surface hydroxylation
Nano Research 12(2019)2348-2354

137. Shushu Gao, Shutao Xu*,Yingxu Wei*, Zhiqiang Liu, Anmin Zheng, Pengfei Wu, Zhongmin Liu*
Direct probing of heterogeneity for adsorption and diffusion within a SAPO-34 crystal
Chemical Communications 55(2019)10693-10696

138. Yi Zhang, Wei Feng, Fan Yang, Xinhe Bao*
Interface-controlled synthesis of CeO_2(111) and CeO_2(100) and their structural transition on Pt(111)
Chinese Journal of Catalysis 40(2019)204-213

139. Juan Zhang, Yueying Chu, Xiaolong Liu, Hao Xu, Xiangju Meng*, Zhaochi Feng, Feng-Shou Xiao
Interzeolite transformation from FAU to CHA and MFI zeolites monitored by UV Raman spectroscopy
Chinese Journal of Catalysis 40(2019)1854-1859

140. Zhenchao Zhao, Xin Li, Shihan Li, Shutao Xu*, Xinhe Bao, Yilmaz Bilge, Parvulescu Andrei-Nicolae, Müller Ulrich, Weiping Zhang*
Structural investigation of interlayer-expanded zeolite by hyperpolarized 129Xe and 1H NMR spectroscopy
Microporous and Mesoporous Materials 288(2019)109555-109560

141. Shu Zeng, Shutao Xu*, Shushu Gao, Mingbin Gao, Wenna Zhang, Yingxu Wei*, Zhongmin Liu*
Differentiating Diffusivity in Different Channels of ZSM-5 Zeolite by Pulsed Field Gradient (PFG) NMR
ChemCatChem 11(2019)1-7

142. Ke Gong, Feng Jiao, Yuxiang Chen, Xianchun Liu, Xiulian Pan, Xiuwen Han, Xinhe Bao, Guangjin Hou*
Insights into the Site-Selective Adsorption of Methanol and Water in Mordenite Zeolite by 129Xe NMR Spectroscopy
The Journal of Physical Chemistry C 123(2019)17368-17374

143. Hao Chen, Rui Wang, Rong Huang, Changbao Zhao, Yangsheng Li, Zhongmiao Gong, Yunxi Yao, Yi Cui, Fan Yang, Xinhe Bao
Surface and Subsurface Structures of the Pt-Fe Surface Alloy on Pt(111)
Journal of Physical Chemistry C 123(2019)17225-17231

144. Rishika Chatterjee, Sebastian Kuld, Roy van den Berg, Aling Chen, Wenjie Shen, Jakob Munkholt Christensen, Anker Degn Jensen, Jens Sehested
Mapping Support Interactions in Copper Catalysts
Physical Chemistry Chemical Physics 62(2019)649-659

145. Shutao Xu*, Xin Li, Cheng Sun, Anmin Zheng, Weiping Zhang, Xiuwen Han, Xianchun Liua, Xinhe Bao*
Mapping the dynamics of methanol and xenon co-adsorption in SWNTs by in situ continuous-flow hyperpolarized 129Xe NMR
Physical Chemistry Chemical Physics 21(2019)3287-3293

146. Dong Xiao, Xiuwen Han, Xinhe Bao, Guangjin Hou, Frédéric Blanc*
Identification of different carbenium ion intermediates in zeolites with identical chabazite topology via 13C-13C through-bond NMR correlations
RSC Advances 9(2019)12415-12418

147. Zhiwen Zhou, Ping Liu*, Fan Yang*, Xinhe Bao
Interface-confined triangular FeOx nanoclusters on Pt(111)
Journal of Chemical Physics 151(2019)214704

148. Xin Tian, Chenxi Guo, Hong Zhong, Yonghua Zhou, Jianping Xiao*
Exceptional stability and chemical mechanism over spinel $ZnCr_2O_4$ catalyst for HCl oxidation to Cl_2
Molecular Catalysis 470(2019)82-88

149. Yuxuan Tang, Feng Cheng, Zhaochi Feng, Guoqing Jia*, Can Li*
Stereostructural Elucidation of Glucose Phosphorylation by Raman Optical Activity
Journal of Physical Chemistry B 123(2019)7794-7800

150. Yanxiao Ning, Qiang Fu*, Yifan Li, Siqin Zhao, Chao Wang, Martin Breitschaft, Sebastian Hagen, Oliver Schaff, Xinhe Bao*
A near ambient pressure photoemission electron microscope (NAP-PEEM)
Ultramicroscopy 200(2019)105-110

151. Zhang Yi, Yang Fan*, Bao Xinhe
Growth and structures of monolayer and bilayer CeOx nanostructures on Au(111)
Surface Science 679(2019)31-36

152. Ji Yi , Liang Lixin, Guo Changmiao, Bao Xinhe, Polenova Tatyana, Hou Guangjin*
Zero-Quantum Homonuclear Recoupling Symmetry Sequences in Solid-State Fast MAS NMR Spectroscopy
Acta Physico-Chimica Sinica 35(2019)0001-0009

三、催化反应

153. Nengchao Luo, Tiziano Montini, Jian Zhang, Paolo Fornasiero, Emiliano Fonda, Tingting Hou, Wei Nie, Jianmin Lu, Junxue Liu, Marc Heggen, Long Lin, Changtong Ma, Min Wang, Fengtao Fan, Shengye Jin, Feng Wang*
Visible-light-driven coproduction of diesel precursors and hydrogen from lignocellulose-derived methylfurans
Nature energy 4(2019)575-584

154. Qiang Fu*, Xinhe Bao
Confined microenvironment for catalysis control
Nature Catalysis 2(2019)834-836

155. Zhen Li, Wangyin Wang, Shichao Liao, Mingyao Liu, Yu Qi, Chunmei Ding, Can Li*
Integrating a redox flow battery into a Z-scheme water splitting system for enhancing the solar energy conversion efficiency
Energy & Environmental Science 12(2019)631-639

156. Min Wang, Feng Wang*
Catalytic Scissoring of Lignin into Aryl Monomers
Advanced Materials 31(2019)1901866(1-18)

157. Zelong Li, Yuanzhi Qu, Jijie Wang, Hailong Liu, Mingrun Li, Shu Miao, Can Li*
Highly Selective Conversion of Carbon Dioxide to Aromatics over Tandem Catalysts
Joule 3(2019)1-14

158. Man Yang, Haifeng Qi, Fei Liu, Yujing Ren, Xiaoli Pan, Leilei Zhang, Xiaoyan Liu, Hua Wang, Jifeng Pang, Mingyuan Zheng, Aiqin Wang*, Tao Zhang*
One-Pot Production of Cellulosic Ethanol via Tandem Catalysis over a Multifunctional Mo/Pt/WOx Catalyst
Joule 3(2019)1937-1948

159. Lei Tang, Xianguang Meng, Dehui Deng*, Xinhe Bao
Confinement catalysis with two-dimensional materials for energy conversion
Advanced Materials 31(2019)1901996(1-16)

160. Long Lin, Haobo Li, Chengcheng Yan, Hefei Li, Rui Si, Mingrun Li, Jianping Xiao, Guoxiong Wang*, Xinhe Bao
Synergistic Catalysis over Iron-Nitrogen Sites Anchored with Cobalt Phthalocyanine for Efficient CO_2 Electroreduction
Advanced Materials 31(2019)1903470(1-7)

161. Yuefeng Song, Xiaomin Zhang, Kui Xie, Guoxiong Wang*, Xinhe Bao*
High-Temperature CO_2 Electrolysis in Solid Oxide Electrolysis Cells: Developments, Challenges, and Prospects
Advanced Materials 31(2019)1902033(1-18)

162. Xiaowei Lu, Lin Sun, Peng Jiang*, Xinhe Bao*
Progress of Photodetectors Based on the Photothermoelectric Effect
Advanced Materials 31(2019)1902044(1-26)

163. Beibei Dong, Junyan Cui, Yuying Gao, Yu Qi, Fuxiang Zhang, Can Li*
Heterostructure of 1D Ta_3N_5 Nanorod/$BaTaO_2N$ Nanoparticle Fabricated by a One-Step Ammonia Thermal Route for Remarkably Promoted Solar Hydrogen Production
Advanced Materials 31(2019)1808185(1-7)

164. Xiong Su, Xiao-Feng Yang, Yanqiang Huan*, Bin Liu*, Tao Zhang*
Single-Atom Catalysis toward Efficient CO_2 Conversion to CO and Formate Products
Accounts of Chemical Research 52(2019)656-664

165. Xianguang Meng, Xiaoju Cui, N.Pethan Rajan, Liang Yu, Dehui Deng*, Xinhe Bao
Direct methane conversion under mild conditions by thermo-, electro- or photocatalysis
Chem 5(2019)2296-2325

166. Deng Li, Yong Liu, Wenwen Shi, Chenyi Shao, Shengyang Wang, Chunmei Ding, Taifeng Liu, Fengtao Fan, Jingying Shi, Can Li*
Crystallographic-Orientation-Dependent Charge Separation of $BiVO_4$ for Solar Water Oxidation
ACS Energy Letters 4(2019)825-831

167. Hong Wang, Xiaomei Wang, Ruotian Chen, Hefeng Zhang, Xiuli Wang, Junhui Wang, Jing Zhang, Linchao Mu, Kaifeng Wu, Fengtao Fan, Xu Zong, Can Li
Promoting photocatalytic H_2 Evolution on Organic-inorganic Hybrid perorskite Nanocrystals by simultaneous Dual-charge Trasportation modulation
ACS Energy Letters 4(2019)40-47

168. Ping Fu, Wei Qin, Shengqiang Bai, DongYang, Lidong Chen, Xin Guo, Can Li
Integrating large-area perovskite solar module with thermoelectric generator for enhanced and stable power output
Nano Energy 65(2019)104009

169. Jiajian Gao, Congqiao Xu, Sungfu Hung, Wei Liu, Weizheng Cai, Zhiping Zeng, Chunmiao Jia, Hao Ming Chen, Hai Xiao, Jun Li*, Yanqiang Huang*, Bin Liu*
Breaking Long-Range Order in Iridium Oxide by Alkali Ion for Efficient Water Oxidation
Journal of the American Chemical Society 141(2019)3014-3023

170. Zhaoqian Wan, Julie M. Longo, Lixin Liang, Hongyu Chen, Guangjin Hou, Shuai Yang, Weiping Zhang, Geoffrey W. Coates*, Xiaobing Lu*
Comprehensive Understanding of Polyester Stereocomplexation
Journal of the American Chemical Society 141(2019)14780-14787

171. Zhou-jun Wang, Hui Song, Hong Pang, Yanxiao Ning, Thang DuyDao, Zhuan Wang, Hailong Chen, Yuxiang Weng, Qiang Fu, Tadaaki Nagao, Yunming Fang, Jinhua Ye*
Photo-assisted methanol synthesis via CO_2 reduction under ambient pressure over plasmonic Cu/ZnO catalysts
Applied Catalysis B: Environmental 250(2019)10-16

172. Tingting Hou, Nengchao Luo, Yi-Tao Cui, Jianmin Lu, Lei Li, Katherine E MacArthur, Marc Heggen, Ruotian Chen, Fengtao Fan, Wenming Tian, Shengye Jin, Feng Wang*
Selective reduction of CO_2 to CO under visible light by controlling coordination structures of CeOx-S/ZnIn2S4 hybrid catalysts
Applied Catalysis B: Environmental 245(2019)262-270

173. Ailong Li, Hideshi Ooka, NadHge Bonnet, Toru Hayashi, Yimeng Sun, Qike Jiang, Can Li, Honxian Han, Ryuhei Nakamura
Stable Potential Windows for Long-Term Electrocatalysis by Manganese Oxides Under Acidic Conditions
Angewandte Chemie International Edition 58(2019)5054 -5058

174. Yang Yu, Teng He*, Anan Wu*, Qijun Pei, Abhijeet Karkamkar, Tom Autrey, Ping Chen*
Reversible Hydrogen Uptake/Release over a Sodium Phenoxide-Cyclohexanolate Pair
Angewandte Chemie International Edition 58(2019)3102 -3107

175. Yuefeng Song, Si Zhou, Qiao Dong, Yangsheng Li, Xiaomin Zhang, Na Ta, Zhi Liu, Jijun Zhao, Fan Yang, Guoxiong Wang*, Xinhe Bao*
Oxygen Evolution Reaction over the Au/YSZ Interface at High Temperature
Angewandte Chemie International Edition 58(2019)4617 -4621

176. Jie Wang, Zhouhao Zhu, Muwang Chen, Qingan Chen, Yonggui Zhou*
Catalytic Biomimetic Asymmetric Reduction of Alkenes and Imines Enabled by Chiral and Regenerable NAD(P)H Models.
Angewandte Chemie International Edition 58(2019)1813-1817

177. Yuefeng Song, Le Lin, Weicheng Feng, Xiaomin Zhang, Qiao Dong, Xiaobao Li, Houfu Lv, Qingxue Liu, Fan Yang, Zhi Liu, Guoxiong Wang*, Xinhe Bao
Interfacial Enhancement by g-Al_2O_3 of Electrochemical Oxidative
Angewandte Chemie International Edition 58(2019)16043-16046

178. Na Li, Feng Jiao, Xiulian Pan*, Yuxiang Chen, Jingyao Feng, Gen Li, Xinhe Bao*
High-Quality Gasoline Directly from Syngas by Dual Metal Oxide-Zeolite (OX-ZEO) Catalysis
Angewandte Chemie International Edition 58(2019)7400-7404

179. Xiaoqiang Zhang, Peifang Yan, Bin Zhao, Kairui Liu, Mayfair C. Kung, Harold H. Kung*,Shanyong Chen, Z. Conrad Zhang*
Selective Hydrodeoxygenation of Guaiacol to Phenolics by Ni/Anatase TiO_2 Catalyst Formed by Cross-Surface Migration of Ni and TiO_2
ACS Catalysis 4(2019)3551-3563

180. Hongji Li, Anon Bunrit, Jianmin Lu, Zhuyan Gao, Nengchao Luo, Huifang Liu, Feng Wang*
Photocatalytic Cleavage of Aryl Ether in Modified Lignin to Nonphenolic Aromatics
ACS Catalysis 9(2019)8843-8851

181. Hao Chen, Le Lin, Yifan Li,Rui Wang, Zhongmiao Gong, Yi Cui,Yangsheng Li, Yun Liu, Xinfei Zhao, Wugen Huang, Qiang Fu, Fan Yang*, Xinhe Bao*
CO and H_2 activation over g-ZnO layers and w-ZnO(0001)
ACS Catalysis 9(2019)373-1382

182. Jianqi Hao, Pierre Schwach, Guangzong Fang, Xiaoguang Guo, Hailei Zhang, Hao Shen, Xin Huang, Daniel Eggart, Xiulian Pan*, Xinhe Bao
Enhanced Methane Conversion to Olefins and Aromatics by H-Donor Molecules under Nonoxidative Condition
ACS Catalysis 9(2019)9045-9050

183. Xiaoju Cui, Hai-Yan Su, Ruixue Chen, Liang Yu, Jinchao Dong, Chao Ma, Suheng Wang, Jianfeng Li, Fan Yang, Jianping Xiao, Mengtao Zhang, Ding Ma, Dehui Deng*, Dong H. Zhang, Zhongqun Tian, Xinhe Bao
Room-temperature electrochemical water-gas shift reaction for high purity hydrogen production
Nature Communications 10(2019)86

184. Tiesheng Wang, Lijun Gao, Jingwei Hou, Servann J. A. Herou, James T. Griffiths, Weiwei Li, Jinhu Dong, Song Gao, Maria-Magdalena Titirici, R. Vasant Kumar, Anthony K. Cheetham, Xinhe Bao, Qiang Fu*, Stoyan K. Smoukov*
Rational Approach to Guest Confinement inside MOF Cavities for Low-Temperature Catalysis
Nature Communications 10(2019)1340

185. Xiaowei Lu, Peng Jiang, Xinhe Bao
Phonon-enhanced photothermoelectric effect in $SrTiO_3$ ultra-broadband photodetector
Nature Communications 10(2019)138

186. Hongji Li, Elena Subbotina, Anon Bunrit, Feng Wang*, Joseph S. M. Samec*
Functionalized spirolactones by photoinduced dearomatization of biaryl compounds
Chemical Science 10(2019)3681-3686

187. Hao Tang, Yancheng Hu, Guangyi Li, Aiqin Wang, Guoliang Xu, Cong Yu, Xiaodong Wang, Tao Zhang, Ning Li *
Synthesis of jet fuel range high-density polycycloalkanes with polycarbonate waste
Green Chemistry 21(2019)3789-3795

188. Shujing Zhang, Hong Ma*, Yuxia Sun, Yang Luo, Xin Liu, Meiyun Zhang, Jin Gao, Jie Xu*
Catalytic selective hydrogenation and rearrangement of 5-hydroxymethylfurfural to 3-hydroxymethyl-cyclopentone over a bimetallic nickel
Green Chemistry 21(2019)1702-1709

189. Haiwei Guo, Daniel M. Miles-Barrett, Bo Zhang, Aiqin Wang, Tao Zhang, Nicholas J. Westwood*, Changzhi Li*
Is oxidation-reduction a real robust strategy for lignin conversion? A comparative study on lignin and model compounds
Green Chemistry 21(2019)803-811

190. Bingqing Zhang, Lihue He, Tingting Yao, Wenjun Fan, Xiangtian Zhang, Sheng Wen, Jingying Shi, Can Li*
Simultaneous Photoelectrocatalytic Water Oxidation and Oxygen Reduction for Solar Electricity Production in Alkaline Solution
ChemSusChem 12(2019)1026-1032

191. Haobo Li, Chenxi Guo, Qiang Fu, Jianping Xiao*
Toward Fundamentals of Confined Electrocatalysis in Nanoscale Reactors
The Journal of Physical Chemistry Letters 10(2019)533-539

192. Chiheng Chu, Ji Yang, Dahong Huang, Jianfeng Li, Aiqin Wang*, Pedro J. J. Alvarez, Jae-Hong Kim*
Cooperative Pollutant Adsorption and Persulfate-Driven Oxidation on Hierarchically Ordered Porous Carbon
Environmental Science & Technology 53(2019)10352-10360

193. Ran Wang, Guangyi Li, Hao Tang, Aiqin Wang, Guoliang Xu, Yu Cong, Xiaodong Wang, Tao Zhang, Ning Li*
Synthesis of Decaline-Type Thermal-Stable Jet Fuel Additives with Cycloketones
ACS Sustainable Chemistry & Engineering 7(2019)17354-17361

194. Bo Zhang, Zaojuan Qi, Xinxin Li, Jianwei Ji, Wenhao Luo, Changzhi Li*, Aiqin Wan and Tao Zhang*
ReOx/AC-Catalyzed Cleavage of C-O Bonds in Lignin Model Compounds and Alkaline Lignins
ACS Sustainable Chemistry & Engineering 7(2019)208-215

195. Changbin Yu, Bo Song, Muwang Chen, Hongqiang Shen, Yonggui Zhou*
Construction of Multiple-Substituted Chiral Cyclohexanes through Hydrogenative Desymmetrization of 2,2,5-Trisubstituted 1,3-Cyclohexanediones.
Organic Letters 21(2019) 9401-9404

196. Hongqiang Shen, Bo Wu, Huanping Xie, Yonggui Zhou*
Preparation of Axially Chiral 2,2'-Biimidazole Ligands through Remote Chirality Delivery and Their Application in Asymmetric Carbene Insertion into N-H of Carbazoles
Organic Letters 21(2019)2712-2717

197. Jian Li, Tie Yua, Dengyun Miao, Xiulian Pan*, Xinhe Bao*
Carbon dioxide hydrogenation to light olefins over ZnO-Y_2O_3 and SAPO-34 bifunctional catalysts
Catalysis Communications 129(2019)105711

198. Ping Chen, Kai Wang, Boyu Zhang, Wengang Guo, Yan Liu*, Can Li *
Water enables an asymmetric cross reaction of α-keto acids with α-keto esters for the synthesis of quaternary isotetronic acids
Chemical Communications 55(2019)12813-12816

199. Xianghui Liu, Kai Wang, Wengang Guo, Yan Liu*, Can Li
An organic-base catalyzed asymmetric 1,4-addition of tritylthiol to in situ generated aza-o-quinone methides at the H_2O DCM interface
Chemical Communications 55(2019) 2668-2671

200. Deren Yang, Guoxiong Wang, Xun Wang
Photo- and thermo-coupled electrocatalysis in carbon dioxide and methane conversion
Science China Materials 10(2019)1369-1373

201. Xiaomei Yang, Yali Zhang, Lipeng Zhou, Beibei Gao, Tianliang Lu*, Yunlai Su, Jie Xu
Production of lactic acid derivatives from sugars over post-synthesized Sn-Beta zeolite promoted by WO_3
Food Chemistry 289(2019)285-291

202. Hao Tang, Fang Chen, Guangyi Li, Xiaofeng Yang, Yancheng Hu, Aiqin Wang, Yu Cong, Xiaodong Wang, Tao Zhang, Ning Li*
Synthesis of jet fuel additive with cyclopentanone
Journal of Energy Chemistry 29(2019)23-30

203. Jiping Ma, Song Shi, Xiuquan Jia, Fei Xia, Hong Ma, Jin Gao, Jie Xu*
Advances in catalytic conversion of lignocellulose to chemicals and liquid fuels
Journal of Energy Chemistry 36(2019)74-86

204. Junhao Yang, Ke Gong, Dengyun Miao, Feng Jiao, Xiulian Pan*, Xiangju Meng, Fengshou Xiao, Xinhe Bao*
Enhanced aromatic selectivity by the sheet-like ZSM-5 in syngas conversion
Journal of Energy Chemistry 35(2019)44-48

205. Tingting Cui, Jinhu Dong, Xiulian Pan*, Tie Yu, Qiang Fu, Xinhe Bao*
Enhanced hydrogen evolution reaction over molybdenum carbide nanoparticles confined inside single-walled carbon nanotubes
Journal of Energy Chemistry 28(2019)123-127

206. Shiqing Hu, Lixiao Zhang, Huanying Liu, Wenping Li, Zhongwei Cao, Lili Cai, Yue Zhu, Xuefeng Zhu*, Weishen Yang
Detrimental phase evolution triggered by Ni in perovskite-type cathodes for CO_2 electroreduction
Journal of Energy Chemistry 36(2019)87-94

207. Fei Huang, Ming Tian*, Yanyan Zhu , Xiaodong Wang*, Aiqin Wang, Lin Li, Jian Lin, Junhu Wang
Fe-substituted Ba-hexaaluminate with enhanced oxygen mobility for CO_2 capture by chemical looping combustion of methane
Journal of Energy Chemistry 29(2019)50-57

208. Gen Li, Feng Jiao, Dengyun Miao, Yong Wang , Xiulian Pan*, Yokoi Toshiyuki, Meng Xiangju, Xiao Feng-Shou, Parvulescu Andrei-Nicolae, Mueller Ulrich, Xinhe Bao*
Selective conversion of syngas to propane over ZnCrOx-SSZ-39 OX-ZEO catalysts
Journal of Energy Chemistry 36(2019)141-147

209. Suheng Wang, Haobo Li, Mengqi He, Xiaoju Cui, Lei Hua, Haiyang Li, Jianping Xiao, Liang Yu, N. Pethan Rajan, Zhaoxiong Xie, Dehui Deng*
Room-temperature conversion of ethane and the mechanism understanding over single iron atoms confined in graphene
Journal of Energy Chemistry 36(2019)47-50

210. Ensheng Zhan*, Zhiping Xiong, Wenjie Shen*
Dimethyl ether carbonylation over zeolites
Journal of Energy Chemistry 36(2019)51-63

211. Yang Yu, Qijun Pei, Teng He*, Ping Chen
Kinetic studies of reversible hydrogen storage over sodium phenoxide-cyclohexanolate pair in aqueous solution
Journal of Energy Chemistry 39(2019)244-248

212. Yangyang Li, Jun Hu, Jie Xu, Yanping Zheng, Mingshu Chen*, Huilin Wan, Qiang Fu, Fan Yang, Xinhe Bao*
Activation of CO and surface carbon species for conversion of syngas to light olefins on ZnCrOx-Al_2O_3 catalysts
Applied Surface Science 494(2019)353-360

213. Yang Zhao, Han Wang, Bo Wu, Yonggui Zhou*
Synthesis of Paracyclophanes with Planar and Central Chirality: Kinetic Resolution of [2.2]paracyclophane Aldimines via Palladium-Catalyzed Addition of Arylboronic Acids
Organic Chemistry Frontiers 6(2019)3956-3960

214. Guangshou Feng, Zibiao Zhao, Lei Shi, Yonggui Zhou*
Iridium-catalyzed Asymmetric Hydrogenation of Quinazolinones.
Organic Chemistry Frontiers 6(2019)2250-2253

215. Zibiao Zhao, Lei Shi, Fanjie Meng, Yaming Li, Yonggui Zhou*
Synthesis of Chiral Seven-membered Cyclic Sulfonamides through Palladium-catalyzed Arylation of Cyclic Imines.
Organic Chemistry Frontiers 6(2019)1572-1576

216. Huanping Xie, Bo Wu, Xinwei Wang, Yonggui Zhou*
Chiral Brønsted Acid-Catalyzed Conjugate Addition of Indoles to Azadienes: Enantioselective Synthesis of Hetero-Triarylmethanes.
Chinese Journal of Catalysis 40(2019) 1566-1575

217. Zhen Li, Yu Qi, Wangyin Wang, Deng Li, Zheng Li, Yanan Xiao, Guangye Han, Jianren Shen, Can Li*
Blocking backward reaction on hydrogen evolution cocatalyst in a photosystem II hybrid Z-scheme water splitting system
Chinese Journal of Catalysis 40(2019)486-494

218. Chengcheng Yan, Long Lin, Guoxiong Wang*, Xinhe Bao
Transition metal-nitrogen sites for electrochemical carbon dioxide reduction reaction
Chinese Journal of Catalysis 40(2019)23-37

219. Bin Shao, Wenning Zhao, Shu Miao, Jiahui Huang*, Lili Wang, Gao Li, Wenjie Shen
Facet-dependent anchoring of gold nanoparticles on TiO_2 for CO oxidation
Chinese Journal of Catalysis 40(2019)1534-1539

220. Huanping Xie, Lei Sun, Bo Wu, Yonggui Zhou*
Copper-Catalyzed Alkynylation/ Cyclization/ Isomerization Cascade for Synthesis of 1,2-Dihydrobenzofuro[3,2-b]pyridines and Benzofuro[3,2-b] pyridines
Journal of Organic Chemistry 84(2019) 15498-15507

221. Xinwei Wang, Muwang Chen, Bo Wu, Baomin Wang, Yonggui Zhou*
Chiral Phosphoric Acid-Catalyzed Synthesis of Fluorinated 5,6-Dihydroindolo[1,2-c]quinazolines with Quaternary Stereocenters
Journal of Organic Chemistry 84(2019) 8300-8308

222. Fan-Jie Meng, Lei Shi, Guang-Shou Feng, Lei Sun, Yong-Gui Zhou*
Enantioselective Synthesis of 3,4-Dihydropyrimidin-2(1H)-ones through Organocatalytic Transfer Hydrogenation of 2-Hydroxypyrimidines.
Journal of Organic Chemistry 84(2019) 4435-4442

223. Shizhang Qiao, Jian Liu, Sibudjing Kawi
Editorial: Electrocatalysis-From Batteries to Clean Energy Conversion
ChemCatChem 11(2019)5835-5837

224. Hong-Qiang Shen, Huan-Ping Xie, Lei Sun, Yong-Gui Zhou*
Enantioselective Carbene Insertion into O-H of Phenols with Chiral Palladium/2,2'-Biimidazole Complexes
Organometallics 38(2019)3902-3905

225. Haiyuan Jia*, Jixin Zhang, Jiafeng Yu, Xiaodeng Yang, Xueru Sheng, Hengyong Xu, Chenglin Sun, Wenjie Shen, Andreas Goldbach**
Efficient H_2 production via membrane-assisted ethanol steam reforming over Ir/CeO_2 catalyst
International Journal of Hydrogen Energy 44(2019) 24733-24745

226. Wenping Li, Zhongwei Cao, Hongbo Li, Xuefeng Zhu*, Weishen Yang
Asymmetric dual-phase MIEC membrane reactor for energy-efficient coproduction of two kinds of synthesis gases
International Journal of Hydrogen Energy 44(2019)4218-4227

227. Quanquan Shi, Zhaoxian Qin, Hui Xu, Gao Li *
Heterogeneous Cross-Coupling over Gold Nanoclusters
Nanomaterials 9(2019)838-854

228. Fei Xia, Jiping Ma*, Xiuquan Jia, Meiling Guo, Xuebin Liu, Hong Ma, Jin Gao, Jie Xu*
Catalytic Synthesis of 2,5-Furandicarboxylic Acid from Concentrated 2,5-Diformylfuran Mediated by N-hydroxyimides under Mild Conditions
Chemistry-An Asian Journal 14(2019)3329-3334

229. Zibiao Zhao, Lei Shi, Yaming Li, Fanjie Meng, Yonggui Zhou*
Facile Synthesis of Chiral ε-Sultams via an Organocatalytic Aza-Friedel-Crafts Reaction.
Organic & Biomolecular Chemistry 17(2019)6364-6368

230. Lili Cai, Shiqing Hu, Zhongwei Cao, Hongbo Li, Xuefeng Zhu, Weishen Yang*
Dual-Phase Membrane Reactor for Hydrogen Separation with High Tolerance to CO_2 and H_2S Impurities
AIChE Journal 65(2019)1088-1096

231. Zhenlei Li, Junying Zhang, Baolin Hou, Aiqin Wang*
Kinetic study of cellulose hydrolysis with tungsten-based acid catalysts
AIChE Journal 65(2019)e16585

232. Chenxi Guo, Jianping Xiao*
Towards unifying the concepts of catalysis in confined space
Computational Materials Science 161(2019)58-63

233. Changbin Yu, Xiang Li, Yonggui Zhou*
A Condensation/Reductive Alkylation/Hydrogenation Cascade for Facile Synthesis of Chiral 2,3-Disubstituted Indolines.
Asian Journal of Organic Chemistry 8(2019)1118-1121

234. Yangyang Ma, Jiping Ma*, Fei Xia, Fang Lu, Zhongtian Du, Jie Xu*
Molybdenum-Catalyzed Oxidative Cleavage of Raw Poplar Sawdust into Mono-Aromatics and Organic Acid Esters
Asian Journal of Organic Chemistry 8(2019)1348-1353

235. Sheng Ye, Chunmei Ding, Can Li*
Artificial photosynthesis systems for catalytic water oxidation
Advances in Inorganic Chemistry 74(2019)3-59

催化基础国家重点实验室 2019 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.	一种醋酸酯加氢制备乙醇的方法	ZL201510583455.5	黄秀敏,申文杰	发明	中国
2.	一种纳米 ZSM-5 分子筛的合成方法	ZL201510852504.0	展恩胜,申文杰,李勇	发明	中国
3.	一种 Ψ-型磷酸锆晶体纳米片及其制备和应用	ZL201610048355.7	李勇,申文杰	发明	中国
4.	一种催化剂及由合成气一步法直接制备低碳烯烃的方法	RU2706241	潘秀莲,焦峰	发明	俄罗斯
5.	一种整体式多孔碳-碳化硅复合材料及其制备和应用	ZL201410432919.8	潘秀莲	发明	中国
6.	一种提高金藻 DHA 含量的培养方法	ZL201410597451.8	曹旭鹏	发明	中国
7.	一种提高金藻油脂含量与多不饱和脂肪酸产量的培养方法	ZL201410597477.2	曹旭鹏	发明	中国
8.	一种原子力显微镜和表面光电压谱联用方法	ZL201410617526.4	李灿,朱剑,范峰滔	发明	中国
9.	一种同时提高螺旋藻生物质和多糖产率的方法	ZL201410639520.7	曹旭鹏	发明	中国
10.	一种纳米粒子稳定钙钛矿结构透氧膜的方法	ZL201410639767.9	杨维慎,朱雪峰	发明	中国

序号	专利名称	专利号	发明人	专利类型	国别
11.	金属-氧化铈催化剂的制备方法及其在二氧化碳电催化还原中的应用	ZL201510240669.2	汪国雄	发明	中国
12.	一种汽油选择性加氢脱硫催化剂及其制备和应用	ZL201510304797.9	李灿,刘铁峰	发明	中国
13.	一种基于水溶性快速反应动力学电对的光电化学储能电池	ZL201510387909.1	李灿,施晶莹,宗旭,董延宝	发明	中国
14.	二氧化碳加氢合成低碳醇催化剂及其制备方法和应用	ZL201510388581.5	李灿,王集杰	发明	中国
15.	手性有机碱在水油两相体系制手性含硫吲哚化合物的应用	ZL201510431625.8	李灿,刘奘	发明	中国
16.	一种催化剂及由合成气一步直接制备低碳烯烃的方法	ZL201510676457.9	潘秀莲,焦峰	发明	中国
17.	流通式在线微藻叶绿素荧光测量模块	ZL201510759959.8	曹旭鹏	发明	中国
18.	一种适用于水油两相体系手性催化剂及其制备和应用	ZL201510863628.9	李灿,刘奘	发明	中国
19.	金属有机骨架杂化膜、其制备方法及应用	ZL201510883685.3	杨维慎	发明	中国
20.	超薄沸石咪唑酯骨架杂化膜、其制备方法及应用	ZL201510886177.0	杨维慎	发明	中国
21.	金属氧化物纳米簇的合成及纳米簇和在水氧化中的应用	ZL201510924710.8	李灿,韩洪宪,章福祥	发明	中国

序号	专利名称	专利号	发明人	专利类型	国别
22.	催化剂焙烧容器	ZL201510930207.3	杨维慎,王红心,楚文玲	发明	中国
23.	一种金属掺杂的二氧化钨热电材料及制备方法	ZL201510962265.4	姜鹏	发明	中国
24.	一种金属元素晶格掺杂 Si 基材料催化剂的制备方法及甲烷无氧制乙烯的方法	ZL201511003407.0	郭晓光,方光宗	发明	中国
25.	一种汽油选择性加氢脱硫体相催化剂的制备和应用	ZL201610044629.5	李灿,刘铁峰	发明	中国
26.	一种二氧化碳加氢合成甲醇的催化剂及其制备和应用	ZL201610056140.X	李灿,王集杰,卢胜梅,李军	发明	中国
27.	一种规模化太阳能光催化-光电催化分解水制氢的方法	ZL201610065543.0	李灿,李仁贵,丁春梅,董延宝	发明	中国
28.	一种微藻胞内代谢物样品提取方法	ZL201610083257.7	曹旭鹏	发明	中国
29.	一种光学透过性可控光电极的制备方法及其光电极	ZL201610391077.5	李灿,韩洪宪	发明	中国
30.	一种媒介体辅助的电化学分解硫化氢的方法	ZL201610818697.2	李灿,宗旭	发明	中国
31.	一种耐高温二氧化碳加氢合成甲醇催化剂及其制备和应用	ZL201610826535.3	李灿,王集杰,卢胜梅,李军	发明	中国
32.	原位化学反应器及其及与核磁共振的联用系统	ZL201820929667.3	刘宪春	实用新型	中国

序号	专利名称	专利号	发明人	专利类型	国别
33.	一种超极化稀有惰性气体发生装置	ZL201820930192.X	刘宪春	实用新型	中国
34.	一种超极化稀有惰性气体发生用极化池	ZL201820930256.6	刘宪春	实用新型	中国

2019 年开放课题一览表

课题号	项目名称	申请者	所在单位
N-19-01	ZnO 表面的氢活化及氢溢流研究	董爱义	大连海事大学
N-19-02	高效催化甲烷燃烧的低负载贵金属催化剂研究	李星运	青岛大学
N-19-03	Pt 基双组分催化体系的构建及脱氢性能研究	裴春雷	天津大学
N-19-04	乙苯直接脱氢氮化硼基非金属催化剂的研究	周永华	中南大学
N-19-05	氮掺杂纳米多孔碳负载小尺寸纳米铜复合催化剂的制备及二氧化碳电催化还原特性研究	姜晓乐	西南民族大学
N-19-06	氮掺杂碳纳米材料的结构调控及其超级电容性能研究	姜　靓	济宁医学院
N-19-07	孔道封装防腐剂分子的取向分子筛膜	俞同文	中山大学
N-19-08	层状氢氧化镧的固体核磁共振研究	徐　骏	南开大学
N-19-09	氮掺杂多孔石墨烯低温催化芳烃氧化研究	张攀科	郑州大学
N-19-10	Toward Computational Design of Photocatalysts for deNOx Reaction through High-dimensional Reaction Potential Surface	Thomas Frauenheim	University of Bremen

课题号	项目名称	申请者	所在单位
N-19-11	酰腙席夫碱配合物的设计、合成及催化活性研究	由忠录	辽宁师范大学
N-19-12	多酸有机修饰及其在制备非贵金属电催化剂中的应用	黄毅超	清华大学
N-19-13	币金属簇合物制备及其催化研究	万重庆	首都师范大学