



# 刘贺磊

教授 博士生导师 特立青年学者

北京理工大学化学与化工学院 化学工程研究所

邮箱: hl\_liu@bit.edu.cn, lh10925@hotmail.com

## 教育背景

2015.01-2018.04 里贾纳大学, 过程系统工程专业, 哲学博士

2012.09-2016.12 湖南大学, 化学专业, 工学博士

2008.09-2012.06 湖南大学, 应用化学专业, 理学学士

## 工作经历

2021-至今 北京理工大学 化学与化工学院, 准聘教授

2019-2020 不列颠哥伦比亚大学 化学与生物工程系, 博士后

2018-2019 里贾纳大学 工程与应用科学院, 博士后

## 课题组招聘

课题组每年招收**硕士生、博士生**若干名; 欢迎优秀博士毕业生加入课题组从事**博士后研究** (包括: 特立博士后、团队岗博士后、科研岗博士后等), 同时招聘**预聘副教授、预聘助理教授**等高层次人才! 薪酬待遇、科研配套、资源配置、及生活待遇丰厚, 欢迎有志青年加盟!

## 承担项目

北京理工大学“高层次人才科研启动计划”项目

## 研究领域以及成果

致力于有机胺水溶液捕获 CO<sub>2</sub> 技术的研究工作, 以发展高效、节能、低成本的碳捕获技术为目标, 围绕如何实现有机胺捕获 CO<sub>2</sub> 过程的高效与节能这一关键科学问题, 以有机胺溶剂碳捕获技术的关键基础理论的研究为切入点, 以高效吸收剂的设计开发和催化解吸作为突破口, 开展了一系列的创新性研究工作并做出了具有一定行业影响力的科研成果, 为推动并实现碳捕集技术的高效与节能做出了积极贡献. 迄今在 **AICHE J, Chem. Eng. Sci, Chem Eng. J, Ind.&Eng. Chem. Res** 等化工主流学术期刊上发表论文 40 余篇, 其中 5 篇入选 **ESI Top1%高被引论文**, 3 篇入选 **ESI Top 0.1%热点论文**; 受 Springer 出版集团邀请撰写英文专著 1 部; 授权发明专利 7 件. 论文总引用 1600 余次,

H-index 为 22。

### 1. 高效低能耗有机胺溶剂的结构调控设计

通过建立吸收剂结构与性能同时定制模型, 耦合实验研究得到了若干功能吸收溶剂的“合成工艺--结构--性能”三者间的定量关系, 归纳出功能导向型吸收溶剂多尺度合成制备的具体实施过程与通用框架, 实现对有机胺吸收溶剂结构的定向调控与设计; 获取了一系列具有优良 CO<sub>2</sub> 捕获性能的功能化结构改性胺溶剂。

### 2. 高效有机胺溶剂多尺度反应体系的构建

基于化学工程思路并具体采用核磁共振, 层流喷射以及数值模型计算等技术手段从多尺度(分子、细观及宏观尺度)角度系统研究高效有机胺溶剂吸收 CO<sub>2</sub> 的反应过程; 促进对该反应体系的多尺度连贯的认识理解。利用核磁共振技术跟踪监测体系中不同组分在与 CO<sub>2</sub> 反应过程中的变化规律, 从微观的分子层面阐明了有机胺溶剂与 CO<sub>2</sub> 复杂反应过程的原理与机制。

### 3. 人工神经网络促进二氧化碳胺溶剂体系反应过程强化的机制

基于有机胺溶液捕获 CO<sub>2</sub> 过程的反应机制和机理, 耦合反应过程中涉及物料守恒以及电荷守恒等, 提出并建立能够合理、精确、高效表达该复杂反应体系的人工神经网络模型, 实现对有机胺溶液吸收 CO<sub>2</sub> 复杂反应体系的动力学数据高效化、精确化的表达与预测, 同时归纳出人工神经网络与有机胺反应体系的具体耦合过程与应用框架, 并阐明了人工神经网络模型在有机胺反应体系中的强化机制, 促进人工神经网络与碳捕获技术的进一步交互融合。

### 4. 催化剂结构与吸收剂再生性能间的构效规律探究

改善固体酸催化剂的孔状分布和活性位点组成及分布以促进并提升其催化再生性能为出发点, 利用氨气程序升温脱附技术与其他表征手段, 阐明了不同结构以及活性位点对富碳胺溶液的再生过程的调控机制, 进而建立催化剂孔状结构与活性位点及分布与催化性能同时定制模型, 耦合实验研究得到了催化剂的“合成工艺--结构--性能”三者间的定量关系, 归纳出功能导向型固体酸催化剂合成制备的具体实施过程与通用框架, 解析微介孔的引入和表面酸密度的增加显著提高了反应物的扩散速率和与活性位的接触机会, 进而提升催化性能这一理论机制, 实现对固体酸催化剂的结构调控与活性设计, 促进对富碳胺溶液催化再生过程的全面深入的认识。

### 5. 多元固体酸催化剂的结构调控与功能化

为进一步提升固体酸催化剂的催化再生性能和效率, 申请人通过将具有特定催化效果的硫酸化金属氧化物以特定的结构复合负载在多尺寸纳米氧化铝表面来制备多元固体酸催化剂, 利用不同催化体系的协同效应选择性地控制富碳胺溶液再生反应的路径, 从而提高其解吸效率; 通过对多元催化材料对于富碳胺溶液再生过程催化性能及机理的研究, 解析多元催化剂中不同组分之间的协同效应以及催化剂与载体之间的复合效应, 实现对多元固体酸催化剂的结构调控, 同时归纳出介孔尺度下的比表面以及 Brønsted 酸密度是设计高活性多元固体酸催化剂的普适原则。

## 代表性论文

1. **Helei Liu**, Christine Chan\*, Paitoon Tontiwachwuthikul\*, Raphael Idem. Analysis of CO<sub>2</sub> equilibrium solubility of seven tertiary amine solvents using Thermodynamic and ANN models. **Fuel**. 2019, 249, 61-72. (ESI Highly Cited Paper and ESI hot paper).
2. Min Xiao, **Helei Liu\***, Hongxia Gao, Wilfred Olson, Zhiwu Liang. CO<sub>2</sub> Capture with Hybrid Absorbents of Low Viscosity Imidazolium-Based Ionic Liquids and Amine. **Applied Energy**, 2019, 235, 311-319. ( ESI Highly Cited Paper and Most Cited Article in Applied Energy )

3. Xiaowen Zhang, Xin Zhang, **Helei Liu\***, Wensheng Li, Min Xiao, Hongxia Gao, Zhiwu Liang\*. Reduction of Energy Requirement of CO<sub>2</sub> Desorption from a Rich CO<sub>2</sub>-Loaded MEA Solution by using Solid Acid Catalysts. **Applied Energy**. 2017, 202, 673-684. **(ESI Highly Cited Paper and ESI hot paper)**.
4. Xiaowen Zhang, Rui Zhang, **Helei Liu\***, Hongxia Gao, Zhiwu Liang. Experimental study on CO<sub>2</sub> desorption of rich novel aqueous tri-solvent blends with and without solid acid catalyst. **Applied Energy**, 2018, 218, 417-429. **(ESI Highly Cited Paper and ESI hot paper)**.
5. Min Xiao, Wenchao Zheng, **Helei Liu\***, Paitoon Tontiwachwuthikul\*, Zhiwu Liang. Analysis of Equilibrium CO<sub>2</sub> Solubility and Thermodynamic Models for Aqueous 1-(2-Hydroxyethyl)-piperidine Solution. **AIChE Journal**, 2019. **65(6), e16605**.
6. **Helei Liu**, Raphael Idem, Paitoon Tontiwachwuthikul. Novel models for correlation of Henry's law constant and diffusivity of N<sub>2</sub>O in aqueous 1-dimethylamino-2-propanol. **Chemical Engineering Science**. 2019, 203, 86-103.
7. Xiaowen Zhang, Jieling Hong, **Helei Liu\***, Xiao Luo, Wilfred Olson, Zhiwu Liang. SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>/ZrO<sub>2</sub> supported on  $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> as a catalyst for CO<sub>2</sub> desorption from a rich CO<sub>2</sub>-loaded monoethanolamine solution. **AIChE Journal**. 2018, 64 (11), 3988-4001.
8. **Helei Liu**, Moxia Li, Xiao Luo, Zhiwu Liang, Raphael Idem, Paitoon Tontiwachwuthikul. Investigation mechanism of DEA as an activator on aqueous MEA solution for post combustion CO<sub>2</sub> capture. **AIChE Journal**. 2018, 64(7), 2515-2525.
9. **Helei Liu**, Hongxia Gao, Raphael Idem, Paitoon Tontiwachwuthikul, Zhiwu Liang. Analysis of CO<sub>2</sub> solubility and absorption heat into 1-Dimethylamino-2-propanol solution. **Chemical Engineering Science**. 2017, **170, 3-15**.
10. **Helei Liu**, Min Xiao, Xiao Luo\*, Hongxia Gao\*, Raphael Idem, Paitoon Tontiwachwuthikul, Zhiwu Liang\*. Modeling of CO<sub>2</sub> equilibrium solubility in a novel 1-diethylamino-2-propanol solvent. **AIChE Journal**. 2017, **63(10), 4465-4475**.
11. Min Xiao, Ding Cui, **Helei Liu\***, Paitoon Tontiwachwuthikul, Zhiwu Liang. A new model for correlation and prediction of equilibrium CO<sub>2</sub> solubility in N-methyl-4-piperidinol solvent. **AIChE Journal**. 2017, **63(8), 3395-3403**.
12. **Helei Liu**, Min Xiao, Paitoon Tontiwachwuthikul, Zhiwu Liang. Analysis of solubility, absorption kinetics and absorption heat of CO<sub>2</sub> absorption into 1-diethylamino-2-propanol solvent. **AIChE Journal**. 2017, **63(7), 2694-2704**.
13. Sini Xiao, **Helei Liu\***, Hongxia Gao, Min Xiao, Raphael Idem, Zhiwu Liang. Kinetics and mechanism study of CO<sub>2</sub> absorption into blends of diethanolamine and monoethanolamine using the stopped-flow technique. **Chemical Engineering Journal**. 2017, **316, 592-600**.
14. **Helei Liu**, Moxia Li, Paitoon Tontiwachwuthikul, Zhiwu Liang. Analysis of Solubility, Absorption Heat and Kinetics of CO<sub>2</sub> Absorption into 1-(2-Hydroxyethyl)pyrrolidine Solvent. **Chemical Engineering Science**. 2017, 162, **120-130**.
15. **Helei Liu**, Zhiwu Liang, Teerawat Sema, Wichitpan Rongwong, Chen Li, Yanqing Na, Raphael Idem, Paitoon Tontiwachwuthikul. Kinetics of CO<sub>2</sub> absorption into a novel 1-diethylamino-2-propanol solvent using stopped-flow technique, **AIChE Journal**. 2014, 60(10), 3502-3510.