

氧化聚乙烯蜡改性环氧丙烯酸酯及其乳液的制备与应用前景展望

杨卫宁 (龙口市易久环保科技有限公司, 山东 龙口 265700)

摘要: 研究旨在探讨氧化聚乙烯蜡改性环氧丙烯酸酯及其乳液的制备与应用前景。方法为从氧化聚乙烯蜡筛选预处理、环氧丙烯酸酯合成调控、改性工艺优化及乳液制备提升等方面阐述制备要点。结果显示该材料在环保政策推动下可助力绿色涂料革新, 能拓展高性能应用场景, 且利于产业链协同创新与全球化布局, 具有广阔的发展潜力与应用价值。

关键词: 氧化聚乙烯蜡; 环氧丙烯酸酯; 乳液; 制备; 前景展望

中图分类号: TQ630.4; TQ316.33

文献标识码: A

文章编号: 1674-5167 (2026) 012-0022-03

Preparation and Application Prospects of Epoxy Acrylate Modified by Oxidized Polyethylene Wax and Its emulsion

Yang Weining (Longkou Yijiu Environmental Protection Technology Co., LTD. Longkou Shandong 265700, China)

Abstract: This study aims to explore the preparation and application prospects of epoxy acrylate modified by oxidized polyethylene wax and its emulsion. The method elaborates the key points of preparation from aspects such as screening and pretreatment of oxidized polyethylene wax, synthesis regulation of epoxy acrylate, optimization of modification process and improvement of emulsion preparation. The results show that under the impetus of environmental protection policies, this material can contribute to the innovation of green coatings, expand high-performance application scenarios, and facilitate collaborative innovation and global layout in the industrial chain. It has broad development potential and application value.

Key words: Oxidized polyethylene wax Epoxy acrylate Emulsion; Preparation; Outlook

随着材料科学不断发展以及对环境保护要求越来越高, 在此背景下开发新型环保材料受到广泛关注。而氧化聚乙烯蜡改性环氧丙烯酸酯及其乳液由于自身特点而受到青睐。其生产过程繁琐复杂, 包括原材料选择、工艺改进以及提高乳液质量等各个环节都很重要。研究其生产工艺并且对其未来进行展望不仅可以给相关领域带来一定帮助, 而且有利于促进我国材料工业向更加绿色环保、高端化、国际化发展。

1 氧化聚乙烯蜡改性环氧丙烯酸酯及其乳液的制备要点

1.1 氧化聚乙烯蜡的筛选与预处理

氧化聚乙烯蜡是改性剂, 对改性环氧丙烯酸酯及其乳液性能起决定作用, 在挑选氧化聚乙烯蜡过程中要考虑其分子结构、熔点、酸值等因素。从分子结构上看, 要选用适当碳链长度以及一定支化度氧化聚乙烯蜡, 使它能较好地与环氧丙烯酸酯相溶。如果碳链太长不易在基体内均匀分布, 而碳链较短又不能起到良好改性效果。适当的支化程度有利于氧化聚乙烯蜡与基体间产生较强结合力, 从而改善改性效果。

熔点是氧化聚乙烯蜡的一个重要物理指标, 在生产中如果熔点太高会造成蜡难以熔化以及均匀分散,

给操作带来不便; 而熔点太低又会在常温状态下过于软, 对改性产品的力学性能以及长期使用不利。所以结合实际需要以及生产工艺要求来选取熔点合适的氧化聚乙烯蜡^[1]。

酸值表示氧化聚乙烯蜡分子上羧基数目的多少, 这对改性影响很大。酸值越大说明氧化聚乙烯蜡分子上有较多羧基存在, 而这些羧基又可与环氧丙烯酸酯中环氧基进行化学反应, 生成新的共价键, 使氧化聚乙烯蜡与基础树脂之间结合更牢固, 改善改性物性能; 但另一方面如果酸值过大则会造成反应过于剧烈不易控制, 甚至会对改性物造成不良影响, 所以要选取适合酸值的氧化聚乙烯蜡并对其相应处理使其达到所需酸值才能进行下一步操作^[2]。

预处理氧化聚乙烯蜡方法主要是溶解、过滤及干燥等过程。将氧化聚乙烯蜡加入适量溶剂, 例如甲苯或二甲苯中, 搅拌使它完全溶解成均一溶液, 再用过滤器除去其中颗粒物质和其他非溶性成分, 从而获得较为纯净产品。之后对过滤后溶液进行蒸发溶剂操作, 排除有机溶剂, 制备出高纯度氧化聚乙烯蜡。经过预处理过的氧化聚乙烯蜡更加容易被分散并且有更好的反应性能, 有利于改善其性能^[3]。

1.2 环氧丙烯酸酯的合成与性能调控

环氧丙烯酸酯是制备各种改性材料的基础，在其制备过程中，其制备方法以及性能对其所对应的产品具有重要影响。一般而言，环氧丙烯酸酯是由环氧树脂与丙烯酸或者甲基丙烯酸进行酯化而得到，而在制备时需选取合适的环氧树脂及丙烯酸系单体，同时控制一定的条件才能够得到性能优良的环氧丙烯酸酯。

环氧树脂种类较多，主要有双酚 A 型环氧树脂、酚醛环氧树脂等。不同的环氧树脂其分子结构、性质不同，要针对具体情况使用相应的环氧树脂。如双酚 A 型环氧树脂具有较高的环氧值以及优异的力学强度，在光固化涂料、胶黏剂等方面得到广泛应用；而酚醛环氧树脂由于其出色的热稳定性和抗化学品侵蚀能力，在一些高要求场合中被采用^[4]。

不同种类丙烯酸类单体选择也会对环氧丙烯酸酯产生影响。丙烯酸以及甲基丙烯酸是最常用单体，在它们与环氧树脂发生交联后所形成的环氧丙烯酸酯有着不同玻璃化转变温度、柔韧性以及反应活性。一般而言，用甲基丙烯酸合成环氧丙烯酸酯有着较高玻璃化转变温度及良好硬度，但是以丙烯酸合成环氧丙烯酸酯却有着较高柔韧性和较低黏度^[5]。

在合成中，反应条件对合成十分重要。如反应温度、反应时间和所用催化剂及其用量等都对反应以及产物有影响。如果温度过高会使反应过于激烈而发生副反应从而降低产物纯度；而温度过低又会使反应速度过慢而增加反应时间降低生产率。另外催化剂种类及用量也会影响反应的速度与选择性。一般使用三乙胺或季铵盐作为催化剂需根据具体情况选取合适催化剂并控制用量以便得到良好结果。同时也可以改变环氧丙烯酸酯分子结构改善其性质。例如添加长碳链烷基或者芳香环等，可提高环氧丙烯酸酯柔性以及耐候性；添加功能团，如羟基、羧基等，则可使其与其他材料发生反应，从而便于后期改性的进行。

1.3 氧化聚乙烯蜡改性环氧丙烯酸酯的工艺优化

氧化聚乙烯蜡改性环氧丙烯酸酯是以化学方法使氧化聚乙烯蜡接枝到环氧丙烯酸酯上得到一种新型功能化产品。而对改性过程进行研究有利于提升其改性程度以及最终产品质量。

在改性中，氧化聚乙烯蜡与环氧丙烯酸酯反应方式有两种：一种是以氧化聚乙烯蜡上羧基与环氧丙烯酸酯上环氧基团进行开环反应生成酯键的形式；另一种是以氧化聚乙烯蜡与环氧丙烯酸酯进行自由基聚合而得到共聚物形式。不同反应方式进行不同机理以及产品性质，需依据实际需要确定其反应方式。

反应条件对改性效果有较大影响。如反应温度、

反应时间和反应物之间比例等均会对反应过程以及最终产物造成一定影响。反应温度过高易导致反应过于激烈而发生副反应从而对产物不利；反应温度较低又会使反应速度较慢而不能完全反应。另外，反应时间也是需要适当调节，如果反应时间过短会导致反应不充分而无法达到理想的改性效果；如果反应时间过长会增加生产成本同时也会影响工作效率。反应物之间比例同样会对面团产生一定影响，在保证氧化聚乙烯蜡与环氧丙烯酸酯良好性能基础上可以通过实验得出最合适的反应物配比。

此外，也可以加入一定量助剂以优化改性过程及最终产品的质量。如加相容剂有助于氧化聚乙烯蜡与环氧丙烯酸酯更好结合，有利于反应顺利进行；添加抗氧化剂可有效避免产品在生产和应用中出现氧化分解而导致性能下降问题，从而保证产品质量持久。

1.4 改性环氧丙烯酸酯乳液的制备与性能提升

将改性环氧丙烯酸酯制备成乳液有利于拓宽其应用领域以及增强其综合性能。而改性环氧丙烯酸酯乳液一般是由乳液聚合得到，在此过程中需选取适合的乳化剂、引发剂及聚合条件等使改性环氧丙烯酸酯分散到水相中得到稳定乳液。

乳化剂的选择对于得到稳定的乳液至关重要。乳化剂可以降低油水界面上的表面张力，使改性环氧丙烯酸酯能够在水中被均匀分散而形成乳液。一般使用的乳化剂有阴离子型乳化剂、非离子型乳化剂及两性型乳化剂等，在选择乳化剂时需考虑到它能否与改性环氧丙烯酸酯良好相溶、具有良好的乳化能力和对乳液稳定性的作用等因素，一般会用多种乳化剂搭配使用的方式来达到更好的效果，即复配乳化剂方式，也就是将不同的乳化剂按一定比例混合使用来发挥它们之间的协同效应从而获得更稳定的乳液。引发剂的选择以及量也会对乳液聚合过程中的反应速度及其最终产品的性质造成影响。一般使用的引发剂有过硫酸铵、过硫酸钾等。引发剂量要根据具体情况以及需要达到聚合速度而定，过多会造成反应过于激烈发生爆聚，过少又会使聚合速率较慢，增加聚合时间。聚合工艺对于乳液性质有很大影响。聚合温度、聚合时间、搅拌速度等都会影响聚合过程及乳液质量。聚合温度较高会导致乳胶粒较大，不够稳定；聚合温度较低又会使聚合速率较低，不能完全聚合。聚合时间也要适当才能使聚合反应充分进行，制备出良好乳液。搅拌速度对乳液分散性和稳定性也有一定作用，合适的搅拌速度有利于反应物间更好混合以及反应进行，从而制备出质量更好的乳液。为使该改性环氧丙烯酸酯乳液更佳，还可对其进行后处理，如改变乳液 pH 值、加

入成膜助剂、消泡剂等助剂,可提高其成膜性能、稳定性和施工性。另外,也可以将此乳液与其他类型的乳液进行共混改性,即把改性环氧丙烯酸酯乳液与其他种类乳液混合,得到具有一定优点的复合乳液,适用于各种场合。

2 氧化聚乙烯蜡改性环氧丙烯酸酯及其乳液制备的应用前景

2.1 环保政策驱动下的绿色涂料革新

在“双碳”战略以及 VOCs 减排的要求下,氧化聚乙烯蜡改性环氧丙烯酸酯乳液是当前涂料行业绿色发展的主要原料。传统的溶剂型涂料由于含有大量的 VOCs 受到严苛的管控,而水性涂料由于其具有较低的挥发性以及无毒无害的特点被广泛的应用。氧化聚乙烯蜡是一种环保的添加剂,在其分子链上含有羰基和羟基可以与环氧丙烯酸酯发生反应从而提高乳液的稳定性以及分散性。同时减少了涂料中的有机溶剂含量并且由于蜡本身的成膜作用提高了涂层的耐磨性、抗划伤性和耐候性从而使水性涂料在建筑物外墙、木制家具等方面可以达到甚至超过溶剂型产品的效果。此外,氧化聚乙烯蜡生物降解性能优于部分石化基蜡,符合全球对于循环经济以及可再生资源的要求,有利于涂料企业达到国际绿色供应链标准要求。

2.2 高性能应用场景的拓展与深化

随着 5G 通信、新能源汽车、高端装备制造业等行业的快速发展,对于各种材料的要求越来越高。氧化聚乙烯蜡改性环氧丙烯酸酯乳液由于其特殊的分子结构,在电子封装、航空航天、医疗器械等行业具有广阔的应用前景。比如,在电子元件封接上,通过改变蜡粒径以及表面张力可以使它更好地附着到基底上,而且还有很好的绝缘性、耐热性和防水性,保证整个装置能够在恶劣环境中正常工作;而在航空航天方面,它的低密度和高强度可以减少机体的质量,而蜡的润滑作用也可以减少各个零件之间的相互磨损从而提高寿命。此外,利用纳米技术或者生物基成分,改性乳液还可以赋予涂层自修复、抗菌、阻燃等功能性,以适应现代工业对于多功能一体化的要求,从而促进传统工业的发展向更高层次、更智能化发展。

2.3 产业链协同创新与全球化市场布局

氧化聚乙烯蜡改性环氧丙烯酸酯乳液的应用日益广泛,是促进上下游产业融合及合作的重要动力,在上游方面,原料厂家不再局限于提供普通的原料,而是采用新的聚乙烯氧化方法制备高品质、低杂质的专业专用蜡,在源头上保证产品质量从而提高改性乳液的质量稳定性,解决由于原料变化造成的产品质量不稳定问题。

而位于产业链上游的企业最先积极融入工业 4.0,购置连续化、自动化设备,在严格控制反应温度、压力以及投料比的情况下实现蜡和树脂高效接枝共聚,从而大大降低不同批次产品质量差异性,此外,加入数字化交付系统以使生产信息公开透明,大大加快了满足客户需求能力。

而下游应用端需求提升又反向带动技术进步。基于先进自动化生产线,涂料企业对乳液快干性、低温成膜性和耐候性的要求近乎苛刻,“需求牵引”推动改性不断取得新进展。在国际市场上,为了抓住东南亚、中东等地绿色环保机遇同时应对欧盟 PPWR、CBAM 等绿色贸易障碍,国内企业也在努力实现全流程碳足迹管理。通过本土化的生产基地建设和技术许可合作,中国的改性乳液企业不仅开拓海外市场,而且凭借全产业链的绿色协同发展,为中国乃至全世界涂料行业低碳发展贡献出可供借鉴和学习的“中国方案”,在国际市场上提升话语权和影响力。

3 结束语

氧化聚乙烯蜡改性环氧丙烯酸酯及其乳液的研究具有重要意义,在制备过程中注意一些要点可以改善产品的质量,另外从应用角度来看,随着国家对环境保护的要求越来越高,使得环保型涂料得到大力发展,同时高性能的应用领域不断扩大,还有产业上下游之间的合作以及走向国际市场也为这一产品的发展带来很大机遇。将来伴随着科学技术的进步,这种材料将在更多的领域起到重要作用,推动中国涂料行业的发展。

参考文献:

- [1] 李晨阳,相楠,杨康博,等.氧化聚乙烯蜡新工艺的条件优化[J].青岛科技大学学报(自然科学版),2025,46(04):56-61.
- [2] 李悦梦,苗汝滨,毛宗帅,等.氧化聚乙烯蜡改性环氧丙烯酸酯及其乳液的制备[J].工业催化,2025,33(07):79-85.
- [3] 许鹤良,段新峰.氧化聚乙烯蜡乳液的制备及在水性工业漆中应用[J].煤炭与化工,2023,46(12):124-127+144.
- [4] 李静,王传风,于露.激发温度对溶剂中制备氧化聚乙烯蜡的影响[J].当代化工研究,2023,(11):36-38.
- [5] 余晓红.提高乳化沥青软化点和稳定性的工艺研究[J].山东化工,2023,52(08):62-63+67.

作者简介:

杨卫宁(1970-),男,汉族,山东龙口人,本科,龙口市易久环保科技有限公司,高级经济师、中级工程师,研究方向为化工研究。