

同行专家业内评价意见书编号: 20250856112

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: 黄嘉雯

学号: 22260435

申报工程师职称专业类别（领域）: 材料与化工

浙江工程师学院（浙江大学工程师学院）制

2025年05月21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)

基于数学、物理、化学等自然科学基础知识，本人系统掌握了高分子材料工程领域(高分子物理化学、聚合反应工程、材料表征技术等)的基础理论和专业技术知识。在工程应用层面，本人重点聚焦聚烯烃产业链技术体系，上游领域专精聚烯烃合成装置的工艺优化技术(涵盖反应工艺设计、反应体系优化等)，中下游领域深耕高分子链拓扑结构-宏观性能构效关系的定量解析方法。同时，本人注重跨专业知识的学习与应用，将高分子材料学与深度学习、热力学、反应工程等多学科知识融合，形成了解决工程问题的综合知识体系。

在专业技术方法体系构建中，形成了多维度能力框架：(1)在实验操作层面，本人系统掌握了溶液核磁共振、三检测器凝胶渗透色谱、流变学、差示扫描量热法、升温淋洗分级、连续自成核退火热分级等聚合物表征分析技术，并创新地探索基于原子力显微镜的聚合物表征分析方法。(2)在计算模拟层面，本人熟练运用化工流程模拟软件 Aspen Plus 构建多套反应流程动态模型，并进行能耗分析、三废分析、安全评价；运用分子动力学模拟软件 LAMMPS 解析聚烯烃链结构运动形态。(3)在跨学科融合方面，本人将遗传算法嵌入化工过程多变量目标优化，融合原子力显微镜表征与计算机视觉技术结合以实现智能表征。(4)在数据分析层面，本人能够通过数据可视化、统计分析等方式将数据转化为需要分析的锚点。

在掌握专业知识基础上，本人持续学习国内外聚烯烃产业政策导向及国内外技术发展趋势，这些系统的知识储备能够为我在工程实践中有效解决聚烯烃生产及应用中的关键技术难题提供基础。

2. 工程实践的经历(不少于200字)

本人参与首届工程硕博改革专项，由浙江大学与中国石油化工集团联合培养，在聚烯烃合成工艺与表征技术领域开展了系统性工程实践，聚焦突破行业关键共性技术瓶颈。针对我国聚烯烃产业存在的技术短板(高端产品依赖进口、工艺体系受制于人、分子链拓扑结构解析手段不足等核心问题)，重点围绕聚烯烃合成工艺优化与微观结构表征方法两大技术方向实施攻关，工程实践成果如下：

(1)在高压管式法聚乙烯反应器工艺优化方面，本人通过深入研究聚乙烯分子链结构与工艺条件的关系，参与开发了一种乙烯聚合工艺及装置。该方法基于多段子反应器串联结构和链转移剂分布式进料技术，解决了传统工艺在生产宽分子量分布聚乙烯产品时面临的反应器结垢与凝胶水平高、热传递效率低等技术难题。通过优化主流股和侧线流股的工艺参数(温度、压力、链转移剂浓度等)，实现了聚乙烯分子量分布宽度的有效调控，显著提升了产品加工性能，同时降低了设备成本，具有经济与规模效益。相关成果获授权发明专利《一种在高压管式反应器中的乙烯聚合方法及聚合反应装置》。

(2)在高压管式法聚乙烯反应器操作优化方面，针对高压聚乙烯反应器粘壁现象导致的传热效率降低问题，本人协助开发了一种带超声波除垢装置的管式法高压聚乙烯反应器操作方法。该方法通过构建包含数据采集模块、相平衡计算模块、污垢热阻计算模块和反馈控制模块的在线监测控制系统，实现了对反应系统换热系数、相平衡和污垢热阻的实时监控，并据

此控制超声波除垢装置的间歇运行及换热水进口温度调节，有效解决了传统工艺中需要停车处理污垢的问题，提高了反应器运行效率和产品产量。相关成果获授权发明专利《一种带超声波除垢装置的管式法高压聚乙烯反应器的操作方法》。

(3) 在聚烯烃材料微观结构表征方面，针对传统表征技术无法解析复杂支链分布的技术瓶颈，本人开展了大量探索性工程技术研究工作，创新地开发了一种基于原子力显微镜的聚烯烃树脂链结构形态直接测量方法。针对传统表征方法在复杂支链结构定量分析上的局限性，本人通过耦合“极稀溶液-旋转涂覆-冷冻干燥”的制样工艺和基于语义分割模型的批量化智能识别分析技术，建立了“图像采集-智能分析-参数统计”的聚烯烃分子链结构解析方法。该方法能够实现聚烯烃分子链的自动识别和分子链的主链/支链长度、数量、间距及其分布等拓扑参数的统计性提取，为建立反应条件-微观结构-使用性能三者关系提供了可靠技术支持，是一种兼具理论与工业价值的聚烯烃微观结构测量方法。以该项目申请的《一种直接测量聚烯烃树脂链结构形态的方法》发明专利正处于实质审查阶段。

通过这些工程实践以及在实际过程中与技术人员的沟通交流，本人积累了大量聚烯烃行业工艺优化和材料表征的工程经验，培养了系统性思维和工程创新意识，形成了解决行业工程技术问题的专业能力。

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）

案例1：高压聚乙烯管式反应器的工艺开发

低密度聚乙烯作为五大通用塑料之首，广泛应用于薄膜产品、注塑制品，吹塑中空成型制品等领域。宽分子量分布的聚乙烯在加工过程中显示了比窄分子量分布树脂更好的流动性，因此对宽分子量分布产品的需求日益增长。然而传统高压管式反应器生产宽分子量分布低密度聚乙烯时面临反应器结垢、产品质量波动的挑战，如何在保证产品质量稳定的同时，优化设备结构、降低生产成本成为亟待解决的问题。因此，本人及团队旨在通过工程技术创新，开发一种新型高压管式反应器乙烯聚合方法和装置，实现低密度聚乙烯分子量分布宽度的精准调控，并同时提升产品性能和生产效率。具体解决方案如下：

(1) 反应器结构优化设计

基于对反应器设计、聚合反应工程等领域的研究，反应区中乙烯的转化率取决于可在反应区中从反应混合物中除去的聚合热量。因此，本人及团队提出一种具有侧线流股的乙烯聚合工艺：包括至少2段子反应器依次串联构成的管式反应器，其中新鲜乙烯和从反应器出口分离得到的未反应的反应物料经过主压缩机和次级压缩机压缩至反应压力后，分为主流股和至少1个侧线流股，通过降低侧线乙烯流股的温度，可以更好地在反应区中从反应混合物中除去的聚合热量，在保证温度峰值及温度分布大致不变的情况下，减少反应器长度，降低设备成本。同时，通过控制侧线流股的流量、温度、压力(如降低第一区的链转移剂浓度、引发温度和压力)，能够生产出具有宽分子量分布的低密度聚乙烯产品，以提升产品加工性能。

(2) 链转移剂分布式进料方法开发

为了稳定生产得到宽分子量分布的聚乙烯产品，本人及团队提出一种链转移剂的分布式进料方法：将链转移剂进料到主压缩机的出口、次级压缩机出口、主流股、侧线流股中的任意1个或多个位置，且链转移剂的流量可独立控制，从而稳定地改变链转移剂在各子反应器分区的浓度，实现产品分子量分布的调整与产品性能的稳定。同时，在减压阀后增加一股链转移

剂进料，能够降低因乙烯反焦耳汤姆逊效应和残余引发剂引起的交联反应风险。

(3) 工艺优化的模拟与结果验证

本人基于化工流程模拟软件Aspen Plus对上述聚合工艺进行模拟，首先，搭建高压聚乙烯管式反应器模型，并根据某企业实际运行的工业数据对现有文献公开的动力学参数进行评价，运用Aspen Plus的 Optimization 模块展开动力学参数校正工作。其次，基于(1)(2)的新型工艺对反应器进行建模，并得到改进前后聚乙烯的数均分子量、重均分子量、分子量分布指数、产量和乙烯转化率等数据，验证改进技术的有效性。

本技术的设计针对工业高压聚乙烯管式反应器生产工艺的技术难点，通过反应器结构优化、链转移剂分布式进料等方式，有望实现了宽分子量分布聚乙烯的质量提升和生产效率优化，为聚烯烃行业提供了具有一定价值的工程技术解决方案。在该技术的研究过程中，本人与团队密切合作，由企业提供工业数据与实际运行经验，由工艺专家评估工艺设计的可行性与合理性，本人主要负责反应器结构优化设计的建模与验证，并撰写发明专利《一种在高压管式反应器中的乙烯聚合方法及聚合反应装置》。

案例2：基于原子力显微镜的聚烯烃链结构定量表征技术的开发与应用

聚烯烃是一种具有复杂的分子链拓扑结构的高分子聚合物，其链拓扑结构的精准表征和控制方法是开发高端聚合物产品的先决条件。然而，源于聚合机理的动力学复杂性和工艺参数的敏感，聚烯烃的链结构极具多样性（特别是低密度聚乙烯），且传统表征手段在链结构（特别是长支链）的定量表征是一个长期困扰学术界和工业界的难题。因此，本人综合运用高分子材料学、表面表征技术、图像处理、深度学习等多学科知识，构建了基于原子力显微镜的分子链拓扑结构直接观测与定量表征技术体系。具体解决方案如下：

(1) 探索新型分子链结构定量表征方法

基于对传统表征技术局限性的文献分析（包括仪器灵敏度限制、关联模型普适性不足、长支链定量困难及多方法结果矛盾等问题），本人借鉴生物大分子原子力显微镜表征技术体系，尝试探索其在合成高分子领域的运用。

(2) 攻克样品制备技术关键难点

针对低密度聚乙烯分子链易团聚、易结晶、支链可能促进链缠绕的技术难点，如何通过制样条件的调控获得充分分散且舒展的分子链，成为实现分子水平观测的关键挑战。难度其一为如何获得舒展的分子链？本人通过调控浓度合适的极稀溶液，成功获得了孤立单分子线团。难度其二为如何获得舒展的链结构？聚烯烃复杂的支链结构增加了链卷曲和缠绕可能性，本人进一步选择热溶液旋转涂覆的方式，一方面使得聚乙烯链受到拉伸和分离，确保其在表面舒展而不被缠绕，另一方面能够快速干燥溶剂。此外，避免分子结晶与弛豫现象是研究第三个难点，本人基于分子模拟验证了快速冷冻法对冻结链段运动的有效性，并成功将其运用于实验中。综上，本人耦合“极稀溶液-旋转涂覆-冷冻固定”的制样策略，开发了可稳定获取链间分散、链内舒展的聚乙烯分子链实验方法。该制样策略适用于低密度聚乙烯、线形低密度聚乙烯、乙烯-辛烯共聚物、聚乙烯蜡等多种聚烯烃材料。

(3) 开发基于深度学习的图像智能分析方法

对于聚合物而言，单分子链的定量表征结果并不具有实际意义，而多条分子链的定量识别必然带来人力的巨大消耗，因此本人着眼于学习计算机视觉技术的相关知识，建立一种自动化、批量化的图像分析方法，更高效地获取定量的、统计的链结构数据。首先，构建基于深度学习的原子力显微镜图像智能分析方法，实现图像中分子链的自动识别（像素精度97.5%，平均交并比90.8%）。其次，对分子链图像进行数学形态学处理，使其能够自动化提取得到其主链/支链长度、数量、间距及其分布等拓扑参数。综上（1）（2）建立了一套“图像采集-智能分析-参数统计”的分子链结构解析方法，该方法已被证明能够检测分子量 ≥ 300 的分子链，填补复杂支化聚烯烃拓扑结构解析方法学的研究空白。

(4) 建立多技术联用的聚烯烃分级结构异质性解析方法

为系统研究工业聚烯烃分子链结构的异质性，本人建立了基于多技术联用的聚烯烃分级结构解析方法。采用升温淋洗分级技术、连续自核退火分级技术、原子力显微镜、色谱、光谱以及热学表征技术等多技术联用方法，系统研究了低密度聚乙烯商业料的分子链拓扑异质性，为复杂支化聚合物的结构解析提供了多尺度、多维度的分析方法框架。基于此，首次绘制了主链长度逐渐增加的低密度聚乙烯分子链生长演化图，验证了釜式法低密度聚乙烯的多级支化结构特征与管式法低密度聚乙烯的单级支化结构特征。

本技术的成功开发与应用，突破了传统表征方法在复杂支链聚合物结构定量解析上的局限性，提供了一种直接、准确的分子链结构表征新方法，实现了从微观分子链结构到宏观产品性能关系的建立，不仅可以为开发新的聚乙烯材料提供支持，而且可以促进自由基聚烯烃反应机理、聚合物物理等相关理论的发展。此外，人工智能驱动的材料开发近年来吸引了大量研究人员的关注，但目前在聚乙烯领域很少涉及。部分原因是聚乙烯链结构的表征技术阻碍了聚乙烯链结构数据库的建立。本人及团队的发现为克服这一持续挑战提供了强有力的支持，从而降低了高端工业聚乙烯产品开发中的试错成本，具有一定工程价值和技术创新意义。

在该项目中，本人负责整套方法建立与优化的实际操作，企业与学校专家为本人提供研究方向并经常沟通探讨方案，部分技术通过与同行前辈交流能够达到事半功倍的效果。目前，以该技术为核心的发明专利《一种直接测量聚烯烃树脂链结构形态的方法》已进入实质审查阶段。

(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
一种在高压管式反应器中的乙烯聚合方法及聚合反应装置	授权发明专利	2023年06月06日	专利号: ZL202210619111.5	4/12	
一种带超声波除垢装置的管式法高压聚乙烯反应器的操作方法	授权发明专利	2023年06月06日	专利号: ZL202210265598.1	5/7	
一种直接测量聚烯烃树脂链结构形态的方法	发明专利申请	2024年04月01日	申请号: CN202410385806.0	2/6	

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: 86 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: 1.1 年(要求1年及以上) 考核成绩: 87 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: 黄嘉豪	

二、日常表现考核评价及申报材料审核公示结果

9

浙江大学研究生院
攻读硕士学位研究生成绩表

学号：22260435	姓名：黄嘉雯	性别：女	学院：工程师学院			专业：材料与化工			学制：2.5年		
毕业时最低应获：29.0学分			已获得：33.0学分			入学年月：2022-09			毕业年月：		
学位证书号：			毕业证书号：						授予学位：		
学习时间	课程名称	备注	学分	成绩	课程性质	学习时间	课程名称	备注	学分	成绩	课程性质
2022-2023学年秋季学期	创新设计方法		2.0	通过	专业选修课	2022-2023学年冬季学期	聚合物加工原理与分析方法		2.0	87	专业选修课
2022-2023学年秋季学期	高等反应工程		4.0	82	专业选修课	2022-2023学年秋冬学期	研究生英语		2.0	92	公共学位课
2022-2023学年秋季学期	工程技术创新前沿		1.5	90	专业学位课	2022-2023学年春季学期	绿色化工与生物催化前沿		2.0	88	专业学位课
2022-2023学年秋季学期	工程数值分析		2.0	85	专业选修课	2022-2023学年春季学期	新时代中国特色社会主义思想理论与实践		2.0	83	公共学位课
2022-2023学年秋季学期	工程伦理		2.0	95	公共学位课	2022-2023学年春季学期	研究生论文写作指导		1.0	89	专业学位课
2022-2023学年冬季学期	自然辩证法概论		1.0	88	公共学位课	2022-2023学年春季学期	研究生英语基础技能		1.0	77	公共学位课
2022-2023学年秋冬学期	工程管理		2.0	85	跨专业课	2022-2023学年春夏学期	高阶工程认知实践		3.0	81	专业学位课
2022-2023学年冬季学期	智慧能源系统工程		2.0	86	专业学位课		硕士生读书报告		2.0	通过	
2022-2023学年冬季学期	产业技术发展前沿		1.5	91	专业学位课						

说明：1. 研究生课程按三种方法计分：百分制，两级制（通过、不通过），五级制（优、良、中、及格、不及格）。

2. 备注中“*”表示重修课程。

学院成绩校核章：
成绩校核人：张梦依
打印日期：2025-06-03

浙江大学研究生院
(60)
成绩校核章

证书号第6034488号



发明专利证书

发明名称：一种在高压管式反应器中的乙烯聚合方法和装置

发明人：范小强;严翔;任聪静;黄嘉雯;王靖岱;杨遥;黄正梁
蒋斌波;阳永荣;从文杰;尤潇楠;陈言溪

专利号：ZL 2022 1 0619111.5

专利申请日：2022年06月01日

专利权人：浙江大学宁波“五位一体”校区教育发展中心

地址：315199 浙江省宁波市钱湖南路1号

授权公告日：2023年06月06日

授权公告号：CN 114939383 B

国家知识产权局依照中华人民共和国专利法进行审查，决定授予专利权，颁发发明专利证书并在专利登记簿上予以登记。专利权自授权公告之日起生效。专利权期限为二十年，自申请日起算。

专利证书记载专利权登记时的法律状况。专利权的转移、质押、无效、终止、恢复和专利权人的姓名或名称、国籍、地址变更等事项记载在专利登记簿上。

* 2022106191115 *

局长
申长雨

申长雨



证书号 第6034488号

专利权人应当依照专利法及其实施细则规定缴纳年费。本专利的年费应当在每年06月01日前缴纳。未按照规定缴纳年费的，专利权自应当缴纳年费期满之日起终止。

申请日时本专利记载的申请人、发明人信息如下：

申请人：

浙江大学宁波“五位一体”校区教育发展中心

发明人：

范小强;严翔;任聪静;黄嘉雯;王靖岱;杨遥;黄正梁;蒋斌波;阳永荣;从文杰;尤潇楠;陈言溪

证书号第6031696号



发明专利证书

发明名称：一种带超声波除垢装置的管式法高压聚乙烯反应器的操作方法

发明人：范小强;帅云;陈毓明;从文杰;黄嘉雯;任聪静;历伟

专利号：ZL 2022 1 0265598.1

专利申请日：2022年03月17日

专利权人：浙江大学宁波“五位一体”校区教育发展中心

地址：315199 浙江省宁波市钱湖南路1号

授权公告日：2023年06月06日

授权公告号：CN 114602392 B

国家知识产权局依照中华人民共和国专利法进行审查，决定授予专利权，颁发发明专利证书并在专利登记簿上予以登记。专利权自授权公告之日起生效。专利权期限为二十年，自申请日起算。

专利证书记载专利权登记时的法律状况。专利权的转移、质押、无效、终止、恢复和专利权人的姓名或名称、国籍、地址变更等事项记载在专利登记簿上。

* 2022102655981 *

局长
申长雨

申长雨





证书号 第6031696号

专利权人应当依照专利法及其实施细则规定缴纳年费。本专利的年费应当在每年03月17日前缴纳。
未按照规定缴纳年费的，专利权自应当缴纳年费期满之日起终止。

申请日时本专利记载的申请人、发明人信息如下：

申请人：

浙江大学宁波“五位一体”校区教育发展中心

发明人：

范小强;帅云;陈毓明;从文杰;黄嘉雯;任聪静;历伟



(12) 发明专利申请



(10) 申请公布号 CN 118294697 A

(43) 申请公布日 2024. 07. 05

(21) 申请号 202410385806.0

G01B 11/02 (2006.01)

(22) 申请日 2024.04.01

G01B 11/14 (2006.01)

(71) 申请人 浙江大学

地址 310058 浙江省杭州市西湖区余杭塘路866号

(72) 发明人 范小强 黄嘉雯 杨遥 杨孝全
姜恒宇 阳永荣

(74) 专利代理机构 杭州求是专利事务有限公司
33200

专利代理师 郑海峰

(51) Int. Cl.

G01Q 60/24 (2010.01)

G01N 1/28 (2006.01)

G01B 11/00 (2006.01)

G01B 11/24 (2006.01)

权利要求书2页 说明书10页 附图9页

(54) 发明名称

一种直接测量聚烯烃树脂链结构形态的方法

(57) 摘要

本发明涉及聚烯烃树脂链结构形态检测分析领域,公开了一种直接测量聚烯烃树脂链结构形态的方法,所述方法包括以下步骤:(1)将聚烯烃样品制成薄膜试片;(2)采用原子力显微镜观察所述试片;(3)批量化自动识别聚烯烃分子链;(4)批量化自动提取聚烯烃分子链结构信息。本发明提供的方法能够直接测量聚烯烃单分子链结构形态,准确测量并统计得到大量聚烯烃链结构形态详细信息。该方法操作简单,不经过假定与经验公式推导,数据可靠性强、准确度高,且通过统计性分析能够进一步厘清分子结构与产品性能的关系,有助于建立反应条件-微观结构-使用性能的联系,是一种兼具理论价值与工业价值的聚烯烃微观结构形态测量方法。

