

中国科学院大连化学物理研究所

优秀博士后支持计划申请表

申请人： 王明瑞

研究组： 1506 组

学科专业： 工业催化

中国科学院大连化学物理研究所制

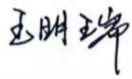
姓名	王明瑞		性别	男
出生日期			民族	汉族
学历/学位	工学博士	授予博士学位时间	2024. 06. 16	
博士毕业院校	大连理工大学	专业	工业催化	
(拟)入站时间	2024. 07. 05	入站性质	<input checked="" type="checkbox"/> 统招统分 <input type="checkbox"/> 在职人员	
E-Mail			联系电话	
学习经历从本科起	起止年月	所在单位/专业		所获学位
	2015. 9-2019. 6	大连理工大学/催化化学与工程		学士
	2019. 9-2024. 6	大连理工大学/工业催化		博士
工作经历	起止年月	所在单位		职务
博士				

学位论文摘要	<p> 二氧化碳 (CO₂) 是电力、钢铁、石化等支柱型行业大量排放的一类温室气体, 可引发一系列环境问题。CO₂ 也是重要的含碳资源。催化 CO₂ 与源自可再生能源生产的“绿氢”反应合成化学品, 是缓解温室效应、应对能源危机的有效手段。Co-基催化剂可增强惰性 CO₂ 分子活化与转化, 对于 CO₂ 加氢反应具有良好的促进作用。现有研究中, 金属 Co 过强的加氢能力往往导致大量温室气体 CH₄ 的形成。构筑 Co-基氧化物、碳化物等其他类型的活性相, 是调变反应路径、实现产物选择性调控的关键策略。 </p> <p> 本论文利用载体效应与助剂效应, 分别实现了 CO₂ 加氢反应中氧化亚钴 (CoO) 与碳化钴 (Co₂C) 相的原位构筑。引入 Cu 或 Fe 作为第二组分, 构筑得到 Cu-Co₂C 双活性相或 (Co_{1-x}Fe_x)₅C₂ 复合碳化物相。活性相的可控构筑实现了 CO₂ 加氢选择性制取 CO 或 C₂₊ 烃类产物。主要研究内容如下: </p> <p> (1) 通过 SBA-15 载体与 CoO_x 间较强的相互作用, 抑制了 CoO 相向金属 Co 相的还原, 在 CO₂ 加氢反应中原位构筑得到稳定的 CoO 活性相。其可有效促进逆水煤气反应。CoO 对于 CO 的吸附活化相对较弱, 其表面的甲酸盐中间体分解形成 CO 产物。 </p> <p> (2) 利用 K 助剂与适量 H₂O 促进了反应中 Co₂C 活性相的原位构筑与稳定。300 °C 原位合成的 K-Co₂C 催化剂上 C₂₊ 烃选择性最高为 51.8%。引入适量 H₂O 与 K 助剂共同促进了 CoO 表面 CO₂^{δ-} 的形成与其向活性 C* 物种的转化; K 助剂增强了 C* 在 CoO 表面的吸附, 强化了后续渗碳与 Co₂C 相的形成。向反应中通入 0.5 vol.% H₂O, 提升了表面 Co₂C 的结构稳定性, 将催化剂寿命由 ~35 h 延长至超过 200 h。 </p> <p> (3) 向 K-Co₂C 体系中引入 Cu 作为第二组分, 以调控 Co-物相的结构演变规律。反应中 Co-Cu 氧化物优先演变为 Co-Cu 双金属相; 金属 Cu 保持稳定, 而金属 Co 在 K 助剂的作用下重构形成 Co₂C, 原位构筑得到了 Cu-Co₂C 双活性相。在 300 °C 时, C₂₊ 烃的选择性达到 59.2%, 收率为 9.8 mmol·g_{cat}⁻¹·h⁻¹。 </p> <p> (4) 向 K-Co₂C 体系中引入 Fe 作为第二组分, 利用 Co₃Fe₇ 合金中的金属间相互作用强化了 CO₂ 加氢反应中 (Co_{1-x}Fe_x)₅C₂ 复合碳化物活性相的原位构筑, 且避免了低活性的 Fe-/Co-掺杂的 Co₃C、Fe₇C₃ 杂相的产生。在 320 °C 时, C₂₊ 烃的选择性提升至 64.4%, 其时空收率达到 20.3 mmol·g_{cat}⁻¹·h⁻¹。 </p>
--------	--

1、主持或参与项目情况：					
序号	项目名称	项目来源	项目金额	起止年度	角色
1	钴基催化剂用于 CO ₂ 加氢合成高附加值产物	大连理工大学大型仪器设备开放基金（资助编号 93）	6,000	2021.01-2021.12	主持
2	碳化钴催化剂促进 CO ₂ 加氢合成高附加值 C ₂₊ 产物	大连理工大学大型仪器设备开放基金（资助编号 53）	6,000	2022.01-2022.12	主持
3	CO ₂ 加氢合成液体燃料与含氧化合物的催化新体系研究	国家重点研究与发展计划（2016YFB0600902）	1,400,000	2016.7-2021.6	参与
4	二氧化碳加氢反应中复合金属氧化物催化剂表面重构探究	国家自然科学基金面上基金项目（22172013）	560,000	2022.1-2025.12	参与
5	碳化物界面催化剂原位制备及其在二氧化碳加氢反应中的应用	国家自然科学基金面上基金项目（22372022）	530,000	2024.1-2027.12	参与
2、代表性论文（5 篇以内）					
注：“作者排序”中，如为通讯作者请填写“C”。					
序号	论文题目	期刊名	影响因子	发表年度/卷期/页码	排序
1	Understanding and Tuning the Effect of H ₂ O on Catalytic CO and CO ₂ Hydrogenation	Chemical Reviews	62.1	2024/xx/xxx (已接收, 暂未分配卷号)	1
2	Stabilizing CO ₂ C with H ₂ O and K promoter for CO ₂ hydrogenation to C ₂₊ hydrocarbons	Science Advances	11.7	2023/9/eadg0167	1
3	Unraveling the tunable selectivity on cobalt oxide and metallic cobalt sites for CO ₂ hydrogenation	Chemical Engineering Journal	15.1	2022/446/137217	1
4	Triple the steady-state reaction rate by decorating the In ₂ O ₃ surface with SiO _x for CO ₂ hydrogenation	Journal of Energy Chemistry	14.0	2024/95/96-105	4
5	PdFe Alloy-Fe ₅ C ₂ interfaces for efficient CO ₂ hydrogenation to higher alcohols	Applied Catalysis B: Environment and Energy	22.1	2024/345/123691	4

进站前期及进站后科研情况简介

其他论文发表情况					
1	Thermocatalytic CO ₂ Hydrogenation to Liquid Fuels	Advances in CO ₂ Utilization, Green Chemistry and Sustainable Technology	(A chapter in book)	2024/978-981-99-8822-8	1
2	Structural Evolution and the Application of Cobalt-Iron Spinel in CO ₂ Hydrogenation	Low-Carbon Chemistry and Chemical Engineering	0.88	2023/48/41-49	1
3、专利情况：					
序号	专利名称	授权/申请	授权/申请号	起始日期	排序
4、获奖情况：					
序号	奖励名称	奖励等级	授奖单位	奖励年度	排序
1	国家奖学金	国家级	教育部	2023	1
2	国家奖学金	国家级	教育部	2019	1
3	辽宁省优秀毕业生	省部级	辽宁省教育厅	2023	1
博士后研究题目：单原子贵金属催化剂促进多相甲醇/烯烃羰基化反应					

博士 后 工 作 的 研 究 计 划	<p style="text-align: center;">(简述研究计划的可行性、先进性和创新性，理论和现实意义)</p> <p>甲醇/烯烃的羰基化反应涉及 C-O/C-H 键活化、C-C 键偶联等基元步骤，其是制备多碳含氧化合物的重要途径，并广泛用于精细化学品、医药品、聚酯材料等的合成过程。现阶段，我国羰基化反应主要采用均相催化技术，产物分离成本高、催化剂稳定性差、生产规模小；且高度依赖于进口技术。同时，该反应往往需要加入含碘（卤素）助剂，对设备具有较强的腐蚀性，难以满足现代化工绿色、高效、低碳的要求。</p> <p>该项研究计划提出利用单原子贵金属催化剂促进无卤素多相羰基化反应。其聚焦于单原子贵金属催化剂的精准设计合成，与其在多相羰基化反应中的应用及优化。拟利用单原子催化剂类均相催化的特性，通过构建贵金属原子-氧化物载体活性中心并调控活性金属的电子性质，而调变甲醇/烯烃等反应物的吸附活化，并利用金属-载体间协同作用促进 CO 插入等基元步骤的高效进行，进而在无卤素条件下实现“绿色”羰基化反应。</p> <p>该项研究依托于我国科学家开创的前沿催化领域—单原子催化开展，围绕单原子贵金属催化剂活性中心的精准构筑、羰基化反应机制与动力学的解析、催化剂放大合成与应用等方面进行研究，具有较高的可行性与先进性；其未来可取得的研究成果与技术突破，会对相关领域基础科学理论的探索与丰富，以及相关应用的开展与落实提供重要指导与借鉴。</p>
本人 承 诺	<p>本人承诺：申请表所填内容均真实可靠。对因虚报、伪造等行为引起的后果及法律责任均由本人承担。</p> <p style="text-align: center;">本人签字：  2024 年 9 月 27 日</p>