

同行专家业内评价意见书编号： 20250856086

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： 倪焕昕

学号： 22260439

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16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)

本次工程实践目的在于设计满足电子领域耐水耐高温的低粘保护膜应用需求的压敏胶，关于聚合物结构的设计，运用聚合物相关的高分子物理和高分子化学知识，熟悉压敏胶相关的黏弹性原理及作用机理，分析结构与性能之间的构效关系；测试样品的制作涉及界面化学相关知识的运用，将高表面张力的乳液在低表面能的PET膜表面铺展；工程上稳定乳液的合成需要考虑搅拌速度、加碱稳定、合成温度，投料量和投料方式等条件；聚合物的性能表征有分子量及其分布、纳米粒度电位分析、动态力学性能测试、力学性能测试以及胶带性能测试等，分析测试结果并以其为导向改进聚合物性能。

2. 工程实践的经历(不少于200字)

项目名称：保护膜用丙烯酸酯嵌段共聚物水性压敏胶研发(2023.9-2024.12)

项目背景：为解决高性能压敏胶体系VOC排放的问题设计一种环保的水性压敏胶，不仅具有优异的内聚强度，还具备耐水耐高温的性能。

主要职责：整个工程实践分为三部分，前期进行市场调研了解现有保护膜用压敏胶的优缺点，阅读文献认识压敏胶的作用机理；中期确定工程实践目标并设计实验方案，制备产品的成膜乳液；后期根据应用需求改进配方，使其满足实际场景要求。

成果：

1. 揭示了丙烯酸异辛酯RAFT乳液聚合成核规律，并优化聚合工艺制备出高固含量稳定胶乳。
2. 系统研究了相同组成和分子量的苯乙烯/丙烯酸异辛酯三嵌段共聚物和两嵌段共聚物的初粘性、剥离强度、耐温性和耐水性之间的差异。
3. 通过调整嵌段共聚物的分子量和配方，制得满足高性能低粘保护膜应用需求的水性压敏胶。

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)

工业上，在电子元器件的加工过程中，保护膜用于防止表面受到机械损伤，隔绝外界灰尘、油污、化学试剂等污染物的影响，并在某些工艺中起到临时屏蔽作用，防止非加工区域受到影响。它通过压敏胶与物体表面粘结，压敏胶是一种柔软的高分子粘弹性材料，通过轻微的压力和短暂接触即可与另一材料的表面形成胶接。不同应用对压敏胶性能要求各异，例如在高温和潮湿的环境下作业，特别需要耐湿热性能优异的高性能表面保护胶粘带。传统高性能压敏胶多为溶剂型，尽管性能稳定，但其VOC排放对环境 and 人体健康构成威胁。随着“去溶剂化”趋势发展，以水为介质的乳液型水性压敏胶因环保性而备受关注，然而其胶乳成膜性限制了内聚强度和耐湿热性能。因此，我的研究目标是开发适用于高温潮湿环境下电子元器件加工保护的耐湿热高性能水性压敏胶。

本研究采用RAFT乳液聚合技术合成结构可控的嵌段共聚物，作为压敏胶的基础乳液，并通过物理交联方式提高其内聚强度，从而实现对聚合物结构的精确设计与性能调控。在实际工作过程中，主要遇到并成功解决了以下三个关键问题：首先是二嵌段共聚物的高效制备问题，由于最后一段苯乙烯嵌段的聚合速率较慢，导致其转化率较低，从而影响整体的合成效率和生产周期；其次是胶带性能测试制样困难的问题，由于水具有较高的表面张力，乳液难以在低表面能的PET基材上均匀铺展，无法进行样品的性能测试；最后是针对保护膜专用压敏胶性能的优化，重点解决了剥离力过高的问题，成功将其降低至30g/25mm以下，满足电子元器件加工过程中低粘附力的应用需求。

工业上对于首段为PEHA的二嵌段共聚物缺乏深入的研究，St的聚合反应常数远低于EHA，使得最后一段聚苯乙烯聚合反应速率较慢，达到高转化率所需的时间较长。针对这一问题，从工程效率出发，我们系统研究了EHA的RAFT乳液聚合动力学，并据此优化设计了EHA/St嵌段共聚物的高效合成工艺，显著提升了整体合成效率。聚合动力学不仅可指导工艺的工业放大，对RAFT乳液聚合可控性也起着至关重要的作用。其中动力学曲线的阻聚期与单体的溶解度和引发剂浓度有关，粒径的大小则与引发剂浓度和加碱时间相关。考虑到丙烯酸酯单体聚合过程中可能发生支化反应，降低聚合温度可以抑制支化的影响，因此所有的反应均在45° C下进行，使用高活性的VA044作为低温下反应的引发剂。最终通过在种子乳液恒速增长阶段精确控制加碱时机，并采用恒压滴加单体的进料方式，成功制备出窄分子量分布、高固含、稳定性优良的胶乳，为工业化生产提供了可行路径。

针对乳液在PET基材上润湿性差的问题，我们综合运用表面与界面化学、材料表面处理技术和流变学知识，开展系统研究。测试发现，乳液表面张力接近水，远高于低表面能的PET，导致润湿困难。加入少量的润湿剂可以有效地降低界面张力，改善流平性并提高分散性，但用量过多可能会形成弱的界面层，影响胶带的使用性能，因此为进一步提高水性胶的润湿能力，可加入少量挥发性的低表面张力的乙醇辅助润湿。但考虑到乙醇可能带来的黏度过低易缩孔的问题，同步引入适量增稠剂提高黏度，增加胶膜回缩阻力，即可实现良好的涂布。

在最终降低剥离力的性能优化阶段，我们以“实现易脱粘且无残胶”为工程目标，深入分析胶黏剂剥离过程中界面空腔的扩展行为。首先考虑在配方中加入增塑剂削弱聚合物分子间的相互作用力，使材料变得更柔软的同时减小分子内摩擦，有利于促进裂纹扩展。同时基于断裂力学原理，调控聚合物分子量，临界能量释放速率 G_c 可以控制界面裂纹的扩展速度，正比于聚合度的0.5次方，因此降低分子量可有效促进界面处的裂纹扩展。最终研制出涂布性能好、剥离力低于30 g/25mm、耐高温（180° C的高温处理30

min，剥离无残胶）、耐水性好的高性能水性胶，适用于电子加工过程保护膜。

经过工程实践，我深刻意识到，一个工程项目的顺利完成离不开对基础理论知识的系统掌握与灵活应用。在项目初期，需要从实际应用需求出发，结合高分子化学预测性能，科学合理地设计聚合物的分子结构，以满足目标性能要求。设计完成后通过实验合成聚合物，并依据标准方法对其力学性能、黏附性能等进行全面评价。性能测试结果不仅是验证设计思路的重要依据，也为后续配方优化提供了关键指导。在配方调整阶段，则需综合考虑乳液稳定性、涂布工艺性等因素，结合流变学、界面化学等多方面知识进行系统优化，从而实现产品性能与制备效率的平衡。整个过程中，理论与实践相辅相成，每一个环节的改进都依赖于对基础知识的深刻理解和工程经验的不断积累。

(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
Kinetics Dependence of RAFT Emulsion Polymerization of 2-Ethylhexyl Acrylate on Initiator Concentrations	核心期刊	2025年02月11日	Macromolecular Reaction Engineering	1/2	SCI期刊收录

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： 87 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： 83 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：倪焕昕	

二、日常表现考核评价及申报材料审核公示结果

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）：wfp 2015 年 5 月 21 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

浙江大學研
(60)
成績校核章

RESEARCH ARTICLE

Kinetics Dependence of RAFT Emulsion Polymerization of 2-Ethylhexyl Acrylate on Initiator Concentrations

Huanxin Ni and Yingwu Luo*

Reversible addition-fragmentation chain transfer (RAFT) emulsion polymerization with a well-designed amphiphilic macroRAFT agent as a surfactant has been well-developed as a powerful tool to synthesize high molecular weight multiblock copolymers. However, the polymerization kinetics research has been mostly limited to styrene polymerization. It has been reported that the dependence of the particle number on initiator concentration is described by $N_p \propto [I]^{-0.4}$ in amphiphilic macroRAFT-mediated emulsion polymerization of styrene, which surprisingly deviates from the classical Smith–Ewart equation. In the current study, the dependence of polymerization kinetics on the initiator concentration in the RAFT emulsion polymerization of 2-ethylhexyl acrylate (EHA) is investigated. It is revealed that the dependence of the particle number on initiator concentration ($N_p \propto [I]^{-0.29}$) is similar to that of styrene but the exponent is less. Additionally, compared to styrene polymerization, the inhibition period in EHA polymerization is significantly extended due to the much lower water-solubility of EHA.

eco-friendliness, ease of handling, and efficient heat transfer but also that its polymerization kinetics is featured with radical-segregating effect enabling the synthesis of high molecular weight polymer in a high polymerization rate.^[16] The latter reason is particularly attractive for RDRP.

RAFT emulsion polymerization has shown a remarkable radical segregation effect when mediated by a RAFT agent with a relatively low RAFT reaction equilibrium constant.^[17] Through extensive researches, RAFT emulsion polymerization has been developed into a powerful tool to tailor-make high-molecular-weight living polymers with pre-set molecular weight and narrow molecular weight distribution.^[18–20] Exploiting a well-designed amphiphilic macroRAFT agent as a surfactant and seeded polymerization

process, well-defined polystyrene with number-average molecular weight over 500 kg mol^{−1} was synthesized while monomer conversion could reach over 90% ≈10 h.^[21,22] An octo-block copolymer of styrene and butyl acrylate (BA) could also be synthesized under good control.^[23]

Polymerization kinetics plays a vital role in the design of a well-controlled RAFT emulsion polymerization. The well-accepted emulsion polymerization mechanism was proposed by Harkins in 1947.^[24] It was proposed that the latex particles, which in situ formed from micelles during the nucleation period (Stage I), should be served as the main location of polymerization and emulsified monomer droplets were acted as a monomer reservoir. In a typical emulsion polymerization of styrene, radicals are born in the aqueous phase and then react with monomer dissolving in the aqueous phase. Radicals in the aqueous phase could terminate each other or enter the particles. Those radicals with a critical degree of polymerization z (for styrene, $z = 2–4$) would instantaneously enter the particles.^[25] The number of radicals in a particle is assumed to be one or zero since two radicals in a particle would terminate instantaneously. Thus, radicals isolated in the particles are difficult to terminate. This highly radical segregation offers a unique method for suppressing the irreversible termination while maintaining a high polymerization rate, which is relevant in synthesizing high molecular weight living polymer by RAFT polymerization. The particles with and without a radical would switch by a radical entry. It has been shown that the switching rate should be high enough to achieve a narrow molecular weight distribution in a RAFT emulsion polymerization.^[22,26] So,

1. Introduction

Reversible deactivation radical polymerization (RDRP) has received tremendous attention and has been extensively investigated in the past three decades.^[1–6] It is generally believed that many new products should be developed based on RDRP. However, only a limited number of products are commercialized.^[7–9] Most of these are block copolymer of low molecular weight as a dispersant and an emulsifier.^[10–12] The synthesis of high molecular weight block copolymer is very important for widening RDRP's industrial applications.

Carrying out RDRP in a water-based emulsion polymerization is highly relevant.^[13–15] The reasons are not only that emulsion polymerization is widely used in industry due to its

H. Ni, Y. Luo
Ningbo Innovation Center
Zhejiang University
Ningbo 315807, China
E-mail: yingwu.luo@zju.edu.cn

H. Ni, Y. Luo
State Key Laboratory of Chemical Engineering
College of Chemical and Biological Engineering
Zhejiang University
Hangzhou 310058, China

 The ORCID identification number(s) for the author(s) of this article can be found under <https://doi.org/10.1002/mren.202400051>

DOI: 10.1002/mren.202400051

经检索《Web of Science》、《Journal Citation Reports (JCR)》及《中国科学院文献情报中心期刊分区表》数据库，《Science Citation Index Expanded (SCI-EXPANDED)》收录论文及其期刊影响因子、分区情况如下。(检索时间：2025年2月26日)

第1条，共1条

标题: Kinetics Dependence of RAFT Emulsion Polymerization of 2-Ethylhexyl Acrylate on Initiator Concentrations

作者: Ni, HX(Ni, Huanxin); Luo, YW(Luo, Yingwu);

来源出版物: MACROMOLECULAR REACTION ENGINEERING 提前访问日期: FEB 2025

DOI: 10.1002/mren.202400051 出版年: 2025 FEB 11 2025

入藏号: WOS:001419080700001

文献类型: Article; Early Access

地址:

[Ni, Huanxin; Luo, Yingwu] Zhejiang Univ, Ningbo Innovat Ctr, Ningbo 315807, Peoples R China.

[Ni, Huanxin; Luo, Yingwu] Zhejiang Univ, Coll Chem & Biol Engn, State Key Lab Chem Engn, Hangzhou 310058, Peoples R China.

通讯作者地址:

Luo, YW (corresponding author), Zhejiang Univ, Ningbo Innovat Ctr, Ningbo 315807, Peoples R China.; Luo, YW (corresponding author), Zhejiang Univ, Coll Chem & Biol Engn, State Key Lab Chem Engn, Hangzhou 310058, Peoples R China.

电子邮件地址: yingwu.luo@zju.edu.cn

IDS号: W5P00

ISSN: 1862-832X

eISSN: 1862-8338

期刊《Macromolecular Reaction Engineering》2023年的影响因子为1.8，五年影响因子为1.8。

期刊《Macromolecular Reaction Engineering》2023年的JCR分区情况为:

Edition	JCR® 类别	类别中的排序	JCR 分区
SCIE	ENGINEERING, CHEMICAL	106/170	Q3
SCIE	POLYMER SCIENCE	65/95	Q3

期刊《Macromolecular Reaction Engineering》2023年升级版的中科院期刊分区情况为:

刊名	Macromolecular Reaction Engineering		
年份	2023		
ISSN	1862-832X		
	学科	分区	Top 期刊
大类	工程技术	4	否
小类	ENGINEERING, CHEMICAL 工程: 化工	4	-
小类	POLYMER SCIENCE 高分子科学	4	-

注: 1. 期刊影响因子及分区情况最新数据以JCR数据库、《中国科学院文献情报中心期刊分区表》最新数据为准。

2. 以上检索结果来自CALIS查收查引系统。

3. 以上检索结果均得到委托人及被检索作者的确认。

