

同行专家业内评价意见书编号：20250858281

附件1

浙江工程师学院（浙江大学工程师学院） 同行专家业内评价意见书

姓名：刘伟新

学号：22260140

申报工程师职称专业类别（领域）：能源动力

浙江工程师学院（浙江大学工程师学院）制

2025年05月30日

填表说明

一、本报告中相关的技术或数据如涉及知识产权保护、军工项目保密等内容，请作脱密处理。

二、请用宋体小四字号撰写本报告，可另行附页或增加页数，A4纸双面打印。

三、表中所涉及的签名都必须用蓝、黑色墨水笔，亲笔签名或签字章，不可以打印代替。

四、同行专家业内评价意见书编号由工程师学院填写，编号规则为：年份4位+申报工程师职称专业类别(领域)4位+流水号3位，共11位。

一、个人申报

(一) 基本情况【围绕《浙江工程师学院(浙江大学工程师学院)工程类专业学位研究生工程师职称评审参考指标》，结合该专业类别(领域)工程师职称评审相关标准，举例说明】

1. 对本专业基础理论知识和专业技术知识掌握情况(不少于200字)

我系统掌握了扎实的能源行业和化工基础理论，包括化学反应动力学(如甲醇合成机理与Langmuir-Hinshelwood模型)、反应器设计原理(侧重固定床)、催化剂特性、反应热力学以及传递过程(三传一反)，并深入理解过程系统工程与数值计算方法。专业技术方面，我精通运用Simulink进行甲醇反应器的高保真度动态建模，能够基于机理建立包含非等温、非绝热效应及复杂物性计算的完整流程模型(常使用S-Function实现核心方程)，熟练进行动态仿真(如开车、扰动响应、失活分析)、模型验证与参数估计，并利用仿真结果驱动反应器操作优化、灵敏度分析及设计方案评估，从而为实际工程的设计改进、安全运行和效率提升提供有力的仿真支持。我具备将深厚理论知识与先进Simulink仿真技术紧密结合解决复杂工程问题的核心能力。

2. 工程实践的经历(不少于200字)

基于电热制甲醇的制储用一体化技术路线风险控制策略研究，针对风电/光电功率波动负荷特点和电网调峰需求，分析电制甲醇系统启动、运行、停机过程中安全风险并提出防护方案；探究在不同负荷变化下电制甲醇系统各单元耦合特性和运行稳定性，对系统关键参数进行风险优化；同时，针对氢气易燃易爆以及甲醇的毒性、易挥发性等特性，提出甲醇的分离与储存安全性方案；完善甲醇储能在高温蒸汽供应、交通等重点用能领域对设备、人身安全的风险评估，完成系统制储用一体化技术路线风险控制策略研究。本人承担COMSOL搭建热化学制甲醇结构模型，通过与Simulink联合仿真，研究系统运行参数如温度，流速，压力等因素对甲醇产量的影响。模型包含发电模块、电解模块和甲醇利用模块。发电模块(包含机械、电气和液压)为电解模块供电；电解模块计算在一定电压、电解液流速、温度等变量下的甲醇产量，并通过甲醇储罐为甲醇利用模块提供甲醇燃料；甲醇利用模块则代表甲醇燃料电池、甲醇内燃机、燃气轮机等燃料利用方式。电解模块使用Comsol和Simulink联合仿真搭建。Comsol计算不同变量如温度、电压、电解液流量下的电流密度分布及目标产物产量。Simulink根据电解液出口流量的变化，通过外部热源调节电解槽运行温度。电解槽出口则与甲醇储罐相连，计算随一定时间内，储罐中的甲醇体积。

3. 在实际工作中综合运用所学知识解决复杂工程问题的案例(不少于1000字)

通过Simulink仿真构建PEM制氢耦合CO₂热化学制甲醇，建立PEM单体模型和CO₂加氢制甲醇核心反应器模型。

在反应器中，尽管林德和东洋的设计也具有各自的优点，但目前开发最成熟、应用最广的仍然是鲁奇公司开发的等温列管式反应器。管长、管径等尺寸参数的设计决定了传热的效率。增大管长有利于延长气体的停留时间，使反应进行得更加充分，也有利于反应器内温度的控制。但在填料床反应器中，气体在催化剂颗粒间流动受到阻力，管长的增大会导致更大的压降，尤其是在高WHSV下，压力下降更为严重。管径的减小有利于降低传热阻力，而且在催化剂质量不变的前提下，减小管径意味着长径比增大。长径比越大，列管的换热面积越大，所以增大长径比对于加强等温反应器的热管理是有利的。在反应物流量保持恒定的前提下，减少反应器管数意味着更大的GHSV，使甲醇产率下降。目前对于两段式CO₂加氢制绿色甲醇工艺流程及技术开发和技术经济性分析仍然欠缺。当今甲醇反应器的发展是由产能增加的趋势所驱动的，以利用规模经济效应。与2000吨/天的工厂相比，5000吨/天的工厂的具体成本可降

低30%，10000吨/天的工厂可降低40%。甲醇反应器的最大容量受到压力降以及压力容器的制造和运输限制的大力限制。两段式CO₂加氢制绿色甲醇的建立具备多样性，却也增加了技术经济评估的复杂性。然而，两段式CO₂加氢制绿色甲醇仍处在起步阶段，通过实验验证不同技术路线的可行性存在客观条件上的限制。因此，采用模拟方法进行工艺设计与规模放大，能够获取具备工业参考价值的生产数据，从而优化工艺，评估经济性，指导未来该技术在实际生产中的运用。通过Simulink仿真构建PEM制氢耦合CO₂热化学制甲醇，建立PEM单体模型和CO₂加氢制甲醇核心反应器模型，研究进气量，温度，压力，反应器长度，内径对甲醇收率的影响。模型包括PEM制氢模块，甲醇反应器模块，精馏模块，甲醇利用模块。PEM制氢模块计算在一定电压、电解液流速、温度等变量下的氢气产量。甲醇反应器模块通过建立填充催化剂的单管模型，将PEM制氢模块氢气和CO₂储罐内CO₂反应，探究温度，压力等条件对甲醇收率的影响。径流模块通过建立单塔精馏方式分离甲醇，甲醇利用模块则代表甲醇燃料电池、甲醇内燃机、燃气轮机等燃料利用方式。优点在于PEM制氢电解槽相对于PEM制甲醇电解槽，其产物较为单一，耐受风电波动能力也较强（40%–120%额定功率）。所以当，风电功率较大时，可以利用富裕风电制氢，氢气再和CO₂通过热化学制甲醇，输送到储罐中。PEM制氢电解槽可以在风电功率较大时，分担PEM制甲醇电解槽两端的电压，尽可能保证甲醇的产率和法拉第效率的稳定。

(二)取得的业绩(代表作)【限填3项,须提交证明原件(包括发表的论文、出版的著作、专利证书、获奖证书、科技项目立项文件或合同、企业证明等)供核实,并提供复印件一份】

1. 公开成果代表作【论文发表、专利成果、软件著作权、标准规范与行业工法制定、著作编写、科技成果获奖、学位论文等】

成果名称	成果类别 [含论文、授权专利（含发明专利申请）、软件著作权、标准、工法、著作、获奖、学位论文等]	发表时间/ 授权或申请时间等	刊物名称 /专利授权或申请号等	本人排名/ 总人数	备注
Zr-Doped CuZnGa Catalyst Increased Oxygen Vacancy to Promote CO ₂ Adsorption for Thermochemical Methanol Synthesis	国际期刊	2025年05月23日	Industrial & Engineering Chemistry Research		

2. 其他代表作【主持或参与的课题研究项目、科技成果应用转化推广、企业技术难题解决方案、自主研发设计的产品或样机、技术报告、设计图纸、软课题研究报告、可行性研究报告、规划设计方案、施工或调试报告、工程实验、技术培训教材、推动行业发展中发挥的作用及取得的经济社会效益等】

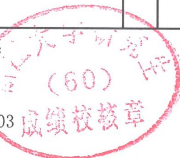
(三) 在校期间课程、专业实践训练及学位论文相关情况	
课程成绩情况	按课程学分核算的平均成绩： 84 分
专业实践训练时间及考核情况(具有三年及以上工作经历的不作要求)	累计时间： 1 年(要求1年及以上) 考核成绩： 78 分
本人承诺	
个人声明：本人上述所填资料均为真实有效，如有虚假，愿承担一切责任，特此声明！	
申报人签名：刘伟新	

作单位考核评价：
格
(公章)： 2025 年 5 月 30

日常表现 考核评价	非定向生由德育导师考核评价、定向生由所在工作单位考核评价： ☒优秀 ☐良好 ☐合格 ☐不合格 德育导师/定向生所在工作单位分管领导签字（公章）： 2025 年 5 月 30 日
申报材料 审核公示	根据评审条件，工程师学院已对申报人员进行材料审核（学位课程成绩、专业实践训练时间及考核、学位论文、代表作等情况），并将符合要求的申报材料在学院网站公示不少于5个工作日，具体公示结果如下： ☐通过 ☐不通过（具体原因： 工程师学院教学管理办公室审核签字（公章）： 年 月 日

攻读硕士学位研究生成绩表

打印日期: 2025-06-03



Zr-Doped CuZnGa Catalyst Increased Oxygen Vacancy to Promote CO₂ Adsorption for Thermochemical Methanol Synthesis

Weixin Liu, Tongyun Zhang, Zhuo Chen, Wentao Du, Yongbin Zhong, Jingwen Xu, Yuanfa Zhuang, Zhefeng Li, Hao Li, Shengxuan Luo, and Jun Cheng*



Cite This: <https://doi.org/10.1021/acs.iecr.5c00657>



Read Online

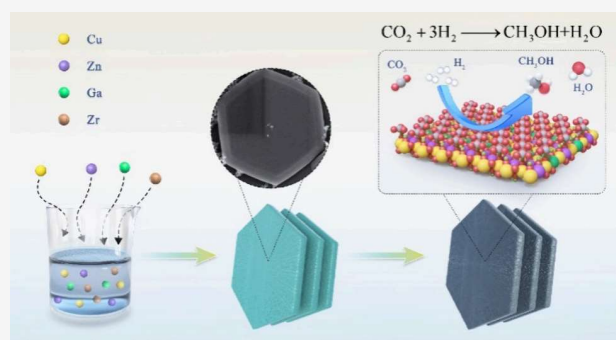
ACCESS |

Metrics & More

Article Recommendations

Supporting Information

ABSTRACT: Thermochemical methanol synthesis from CO₂ hydrogenation over Cu/ZnO-based catalysts generally suffers from low CO₂ adsorption and poor methanol selectivity. To address this issue, a Zr-doped CuZnGa catalyst with abundant oxygen vacancies was prepared to promote CO₂ adsorption. Incorporation of Zr promoted electron transfer from Zr atoms to Cu atoms and Zn atoms, which strengthened the metal–support interaction between Cu/ZnO through electronic rearrangement. XPS and EPR results showed that the 2%Zr-CuZnGa catalyst generated more oxygen vacancies on Cu/ZnO interfaces to increase weak and moderately basic sites. *In situ* DRIFT spectra indicated that these oxygen vacancies promoted the formation of HCO₃^{*}, which was further hydrogenated to form key active intermediates HCOO^{*} and CH₃O^{*} in the formate pathway. Zr incorporation enhanced CO₂ adsorption on the Cu/ZnO interface of the 2%Zr-CuZnGa catalyst, which achieved higher CO₂ conversion (22.0%) and methanol STY (0.540 g_{MeOH} g^{−1} h^{−1} compared to the CuZnGa catalyst under the conditions of GHSV = 12,000 h^{−1}, CO₂:H₂ = 1:3, P = 5 MPa, and T = 250 °C.



1. INTRODUCTION

Large-scale CO₂ emissions have led to severe ecological and environmental problems, which threaten the sustainable development of human society.¹ The green synthesis of methanol from hydrogen and CO₂ is an international frontier research hotspot, as it promotes the reduction and utilization of carbon emissions and addresses the bottleneck in the development of the hydrogen energy industry.² Methanol has a high volumetric energy density and low storage and transportation costs as well as low safety risks. It can be directly applied to the existing energy system and has broad application prospects.³

The use of an appropriate catalyst is a key point for hydrogenation of CO₂ to methanol due to its high thermodynamic stability. Cu/ZnO-based catalysts have been extensively studied in the field of CO₂ thermocatalytic methanol production due to their low cost and high methanol synthesis efficiency.⁴ In these catalysts, metallic Cu is the active component, while ZnO, as a typical support, acts as a structural and electronic promoter.⁵ The Cu/ZnO interface provides the key active sites for CO₂ hydrogenation to methanol due to the strong metal–support interaction (SMSI) effect between Cu/ZnO.^{6,7}

The single Cu/ZnO-based catalyst has low CO₂ adsorption ability and poor methanol selectivity.^{2,8,9} Moreover, the large size of Cu particles makes them prone to aggregation, which

reduces the catalyst lifespan. Appropriate supports are beneficial for achieving SMSI between Cu/ZnO, which can modulate the oxidation state, size, and dispersion of active Cu species, thereby enhancing catalytic performance.^{5,10} The addition of promoters such as Al₂O₃,^{10,11} SiO₂,¹² ZrO₂,^{13–15} and Ga₂O₃^{16–19} was reported to improve the stability and heat resistance of Cu/ZnO-based catalysts. In particular, the incorporation of Ga can significantly enhance the catalytic performance. Extensive research has been conducted on the mechanism of Ga doping in Cu-based catalysts. For instance, the formation of a thin layered double hydroxide (LDH) precursor structure in CuZnGa catalysts improved the dispersion of Cu particles on the catalyst surface.¹⁷ The Cu-supported ZnGa catalyst prepared by microwave-assisted methods enhanced the SMSI between Cu/ZnO.¹⁸ CuZnGa catalysts prepared under different pH conditions have different specific surface areas, which affects catalyst performance.¹⁶ Ga also acts as an electronic promoter in Cu/ZnO catalysts, reducing activation energy and facilitating CO₂ activation.¹⁹

Received: February 14, 2025

Revised: April 30, 2025

Accepted: May 15, 2025