

高固低粘丙烯酸酯无皂乳液的合成及性能研究

廖虎¹, 魏铭^{1*}, 林泳岐¹, 王旭¹, 朱飞¹, 夏雪¹, 黄挺²
(1. 武汉理工大学化学化工与生命科学学院, 湖北 武汉 430070;
2. 立邦涂料(中国)有限公司, 上海 201201)

摘要:以1-烯丙氧基-3-(4-壬基苯酚)-2-丙醇聚氧乙烯(10)醚硫酸铵(DNS-86)作为可聚合乳化剂, 搭配吐温-80作为复合乳化剂, 通过半连续种子乳液聚合法成功制备了高固低粘丙烯酸酯无皂乳液。探究了反应时间、反应温度、搅拌速度等影响因素对乳液固含量、粘度、凝胶率、稳定性等性能的影响, 并通过红外光谱(FT-IR)、核磁共振、粒径、透射电镜(TEM)、凝胶色谱(GPC)等对乳液及涂膜进行结构与成分表征。结果表明, 当反应时间为3.5 h、反应温度为77℃、搅拌速度为300 r/min时, 制备的丙烯酸酯无皂乳液固含量可达60.29%, 粘度为125 mPa·s, 凝胶率较低仅0.93%, 稳定性达标。反应性乳化剂完全聚合, 成功接枝至聚合物主链, 乳胶粒形貌呈现核壳球状, 粒径为371.8 nm, 大小适中, 有助于形成紧密的堆积结构。粒径分布(PDI)和Zeta电位分别为0.055 mV和-44.9 mV, 体系有良好的单分散性和电荷稳定性, 可以实现体系的稳定。

关键词:高固低粘; 无皂乳液; 丙烯酸酯; 可聚合性乳化剂; 稳定性

中图分类号: TQ630.7

文献标志码: A

文章编号: 0253-4320(2025)S1-0349-06

DOI: 10.16606/j.cnki.issn0253-4320.2025.S1.063

Synthesis and performance study of emulsifier-free acrylic emulsion with high-solid content and low-viscosity

LIAO Hu¹, WEI Ming^{1*}, LIN Yong-qi¹, WANG Xu¹, ZHU Fei¹, XIA Xue¹, HUANG Ting²

(1. School of Chemistry, Chemical Engineering and Life Sciences, Wuhan University of Technology, Wuhan 430070, China; 2. Nippon Paint (China) Co., Ltd., Shanghai 201201, China)

Abstract: 1-Allyloxy-3-(4-nonylphenol)-2-propanol polyoxyethylene (10) ether sulfate ammonium (DNS-86) is used as a polymerizable emulsifier, combined with Tween-80 as a co-emulsifier, an emulsifier-free acrylic ester emulsion with high-solid and low-viscosity is successfully prepared via semi-continuous seeded emulsion polymerization method. The impacts of reaction time, reaction temperature, and stirring speed on the solid content, viscosity, gel rate, and stability of the emulsion are explored. Structural and compositional characterizations of the emulsion and its coated film are performed by means of FT-IR, ¹H-NMR, particle size analysis, TEM, and GPC. It is indicated by the results that the emulsifier-free acrylic ester emulsion has a solid content of 60.29%, a viscosity of 125 mPa·s, a low gel rate of 0.93%, and an excellent stability when it is prepared under the optimal conditions that reaction time is 3.5 h, reaction temperature is 77℃, and stirring speed is 300 rpm. The polymerizable emulsifier used is completely polymerized and successfully grafted onto the polymer backbone. The latex particles exhibit a core-shell spherical morphology with an average particle size of 371.8 nm, which facilitates the formation of a compact structure. PDI and Zeta potential of the emulsion system are 0.055 and -44.9 mV, respectively, indicating good monodispersity and charge stability.

Key words: high solid content and low viscosity; emulsifier-free emulsion; acrylate; polymerizable emulsifier; stability

近年来,随着人们环保意识的提高和绿色化学理念的深入推进,水性涂料以其低挥发性有机化合物(VOC)排放、优异的环保特性和广泛的应用前景,成为涂料行业的重要发展方向^[1-2]。作为水性涂料的核心组成部分,丙烯酸酯乳液因其优异的成膜性能、化学稳定性和较低的成本,在建筑涂料、工业涂料、粘合剂等领域得到了广泛应用^[3]。传统丙烯酸酯乳液多采用乳化剂稳定体系,但乳化剂的使

用不仅会引入有机污染,还可能对涂膜的力学性能、耐水性和耐候性造成不良影响。因此,开发高固含量、低粘度且具有良好性能无皂乳液,已成为当前学术界和工业界关注的热点。

高固含量乳液能够显著提高涂膜的成膜效率和厚度,减少涂料施工过程中的干燥时间和能耗,从而提升生产效率和环保效益^[4-5]。同时,低粘度乳液具有良好的流变性,便于施工操作,能够满足喷涂、

收稿日期:2025-1-10;修回日期:2025-03-27

作者简介:廖虎(1999-),男,硕士生,研究方向为水性丙烯酸涂料,1958772191@qq.com;魏铭(1965-),男,本科,副教授,硕士生导师,研究方向为涂料与涂装技术,通讯联系人,1760777241@qq.com。

刷涂等多种施工工艺需求^[5]。然而,在提高乳液固含量的过程中,乳液粘度往往会随之增加,导致其加工性和储存稳定性变差^[6-7]。此外,高固含量乳液易出现微粒聚集、稳定性降低等问题,对乳液的机械性能、钙离子稳定性以及储存稳定性提出了更高的要求。因此,实现高固含量与低粘度的平衡,是丙烯酸酯乳液研究中的一大难题^[6,8-9]。

为了解决这一问题,无皂乳液聚合技术应运而生。无皂乳液是通过使用可聚合乳化剂或功能性单体来替代传统乳化剂,使其能够在聚合反应过程中共价接入聚合物链,从而大幅降低乳化剂的残留量,改善乳液和涂膜的性能^[7,10-11]。通过合理设计乳液的分子结构和调控反应工艺,无皂乳液能够在保持高固含量的同时实现较低的粘度,为高性能水性涂料的开发提供了新思路。其中 1-烯丙氧基-3-(4-壬基苯酚)-2-丙醇聚氧乙烯(10)醚硫酸铵(DNS-86)作为一种可聚合乳化剂,不仅可以有效降低乳液体系中的自由乳化剂含量,还能够赋予乳液更好的稳定性和成膜性^[12-13]。郑海涛等^[14]使用可聚合乳化剂 DNS-86 并采用预乳化种子半连续聚合的方式合成了固含量为 65% 的无皂丙烯酸酯乳液,周建华等^[15]以甲基丙烯酰氧乙基二甲基十六烷基溴化铵为可聚合乳化剂,采用无皂核壳乳液聚合法合成了阳离子型聚丙烯酸酯无皂乳液,探究了其最佳合成工艺。

本研究围绕高固低粘丙烯酸酯无皂乳液的制备及其性能优化展开,旨在解决传统乳液体系在高固含量与低粘度兼顾方面的难题。首先,选用功能化的可聚合乳化剂 DNS-86、复配乳化剂和适宜的单体。其次,系统研究了反应工艺条件(包括反应时间、反应温度和搅拌速度等关键参数)对乳液固含量、粘度及稳定性的调控作用。最后,通过对乳液的结构表征和性能测试,探讨其在高固低粘、稳定性和成膜性能等方面的表现。研究成果将为高固低粘无皂乳液的设计提供理论依据,同时为绿色环保型涂料的开发和产业化应用奠定基础。

1 实验材料和方法

1.1 实验材料

甲基丙烯酸甲酯(MMA)、丙烯酸丁酯(BA)、甲基丙烯酸(MAA)均为化学纯;碳酸氢钠、过硫酸铵(APS)、无水乙醇及氨水(25%~28%)及复配乳化剂吐温-80均为分析纯。以上药品均采购自国药集团化学试剂有限公司。DNS-86,工业级,由广

州双键贸易有限公司提供;去离子水由实验室自行制备。

1.2 高固低粘丙烯酸酯无皂乳液的制备

首先,称取 50 g MMA、1 g MAA 和 49 g BA,制备单体混合液。然后,称取 1 g 反应性乳化剂 DNS-86、0.017 g 复配乳化剂吐温-80 和 0.3 g NaHCO₃,溶于 59 g 水中,搅拌直至完全溶解,在 40℃ 下再加入单体混合液,制备成预乳化液。最后,将 0.6 g APS 溶解于 10 g 水中,得到引发剂溶液。

取一装有回流冷凝管、温度计(量程 100℃)和电动搅拌器的四口烧瓶,通入氮气 20 min,加入 5% 的预乳化液和 5% 的引发剂溶液作为种子乳液,升温至 70℃ 进行反应。当种子乳液的蓝光显现且较为明显时,继续升温至设定的反应温度,采用蠕动泵开始缓慢滴加剩余的预乳化液和引发剂溶液,控制滴加速度保证在反应时间内滴加完成。待四口烧瓶中无明显回流后补加适量的引发剂溶液,之后将温度升至 85℃,恒温反应 1 h。反应结束后,待乳液聚合物冷却至 40℃ 时,使用氨水将 pH 调节至 7~8,过滤得到最终乳液产物。

1.3 性能测试及结构表征方法

(1) 固含量测定根据 GB/T 1725—79 测定。称取 1.0~2.0 g 乳液产品,在 (120±2)℃ 的烘箱内烘干 1 h,称量直至恒重,平行测定三个试样,试验结果取三次平行试验的平均值,乳液固含量 X 按(1)式计算。

$$X = [(m_2 - m_1)/(m - m_1)] \times 100\% \quad (1)$$

式中: m_1 为恒重后玻璃皿质量,g; m_2 为恒重后试样与玻璃皿质量,g; m 为恒重前试样与玻璃皿质量,g。

(2) 粘度测定采用 NDJ-8S 粘度计进行测量,选择合适转子,用乙醇清洗转子,装上转子后,测定粘度。

(3) 凝胶率(聚合稳定性)测定。取不溶的胶渣洗涤后,于 (120±2)℃ 烘干至恒重,称量后,按公式(2)计算凝胶率。

$$\text{凝胶率} = [(m_1 - m_0)/m] \times 100\% \quad (2)$$

式中: m_0 为恒重后玻璃皿质量,g; m_1 为恒重后试样与玻璃皿质量,g; m 为除去水总反应物的质量,g。

(4) 乳液外观依据 GB/T 11175—2021 测定。将装有乳液的透明无色矿泉水瓶置于实验台上并观察乳液外观,乳液外观以乳白色、分散均匀、光泽均匀为良好。

(5) 涂膜外观测定:将马口铁片进行打磨,取一定体积的乳液用线棒均匀涂布在经过处理的马口铁

片表面,在自然光下目测颜色,观察涂膜是否有气泡,是否有粗粒子,涂膜是否光滑。

(6)乳液机械稳定性、乳液稀释稳定性、乳液钙离子稳定性和乳液储存稳定性根据国家标准《合成树脂乳液试验方法》(GB/T 11175—2021)进行测试。

(7)傅里叶红外光谱(FT-IR)测试使用日本岛津 IRTracer 100 型傅里叶变换红外光谱仪,表征合成乳液成膜后的薄膜红外光谱,测试波数范围为 400~4 000 cm^{-1} 。

(8)核磁共振氢谱($^1\text{H-NMR}$)采用德国 Bruker AVANCE HD 600M 型号核磁共振氢谱仪对经丙酮抽提的乳胶膜进行核磁共振氢谱表征。

(9)测试粒径及其分布时,将乳液以适当比例用去离子水稀释,采用 Malvern Nano ZS90 型激光粒度分析仪对乳液的 Zeta 电位、平均粒径和分布情况进行测量。

(10)采用日本电子株式会社生产的 F200 型号透射电子显微镜(TEM)对乳胶粒的形貌进行观测和分析。首先将乳液稀释后,滴于铜网微栅上,自然

干燥后进行 TEM 表征。

(11)凝胶色谱(GPC)采用沃特世 Waters 1525 型号对制备的乳液进行分子量及其分布测定。

2 结果与讨论

2.1 反应时间对高固低粘丙烯酸酯无皂乳液的影响

表 1 为不同反应时间对高固低粘乳液的影响。当反应时间为 3.5 h 时,制备出的乳液固含量最高,且粘度相对较低。当反应时间过短时,单体尚未完全聚合,体系中仍有较多的游离单体,导致固含量较低,聚合初期由于引发剂和单体浓度较高,可能形成较多低分子量的聚合物或短链,导致体系分布不均匀。而反应时间过长,系统逐渐进入链终止阶段,形成的高分子量聚合物链数量减少,体系的交联或过度链增长会导致粒径变大,最终导致粘度升高,可能出现链降解或副反应,影响乳液的稳定性和粘度。综上,确定反应时间为 3.5 h,可避免反应时间过短导致单体残留,或反应时间过长而引发交联或粒子团聚。

表 1 反应时间对高固低粘丙烯酸酯无皂乳液的影响

时间/h	固含量/%	粘度/($\text{mPa}\cdot\text{s}$)	凝胶率/%	机械稳定性	稀释稳定性	钙离子稳定性	储存稳定性
1.5	56.91	57	0.39	通过	通过	少量凝胶	通过
2.5	57.82	119	3.75	通过	通过	通过	通过
3.5	58.32	97	1.18	通过	通过	通过	通过
4.5	56.53	136	8.64	少量沉淀	通过	通过	通过

2.2 反应温度对高固低粘丙烯酸酯无皂乳液的影响

表 2 为不同反应温度对高固低粘乳液的影响。当温度过低时,引发剂的分解速率较慢,使得引发效率降低,导致反应速率偏低。在这种情况下,单体转化率不足,生成的高分子量聚合物较少,固含量低。而当温度过高时,引发剂分解速率过快,自由基浓度过高,可能导致链终止反应增加,同时聚合速率过

快,形成的粒径分布较宽甚至颗粒聚集,体系粘度上升。高温下可能发生副反应(如交联或降解),导致乳液稳定性变差,影响性能^[16]。在 77℃ 下引发剂的分解速率适中,能够提供稳定的自由基浓度,确保反应均匀进行,避免因过快反应导致粒子间团聚和粘度升高,单体能够充分聚合,生成高分子量链且分布均匀,提高固含量,因此,77℃ 是引发剂分解速率与单体聚合速率的平衡点。

表 2 反应温度对高固低粘丙烯酸酯无皂乳液的影响

温度/℃	固含量/%	粘度/($\text{mPa}\cdot\text{s}$)	凝胶率/%	机械稳定性	稀释稳定性	钙离子稳定性	储存稳定性
71	56.1	151	1.82	少量絮凝	通过	通过	通过
74	58.06	139	1.72	通过	通过	通过	通过
77	59.29	106	1.54	通过	通过	通过	通过
80	57.01	124	0.47	通过	通过	少量沉淀	通过

2.3 搅拌速度对高固低粘丙烯酸酯无皂乳液的影响

表 3 为不同搅拌速度对高固低粘丙烯酸酯无皂

乳液的影响。从固含量来看,低速 200 r/min : 搅拌不足,单体分散不充分,聚合反应不完全,导致固含量较低;中速 250~300 r/min : 搅拌速度适中,单体

分散充分,粒径均匀,聚合效率高,固含量达到最大值;高速 350~400 r/min;搅拌过快可能导致乳液体系中的剪切力过大,影响反应的稳定性,降低了单体的聚合效率。从粘度来看,低速 200 r/min;粒子分

布不均,较大颗粒增多,导致粘度增加;中速 250~300 r/min;适中的搅拌速度有利于形成均匀且适当粒径的乳液,粘度降低;高速 350~400 r/min;过高的剪切力进一步细化粒径,降低粘度。

表 3 搅拌速度对高固低粘丙烯酸酯无皂乳液的影响

搅拌速度/(r·min ⁻¹)	固含量/%	粘度/(mPa·s)	凝胶率/%	机械稳定性	稀释稳定性	钙离子稳定性	储存稳定性
200	55.15	120	2.11	絮凝	通过	通过	通过
250	57.87	72	1.51	通过	通过	少量絮凝	通过
300	59.61	39	1.24	通过	通过	通过	通过
350	58.10	119	3.54	通过	通过	通过	通过
400	56.83	112	17.04	通过	通过	少量沉淀	通过

凝胶率随搅拌速度增加呈先降低后升高的趋势,在 300 r/min 时达到最小值 1.24%,低速 200 r/min 搅拌不足,导致乳液粒子在聚合反应中容易形成局部过聚区域,产生凝胶;中速 250~300 r/min 单体分散均匀,反应条件适宜,凝胶率最低,表明反应较为均匀;高速 350~400 r/min,过高的剪切力可能导致局部热积累,单体在短时间内快速聚合,形成凝胶,特别是 400 r/min 时,凝胶率显著增加,表明过快搅拌破坏了乳液稳定性。搅拌速度显著影响乳液的聚合效率和最终性能^[17]。通过分析发现,300 r/min 是最优搅拌速度,它使得乳液的固含量、粘度、稳定性以及凝胶率之间达到了良好平衡,在机械稳定性、稀释稳定性、钙离子稳定性和储存稳定性方面均表现良好。

2.4 产品性能

采用反应时间为 3.5 h,温度为 77℃,搅拌速度为 300 r/min,在此设定条件下开展实验,获得乳液产品的各项性能结果,具体数据列于表 4 中。

表 4 产品性能

性能	测定值	性能	测定值
乳液外观	分散均匀,乳白色,光泽度良好	乳液机械稳定性	通过
固含量/%	60.29	乳液稀释稳定性	通过
粘度/(mPa·s)	125	乳液储存稳定性	通过
凝胶率/%	0.93	乳液钙离子稳定性	通过
涂膜外观	无气泡,无粗粒子,表面光滑		

2.5 红外光谱分析

图 1 是在各项工艺优化条件下合成的丙烯酸酯无皂乳液成膜后的红外光谱图。由图可以看出,

2 859 cm⁻¹和 2 871 cm⁻¹位置对应于甲基与亚甲基(-CH₃与-CH₂)的 C-H 伸缩振动吸收峰,1 729 cm⁻¹处显示出羰基(C=O)的强吸收峰,表明了丙烯酸酯的存在。1 453 cm⁻¹和 1 386 cm⁻¹处为-CH₃和-CH₂的 C-H 弯曲振动特征吸收峰,1 238、1 141 cm⁻¹是醚键(C-O-C)的伸缩振动吸收峰,尤其是位于 1 200~1 250 cm⁻¹范围内的 C-O 伸缩振动峰,强度较高。1 065 cm⁻¹是 C-O-C 键在 1 000~1 300 cm⁻¹范围内产生特征吸收峰,1 065 cm⁻¹属于其中的一部分,758 cm⁻¹是苯环 C-H 的平面外弯曲振动峰,1 500~1 600 cm⁻¹处无 C=C 特征吸收峰,说明可聚合乳化剂完全参与反应聚合,聚合完全。

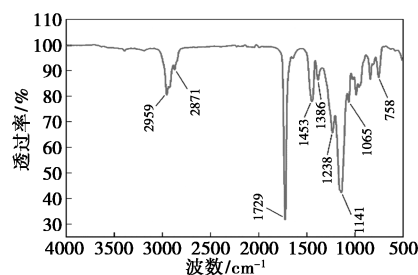


图 1 高固低粘丙烯酸酯无皂乳液的红外光谱图

2.6 核磁共振氢谱分析

图 2 是使用可聚合乳化剂 DNS-86 的丙烯酸酯无皂乳液胶膜的 ¹H-NMR 图。由图可以看出,0~2 mg/L 信号强且集中,该区域的信号对应于饱和碳链中的-CH₃和-CH₂,即用于乳液聚合的丙烯酸酯类单体的脂肪烃链。在聚合后形成的高分子链的骨架中,-CH₃和-CH₂是主要组成部分,丙烯酸酯的主链部分在反应中被成功合成。在 3.0~4.0 mg/L 区域的信号可能来自于水溶性可聚合乳化剂中的-OCH₂-基团,或者是丙烯酸酯类单体中的

—OCH₂—基团。核磁共振氢谱谱图在化学位移 $\delta=7.2$ mg/L 附近有一个清晰的化学位移,而芳香环氢原子的典型化学位移通常在 ¹H-NMR 中出现于 6.5~8.5 mg/L 范围,因此该信号峰归属于苯环上的氢信号峰。而参与聚合的丙烯酸酯类单体都不含有苯环,由图 3 可知使用的可聚合乳化剂含有苯环结构,说明在聚合反应中 DNS-86 有效参与了反应,部分苯环结构成功接枝到了聚合物主链上,在氢谱中出现苯环的特征信号。再结合红外光谱谱图,1 500~1 600 cm⁻¹处无 C=C 特征吸收峰,可聚合乳化剂完全参与聚合,说明该特征峰的出现不是未完全反应的可聚合乳化剂的影响。

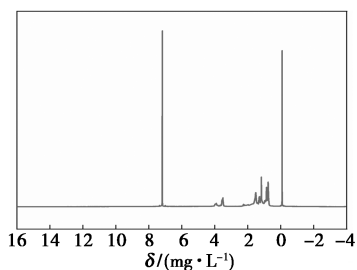
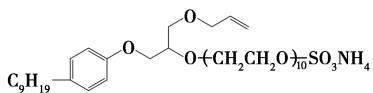


图 2 含可聚合乳化剂的高固低粘丙烯酸酯无皂乳液乳胶膜 ¹H-NMR 图



1-烯丙氧基-3-(4-壬基苯酚)-2-丙醇聚氧乙烯(10)醚硫酸铵 DNS-86

图 3 可聚合乳化剂 DNS-86 的化学结构式

2.7 乳胶粒形貌及其粒径分布分析

图 4 为使用可聚合乳化剂合成的高固低粘丙烯酸酯无皂乳液的粒径及其分布图。由图可知,乳胶粒的平均粒径为 371.8 nm,粒径分布(PDI)为 0.055,Zeta 电位为-44.9 mV,此粒径图显示乳液体系具有良好的单分散性和电荷稳定性,是实现高固含量、低粘度的重要前提^[18]。在高固含量体系中,粒子间的堆积密度对体系的流动性和稳定性至关重要。粒径适中(371.8 nm)能够形成较紧密的堆积结构,同时保留一定的分散能力,有助于提高固含量^[19-20]。粒径较小的乳液粒子通常表现出较低的体系粘度,这是由于粒子间的运动更加灵活,内摩擦力较小。如果粒径过小(< 200 nm),乳液容易表现出更高的表面能,可能导致乳液不稳定。而 371.8 nm 的粒径处于较为理想的范围,既降低了体系粘度,又保证了乳液稳定性。从粒径分布的角度来看,PDI< 0.1,说明乳液粒子具有良好的单分散性。在高固

含量条件下,窄分布有助于提高体系的稳定性,防止因粒径不均匀引发粘度的异常波动或增大,并避免聚集或沉降现象发生。Zeta 电位-44.9 mV 是一个较大的负值,表明乳液体系具有较好的电荷稳定性,粒子之间的静电斥力足够强,可以防止粒子的团聚和沉降。这一电位值说明无皂乳液通过表面活性基团或功能基团成功实现了稳定性^[21]。此外,均匀的粒径分布还有助于粒子在涂膜过程中均匀铺展,减少因粒径差异导致的缺陷,有助于形成致密涂膜。

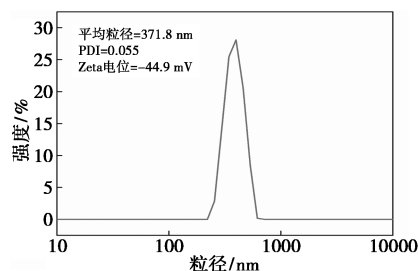


图 4 高固低粘丙烯酸酯无皂乳液的粒径及其分布图

图 5 为高固低粘丙烯酸酯无皂乳液的透射电镜图,通过 TEM 观察,乳胶粒子呈现均匀的核壳球状形态,粒径一致,直径在 350~400 nm 之间,尺寸大小与前述粒径结果相一致。

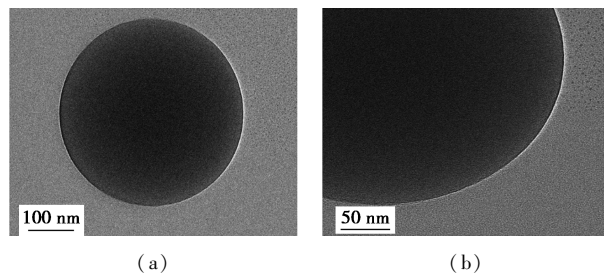


图 5 高固低粘丙烯酸酯无皂乳液的 TEM 图

2.8 乳液分子量分布

图 6 为高固低粘丙烯酸酯无皂乳液的分子量分布图。由图可知,以反应性乳化剂 DNS-86 制备的无皂乳液,分子量分布较宽($PDI=M_w/M_n=5.100$),宽分子量分布表明同时存在高分子量和低分子量链段,这种分布对高固低粘乳液至关重要。高分子量链段提供了强度和耐久性;低分子量链段提供了流动性和加工性。宽 PDI 下,高分子量链段占据体系的少数部分,其贡献不至于显著提高乳液粘度;低分子量链段则稀释了整体体系。因此,这种分布有利于高固含量下粘度的控制。DNS-86 通过其可聚合乳化剂的特性嵌入到聚合物中,提供独特的分子量

调控作用:在乳液粒径上,DNS-86 的稳定作用有助于核化过程中更均匀的粒子形成,减少多核化现象^[22]。在聚合链增长过程中,DNS-86 的结构可能影响链增长速率,形成既有低分子量段(提供流动性),又有高分子量段(提高性能)的混合分布。

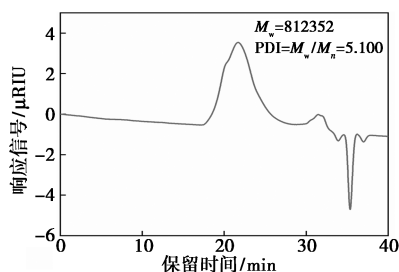


图 6 高固低粘丙烯酸酯无皂乳液的分子量及其分布图

3 结论

(1) 采用半连续种子乳液聚合法,使用反应性乳化剂 DNS-86 和吐温-80 复配,成功制备出固含量为 60.29%、粘度为 125 mPa·s、凝胶率为 0.93% 的高固低粘丙烯酸酯无皂乳液,该乳液各项稳定性良好。此项研究最佳工艺条件为反应时间 3.5 h,反应温度 77℃、搅拌速度 300 r/min。

(2) 高固低粘与粒径十分相关,该乳液粒径为 371.9 nm,确保了体系内粒子堆积紧密,提高体系的整体固含量,0.055 的低 PDI 和 -44.9 mV 的高 Zeta 电位共同保证乳液在高固含量下的分散性、粘度控制和稳定性,以上有助于构建高固低粘无皂乳液。

(3) 可聚合性乳化剂成功参与聚合,合成丙烯酸酯无皂乳液,乳液聚合物具有较宽的分子量分布,乳胶粒形貌呈现核壳球状结构。

参考文献

- [1] 陈春霖,孟晓伟,唐毅,等.水性涂料的特点及其应用发展[J].山东化工,2019,48(7):87-88.
- [2] 高美平,王海林,刘文文,等.我国水性建筑涂料 VOCs 排放特征及其环境影响[J].环境科学,2021,42(12):5698-5712.
- [3] 程利,王鑫,赵雄燕.功能化丙烯酸酯乳液的研究与应用[J].应用化工,2019,48(8):1954-1958.
- [4] Delibaş A, Yildiz U, Tauer K. Composite latex production with high solid content[J]. Journal of Applied Polymer Science, 2019, 136(17/18).
- [5] 艾照全,周奇龙,孙桂林,等.高固含量低粘度 P(MMA/BA/AA)乳液的制备及性能研究[J].高分子学报,2005,(5):754-759.
- [6] 冯小平,李胜华,何伟,等.高固含量低粘度丙烯酸酯乳液压敏胶的制备[J].化学研究与应用,2010,22(11):1450-1454.
- [7] 相东旭,黄建群,何文栋.高固含量低黏度聚合物乳液的研究进展[J].涂料工业,2016,46(11):81-87.
- [8] 魏铭,郭亚丽,黄维,等.高固含量低黏度丙烯酸酯无皂乳液聚合的研究[J].现代涂料与涂装,2012,15(1):6-9.
- [9] 刘清清,刘训惠,刘军深,等.高固含量低粘度丙烯酸酯乳液聚合研究进展[J].鲁东大学学报(自然科学版),2015,31(1):52-56.
- [10] Cao T, Liu Q, Hu J. Principle, properties and application of polymer emulsion synthesis (3rd edition) [M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2022.
- [11] Bilgin S, Bahraeian S, Liew M L, et al. Surfactant-free latexes as binders in paint applications [J]. Progress in Organic Coatings, 2022, 162:106591.
- [12] 袁婷婷,黄宏志,鲁德平,等.不同可聚合乳化剂对丙烯酸酯乳液性能的影响[J].粘接,2011,32(1):68-71.
- [13] 徐维环,李少香.反应型乳化剂在丙烯酸酯无皂乳液聚合中的应用[J].电镀与涂饰,2015,34(6):297-302.
- [14] 郑海涛,徐小波,安卫兵.高固含量无皂丙烯酸酯共聚乳液的合成研究[J].辽宁化工,2009,38(4):233-235+243.
- [15] 周建华,李燕,王琳,等.阳离子型聚丙烯酸酯无皂乳液的合成及应用[J].针织工业,2022,(3):40-44.
- [16] 王永玺,殷加伟,颜维虎,等.高固低黏型丙烯酸树脂的合成及应用[J].现代涂料与涂装,2023,26(4):14-16+23.
- [17] 李帅霖,里光,施岩,等.水性丙烯酸树脂的合成及性能研究[J].精细石油化工,2024,41(5):31-35.
- [18] Dai M, Zhang Y, He P. Preparation and characterization of stable and high solid content St/BA emulsifier-free latexes in the presence of AMPS[J]. Polymer Bulletin, 2011, 67(1):91-100.
- [19] Jian Y, Xiong X. Study on polyvinylidene chloride emulsion with binary particle size distribution and high solid content [J]. Polyvinyl Chloride, 2023, 51(5):1-4, 7.
- [20] Boutti S, Graillat C, McKenna T F. New routes to high solid content latexes: A process for in situ particle nucleation and growth [J]. Macromolecular Symposia, 2004, 206(0):383-398.
- [21] 付高位,王定坤,陈日清,等.反应型乳化剂对丙烯酸酯乳液聚合的影响研究[J].中国胶粘剂,2021,30(3):1-6+18.
- [22] Murali S, Agirre A, Tomovska R. Zwitterionic monomers as stabilizers for high solids content polymer colloids for high-performance coatings applications [J]. Progress in Organic Coatings, 2022, 173:107196. ■

《现代化工》欢迎广大作者踊跃投稿,投稿系统: <http://www.xdhg.com.cn>