


中科院大连化物所“优秀青年博士人才”申请表

姓名	位健	性别	男	出生年月	1988.12	
出生地	山东莱阳	婚姻状况	已婚	政治面貌	中共党员	
毕业学校及专业		中国科学院大学 工业催化		学历/学位	研究生/博士	
工作单位及职务		中科院大连化物所 助理研究员				
联系方式						

学习及工作经历：

（从高中开始填起，内容包括时间、单位、学位、所学专业、从事专业、专业技术职务情况，时间段要连续，准确到月份，在职学习请注明）

2004.09–2007.06 山东省莱阳市第一中学，高中

2007.09–2011.06 青岛科技大学，学士学位，化学工程与工艺专业

2011.09–2014.06 中国科学院大连化学物理研究所，硕士学位，化学工程专业

2014.09–2017.11 中国科学院大连化学物理研究所，博士学位，工业催化专业

2018.01 至今 中国科学院大连化学物理研究所，DNL19T3 组，助理研究员

如内容较多，本栏目填不下时，可另纸接续（下同）。

主要学术成就、科技成果及创新点：

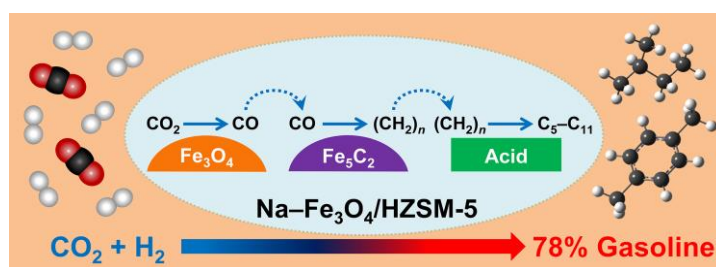
化石能源的大量消耗使温室气体 CO₂ 排放量急剧增加，引起了全球气候变暖等环境问题。近年来，受碳排放政策影响，各国科学家们致力于开发有效的 CO₂ 捕集、利用技术以实现 CO₂ 减排。其实，CO₂ 也是自然界中最为廉价和丰富的碳资源，若能将可再生能源电解水产生的 H₂ 与 CO₂ 催化转化为高附加值的液体燃料和化学品，不仅可实现温室气体 CO₂ 减排，还有助于解决对传统化石燃料的过度依赖以及可再生能源的存储问题。然而，由于 CO₂ 具有高度热力学稳定性和化学惰性，CO₂ 的活化及其选择性转化是世界性的难题。目前，大多数 CO₂ 加氢研究的目标产品为 CO、甲烷、甲醇、甲酸以及低碳烯烃等短碳链产品，而 CO₂ 加氢合成长链烃 (C₅₊) 的研究因碳链增长困难，选择性难以调控而鲜有报道。

申请人主要从事 CO₂ 直接转化制液体燃料和高值化学品工作，在 CO₂ 加氢制汽油馏分烃 (C₅-C₁₁) 方面取得系列进展，在 *Nature Communications*, *ACS Catalysis* 等发表论文 9 篇 (另有 2 篇在投稿中)，*Nature* 高亮报道论文及 ESI 高被引论文 1 篇，单篇最高他引 115 次；申请专利 10 余件，其中含 PCT 专利 2 件，已授权 2 件。先后获得辽宁省自然科学学术成果一等奖及大连市优秀科技成果一等奖。目前，作为项目负责人主持国家自然科学基金青年项目 1 项，作为研究骨干正在国家自然科学基金、中科院战略先导 A 专项和企业重点项目资助下积极推动 CO₂ 加氢制汽油技术的中试放大工作。代表性工作如下：

1. 通过构建协同高效的 Na-Fe₃O₄/HZSM-5 多功能催化剂，在国际上首次实现了 CO₂ 直接加氢制取高辛烷值汽油，开辟了 CO₂ 转化新路线。

汽油作为重要燃料，用途广泛，易存储运输且能量密度大。如果能以 CO₂ 为碳源生产汽油，将是一种潜在的替代化石燃料的清洁能源策略，不仅可实现 CO₂ 减排，还可为间歇性可再生能源 (风能、太阳能、水能等) 的利用开辟新途径。然而，CO₂ 加氢转化制备长链烃是极具挑战性的科学难题。几十年来，尽管人们在开发 CO₂ 加氢催化剂 (主要是金属/分子筛复合催化体系) 方面进行了大量研究，但由于复合催化剂组分间较弱的协同效应而使得反应产物中 C₅₊ 烃，特别是汽油馏分烃 (C₅-C₁₁) 的选择性较低 (<50%)。

为了实现 CO₂ 加氢合成汽油馏分烃，申请者首先开发了 CO₂ 加氢制取烯烃高效催化剂，并考察了助剂 Na 对 Fe₃O₄ 催化剂物化性质和其 CO₂ 加氢性能的影响，发现 Na 助剂的存在明显提高了铁基催化剂的表面碱性和碳化能力，进而改进了铁基催化剂的 CO₂ 加氢制烯烃性能，该工作以第一作者发表在 *Catalysis Science & Technology*, 2016, 6, 4786-4793。在此基础上，申请者构建了 Fe₃O₄、Fe₅C₂ 和酸性位协同共存的 Na-Fe₃O₄/HZSM-5 多功能复合催化剂，首次实现了 CO₂ 直接转化制取高辛烷值汽油。该催化剂在接近工业生产的条件下，实现了低副产物 CO 和 CH₄ 选择性，汽油馏分烃 (C₅-C₁₁) 的选择性高达 78%，远超文献报道结果。生产的汽油馏分主要为高辛烷值的异构烷烃和芳烃，满足国 V 汽油对苯、芳烃和烯烃的组成要求。同时该催化剂可连续稳定运转 1000 h 以上，显示出优异的稳定性和潜在的工业应用前景。与传统催化剂不同，该催化剂包含 Fe₃O₄、Fe₅C₂ 和酸性位三种协同催化的活性位。CO₂ 分子借助于精准构造的三组分活性位实现了“三步跳”的串联转化（见下图）。对多活性位结构及其亲密性效应的精准调控是实现 CO₂ 加氢制汽油的关键。



该工作以第一作者发表在 *Nature Communications*, 2017, 8, 15174, 被评审人誉为“CO₂ 催化转化领域的突破性进展”。论文发表后即被 2017 年 5 月出版的 *Nature* 杂志选为 *Research Highlight*, 以“Petrol Created from Carbon Dioxide”为题评价了该工作的重要性。辽宁卫视、光明日报、人民网、新华网等国内外媒体也对该研究成果进行了广泛报道。目前论文已被他引 115 次(Google 学术), 入选 **ESI 高被引论文**, 荣获**辽宁省自然科学学术成果一等奖**和**大连市优秀科技成果一等奖**。该成果已申请了一系列中国专利(ZL201510116355.1(已授权); 201610830043.1 ; 201610832357.5) , 还申请了 PCT 国际专利 (PCT/CN2017/094192 ; PCT/CN2017/095133) , 并已在 5 个国家被受理 (US16/069,262 ; IN201827031652 ; CA3007570 ; IDP00201805706 ; VN1-2018-03362)。

2. 优化设计并开发多功能催化剂，通过逆水汽变换、C-C 偶联和异构化三步串联反应，实现 CO₂ 一步高收率合成异构烷烃。

在前述工作中，由于 HZSM-5 分子筛的芳构化能力较强，生产的汽油产品中芳烃选择性一般超过 50%。为了提高汽油品质，降低汽车尾气中污染物的排放，汽油中的烯烃和芳烃含量一般被严格限制。相比之下，环境友好、高辛烷值的异构烷烃是理想的汽油组分。因此，提高 CO₂ 加氢反应中异构烷烃选择性具有重要意义。但是，该过程中高效催化剂开发仍然极具挑战。

申请者延续多功能催化剂设计理念，将目标产物定位为高辛烷值的清洁汽油组分—异构烷烃，成功设计了 Na-Fe₃O₄/HMCM-22 高效多功能催化剂，实现了逆水汽变换、C-C 偶联和异构化三步串联反应的高效协同催化，成功将 CO₂ 和 H₂ 一步、高收率地合成了异构烷烃。当 CO₂ 单程转化率控制在 26% 左右时，CO 选择性仅为 17%，碳氢化合物中 C₄₊ 烃选择性可达 82%，而其中异构烷烃占比高达 74%，时空收率可达 105 mg_{iso} g_{cat}⁻¹ h⁻¹。研究表明，MCM-22 分子筛具有的独特孔道结构和 Brønsted 酸性质促进了烯烃中间体的异构化反应，抑制了其芳构化反应；并以乙烯为原料验证了烯烃物种在不同分子筛上的反应倾向，探讨了异构烷烃的形成历程；结合反应后分子筛组分的积碳分析，探讨了分子筛失活原因和积碳形成本质，深化了对 CO₂ 加氢反应机理及积碳过程的理解；并对分子筛再生方法进行了研究，研制的多功能催化剂可反复多次再生保持其高效催化 CO₂ 加氢合成异构烷烃性能。该工作以第一作者发表在 *ACS Catalysis*, 2018, 8(11), 9958-9967，同时已申请中国专利 CN201811081003.7。

3. 积极推进年产千吨级 CO₂ 加氢制汽油中试放大试验。

自从申请人在 CO₂ 加氢制汽油技术取得突破以来，受到了国内外研究人员的广泛关注和跟踪研究，掀起了 CO₂ 转化研究的热潮，推动了该方向的发展。同时，该技术得到了国家自然科学基金、中科院战略性先导科技专项（A 类）和企业重点项目的资助，累计获得经费超过 1500 万元。申请人作为项目骨干正积极推进年产千吨级 CO₂ 加氢制汽油中试放大试验，负责完成了公斤级催化剂的放大制备以及百克级催化剂的实验室放大试验。通过实验室获得的数据，为工艺包编制提供了重要参数。目前，千吨/年技术工艺包已经编制完成，正进

入设备采购和装置搭建阶段，预计两年内可完成中试。希望通过多方的精诚合作，加速推进该技术从实验室走向产业化，为实现我国控制温室气体排放行动目标，促进绿色低碳发展、建设美丽中国贡献应有力量，推动我国应对气候变化事业再上新台阶。

4. 揭示多功能催化剂中 Brønsted 酸性位作用，为 CO₂ 加氢定向合成芳烃等高值化学品提供理论指导。

芳烃是石油化工重要的基础原料，可以合成医药、农药、橡胶、树脂、纤维等众多的有机化工产品，目前主要通过石脑油催化重整等路线制取。因此，通过 CO₂ 加氢制取芳烃同样具有重要价值。CO₂ 直接加氢合成芳烃反应主要有甲醇中间体路径和改进费托合成路径。在两种路径中，分子筛是多功能催化剂中必不可少的催化组分。前述 CO₂ 加氢研究中证明了分子筛在烃类齐聚、异构化、芳构化等反应中发挥的重要作用，但反应中分子筛 Brønsted 酸性质（强度、密度及分布）对产物组成以及积碳形成的影响规律还不十分清楚。我们通过研究系列具有不同 Brønsted 酸性质的 ZSM-5 分子筛在 CO₂ 加氢反应中的催化性能，发现 Brønsted 酸性质对芳烃选择性、芳烃碳数分布以及积碳物种的形成和催化剂寿命均有明显规律。因此，可通过调控分子筛的 Brønsted 酸性质，实现 CO₂ 加氢定向合成芳烃等高值化学品。该工作以第一作者拟投往催化领域权威期刊 **Applied Catalysis B: Environmental**。

主要论著目录:

(1. 论文作者、题目、期刊名称、年份、卷期、页、总引次数、他引次数、期刊影响因子; 2. 著作: 著者、书名、出版社、年份)

目录列表最后请注明论文总引次数、他引次数、期刊影响因子的查询截止时间和查询数据库。

- [1] **Jian Wei**, Qingjie Ge*, Ruwei Yao, Zhiyong Wen, Chuanyan Fang, Lisheng Guo, Hengyong Xu, Jian Sun*. Directly converting CO₂ into a gasoline fuel. *Nature Communications*, 2017, 8, 15174. (*Nature Highlight*) (总引次数 118, 他引次数 115, 期刊影响因子 12.353)
- [2] **Jian Wei**, Ruwei Yao, Qingjie Ge*, Zhiyong Wen, Xuewei Ji, Chuanyan Fang, Jixin Zhang, Hengyong Xu, Jian Sun*. Catalytic hydrogenation of CO₂ to isoparaffins over Fe-based multifunctional catalysts. *ACS Catalysis*, 2018, 8(11), 9958-9967. (总引次数 0, 他引次数 0, 期刊影响因子 11.384)
- [3] **Jian Wei**, Jian Sun, Zhiyong Wen, Chuanyan Fang, Qingjie Ge*, Hengyong Xu*. New insights into the effect of sodium on Fe₃O₄-based nanocatalysts for CO₂ hydrogenation to light olefins. *Catalysis Science & Technology*, 2016, 6, 4786-4793. (总引次数 28, 他引次数 24, 期刊影响因子 5.365)
- [4] **Jian Wei**, Ruwei Yao, Qingjie Ge*, Xuewei Ji, Chuanyan Fang, Hengyong Xu, Jian Sun*. Role of Brønsted acid sites in the selective conversion of CO₂ to aromatics over multifunctional catalysts. To be submitted to *Applied Catalysis B: Environmental*. (期刊影响因子 11.698)
- [5] Xuewei Ji, **Jian Wei**, Chuang Xing, Qingjie Ge*, Jian Sun*. One-pass conversion of CO₂ into jet fuel over a synergistic iron catalyst. Submitted to *Nature Catalysis*.
- [6] Lisheng Guo, Jian Sun*, Xuewei Ji, **Jian Wei**, Zhiyong Wen, Ruwei Yao, Hengyong Xu, Qingjie Ge*. Directly converting carbon dioxide to linear α -olefins on bio-promoted catalysts. *Communications Chemistry*, 2018, 1, 11. (总引次数 3, 他引次数 2, Nature family journal)
- [7] Zhiyong Wen, Chun Wang, **Jian Wei**, Jian Sun, Lisheng Guo, Qingjie Ge*, Hengyong Xu*. Isoparaffin-rich gasoline synthesis from DME over Ni-modified HZSM-5. *Catalysis Science & Technology*, 2016, 6, 8089-8097.

(总引次数 4, 他引次数 1, 期刊影响因子 5.365)

- [8] Lisheng Guo, Jian Sun*, **Jian Wei**, Zhiyong Wen, Hengyong Xu, Qingjie Ge*. Fischer-Tropsch synthesis over iron catalysts with corncob-derived promoters. *Journal of Energy Chemistry*, 2017, 26, 632-638. (总引次数 1, 他引次数 1, 期刊影响因子 3.886)
- [9] **位健**, 马现刚, 方传艳, 葛庆杰*, 徐恒泳*. Fe/SiO₂ 纳米复合物上合成气制低碳烯烃催化性能研究. *燃料化学学报*, 2014, 42(7): 827-832.
- [10] 姚如伟, **位健**, 孙剑, 葛庆杰*. Na-Fe₃O₄/ZSM-5 催化剂上 CO₂ 加氢反应汽油烃产物的组成调控. *工业催化*, 2018, 26(5): 63-69.
- [11] 方传艳, **位健**, 王锐, 葛庆杰*, 徐恒泳*. Cu-Fe 基催化剂上合成气直接制取低碳烯烃的研究. *分子催化*, 2015, 29(1): 27-34.

参加国内国际会议:

- [1] **Jian Wei**, Qingjie Ge, Ruwei Yao, Jian Sun. Direct Production of Gasoline-range Hydrocarbons from Carbon Dioxide over Iron-based Multifunctional Catalysts, *The 2017 AIChE Annual Meeting*, Oral presentation, October, 2017 Minneapolis, MN, America.
- [2] **Jian Wei**, Jian Sun, Qingjie Ge, Hengyong Xu. New insights into the effect of sodium on Fe₃O₄-based nanocatalysts for CO₂ hydrogenation to light olefins, *The 16th International Congress on Catalysis*, Poster presentation, July, 2016 Beijing, China.
- [3] **位健**, 葛庆杰, 姚如伟, 孙剑. 二氧化碳直接加氢制取汽油燃料, *第十八届全国催化学术会议*, 墙报, 10月, 2017 天津.

论文总引次数: 154

他引次数: 143

期刊影响因子的查询截止时间: 2018.12

查询数据库: Google Scholar

主持(参与)科研项目及申请专利:

(项目来源、项目名称、经费、个人在其中的作用)

主持(参与)科研项目情况:

- [1] 国家自然科学基金青年项目, 21802138, CO₂ 加氢制取异构烷烃催化剂结构调控与性能研究, 2019/01-2021/12, 25 万元, 在研, **主持** (项目负责人)
- [2] 中国科学院**战略性先导科技专项(A类)**, XDA21090203, Na-Fe₃O₄/HZSM-5 催化二氧化碳加氢制汽油关键技术研究, 2018/01-2022/12, **800 万元**, 在研, 参加 (项目骨干)
- [3] **企业重点项目**, 北京灵神星能源科技有限公司, 二氧化碳加氢制汽油技术开发, 2017/09-2023/08, **600 万元**, 在研, 参加 (项目骨干)
- [4] 国家自然科学基金**重大研究计划**, 91745107, 二氧化碳选择性加氢制线性 α -烯烃新路线的研究, 2018/01-2020/12, 80 万元, 在研, 参加(项目骨干)
- [5] 国家自然科学基金**面上项目**, 21773234, CO₂ 催化加氢高选择性合成汽油馏分烃, 2018/01-2021/12, 65 万元, 在研, 参加 (项目骨干)

申请或已授权的发明专利:

- [1] Qingjie Ge, **Jian Wei**, Hengyong Xu. Method for Direct Production of Gasoline-Range Hydrocarbons from Carbon Dioxide Hydrogenation. PCT 国际专利: PCT/CN2017/095133; US16/069,262; IN201827031652; CA3007570; IDP00201805706; VN1-2018-03362 (已进入 5 个国家)
- [2] Qingjie Ge, **Jian Wei**, Hengyong Xu. Method for Direct Production of Aromatics from CO₂ Hydrogenation. PCT 国际专利: PCT/CN2017/094192; US16/085,397; IN201827036123; CA 3017993 (已进入 3 个国家)
- [3] 葛庆杰, **位健**, 姚如伟, 孙剑. 一种二氧化碳催化加氢制取异构烷烃的方法. 中国专利: CN201811081003.7
- [4] 葛庆杰, **位健**, 徐恒泳. 一种二氧化碳加氢直接制取汽油馏分烃的方法. 中国专利: CN201610830043.1
- [5] 葛庆杰, **位健**, 徐恒泳. 一种二氧化碳加氢制取芳烃的方法. 中国专利: CN201610832357.5
- [6] 葛庆杰, **位健**, 徐恒泳, 方传艳. 一种 CO₂ 加氢制取低碳烯烃的铁基催化剂及其制备与应用. **授权**中国专利: ZL201510116355.1

- [7] 葛庆杰, 位健, 方传艳, 徐恒泳. 一种合成气制低碳烯烃的铁基催化剂及其制备与应用. 中国专利: CN201410041054.2
- [8] 葛庆杰, 方传艳, 徐恒泳, 位健. 合成气一步法制取低碳烯烃的方法. 授权中国专利: ZL201310184784.3

获科技奖情况：

（项目名称、奖项、获奖时间、本人在其中的作用及排名、获奖总人数）

本人以第一作者在 *Nature Communications* 期刊上发表的“Directly converting CO₂ into a gasoline fuel” 研究论文先后荣获下列奖项：

- （1）辽宁省自然科学学术成果一等奖，获奖时间：2018 年，排名第一；
- （2）大连市优秀科技成果一等奖，获奖时间：2017 年，排名第一。

获各类荣誉奖情况：

- 2018 年 大连市沙河口区大学生创新创业大赛三等奖；
- 2018 年 大连化物所迎新杯篮球赛冠军；
- 2018 年 “新能源之都杯”创新创业大赛大连赛区三等奖；
- 2017 年 博士研究生国家奖学金；
- 2017 年 延长石油优秀博士生奖学金；
- 2015 年 中国科学院大学三好学生；
- 2015 年 中国科学院大连化学物理研究所优秀团员。