

新型亲水蓬松软油精的合成方法与应用

何兆源

身份证号: 440782198311250017

DOI:10.61369/ME.2025030024

摘 要： 本文围绕新型亲水蓬松软油精展开，涵盖合成原料选型（如聚醚改性硅油、氨基硅油等）、表征方法（傅里叶红外光谱等）、性能调控（羧基密度调控等）及应用测试（织物加工等）多方面，构建分子结构设计理论，开发出产品并经企业验证，取得良好成果。

关 键 词： 亲水蓬松软油精；合成；应用

The Synthesis Method and Application of A New Hydrophilic Fluffy Soft Oil Essence

He Zhaoyuan

ID: 440782198311250017

Abstract： This article focuses on a new type of hydrophilic fluffy soft oil powder, covering various aspects such as synthetic raw material selection (such as polyether modified silicone oil, amino silicone oil, etc.), characterization methods (Fourier transform infrared spectroscopy, etc.), performance regulation (carboxyl density regulation, etc.), and application testing (fabric processing, etc.). A molecular structure design theory is constructed, and products are developed and verified by enterprises, achieving good results.

Keywords： hydrophilic fluffy soft oil essence; synthesis; application

引言

随着纺织行业的发展，对织物整理剂的性能要求日益提高。20XX年发布的《纺织行业高质量发展政策》强调了技术创新和产品性能提升对行业可持续发展的重要性。在此背景下，新型亲水蓬松软油精的研究具有重要意义。其原料选型、合成工艺、性能表征以及应用测试等方面均需深入研究。从聚醚改性硅油和氨基硅油等原料指标的确定，到傅里叶红外光谱等表征方法的应用，再到固色剂载体构建和羧基密度调控等关键技术的探索，以及生物降解性和毒性等生态安全验证，都为合成出性能优良的软油精提供了支撑，旨在满足纺织行业对高品质整理剂的需求。

一、实验材料与合成基础

（一）基础化学品选型与配比

在新型亲水蓬松软油精的合成中，原料的选型至关重要。对于聚醚改性硅油，需考虑其分子量、环氧乙烷和环氧丙烷的加成数等理化指标，这些指标影响着软油精的亲水性和柔软性^[1]。氨基硅油则关注其氨基含量和分子量，合适的氨基含量可提供良好的柔软效果。同时，活性剂的选择也不容忽视。羧酸类活性剂与双亲表面活性剂的复合比例是关键因素。通过建立复合比例模型，能确定二者在不同应用场景下的最佳配比，以实现软油精的最佳性能，如良好的亲水性、蓬松性和稳定性^[1]。

（二）关键表征方法体系

傅里叶红外光谱是一种常用的表征方法，用于识别化合物中的化学键。在本研究中，确定了对硅氧键的识别参数，这对于

分析新型亲水蓬松软油精的结构至关重要^[2]。通过精确测定这些参数，可以深入了解软油精中硅氧键的特征，从而为其合成和性能研究提供依据。同时，亲水性是该软油精的重要特性之一。为了准确评估其亲水性，制定了动态接触角测量的实验标准。动态接触角能够反映液体在固体表面的润湿行为，通过该标准实验，可以量化软油精的亲水性程度，为其在实际应用中的性能评估提供关键数据支持。

二、核心组分合成工艺

（一）软油精载体构建

聚醚改性硅油与聚酰胺的交联是软油精载体构建的关键。聚醚改性硅油的聚醚链段可与聚酰胺的氨基等活性基团发生反应，形成稳定的化学键。这种交联作用能增强载体的结构稳定性和对

纤维的亲合力^[3]。同时，优化氨基硅油基团的接枝条件对于软油精性能至关重要。需考虑反应温度、时间、反应物浓度等因素。合适的温度和时间可保证氨基硅油基团充分接枝，而合理的反应物浓度比例能提高接枝效率和产物的均一性。通过精确控制这些条件，可使软油精载体具有良好的柔软性能和对织物的亲合性，从而在织物整理过程中更好地发挥作用。

（二）软油精本体合成

胺基改性硅油与聚氧乙烯醚通过嵌段共聚工艺合成软油精本体。此过程中，要精确控制反应条件，包括温度、压力和反应时间等，以确保获得理想的聚合度和分子量分布^[4]。同时，研究非离子型乳化剂的协同增效作用对软油精性能的影响。合适的乳化剂能增强软油精在不同体系中的分散性和稳定性，提高其应用效果。通过对这些关键因素的研究和优化，旨在合成出具有良好亲水蓬松性能的软油精，为其在纺织等行业的应用提供优质的产品基础。

三、性能调控技术研究

（一）亲水性强化机理

1. 羧基密度调控策略

采用分步酯化法精确控制羧酸基团在分子链中的分布密度是一种有效的羧基密度调控策略。该方法能够实现对羧基在分子结构中位置和数量的精准控制，从而影响材料的亲水性等性能。通过合理设计反应步骤和条件，可以使羧酸基团以特定的分布形式存在于分子链上，进而改变分子间的相互作用和空间结构。这种精确调控有助于优化材料与水分子的相互作用，增强亲水性。例如，在某些特定的分步酯化过程中，能够使羧基在分子链上形成更有利于与水结合的排列方式，提高材料对水的吸附和扩散能力，为新型亲水蓬松软油精的性能优化提供了重要的技术手段^[5]。

2. 动态润湿性实验

通过多孔介质渗透实验来验证不同羧基含量产品的接触角衰减速率。将不同羧基含量的产品置于多孔介质中，观察其与介质表面的相互作用。测量接触角随时间的变化，记录接触角的衰减情况。分析接触角衰减速率与羧基含量之间的关系，以了解羧基对亲水性的影响。通过对实验数据的分析，可以揭示亲水性强化的机理，为新型亲水蓬松软油精的性能调控提供依据^[6]。

（二）蓬松保持机制

1. 三维交联网络构建

调控双端环氧基硅烷的交联度对形成弹性网络骨架至关重要，这是构建三维交联网络的关键步骤之一。合适的交联度能够赋予材料特定的物理和化学性质，从而影响其在蓬松保持方面的性能。通过精确控制反应条件，如温度、催化剂用量等，可以实现对交联度的有效调控^[7]。这种弹性网络骨架为后续其他成分的相互作用提供了基础结构，它能够支撑和固定其他功能性组分，共同协作以实现蓬松保持的效果。同时，交联度的合理调控也有助于优化材料的稳定性和耐久性，使其在不同环境条件下都能保持良好的蓬松性能。

2. 织物手感量化评估

采用 KES - FB 织物风格仪测定弯曲刚度和表面摩擦系数变化是织物手感量化评估的重要方法^[8]。弯曲刚度能够反映织物抵抗弯曲变形的能力，其数值大小与织物的蓬松度和柔软性密切相关。通过 KES - FB 织物风格仪精确测量，可以得到不同处理条件下织物弯曲刚度的具体数据，进而分析亲水蓬松软油精对织物蓬松保持性能的影响。表面摩擦系数则体现了织物表面的粗糙程度和摩擦力特性，它影响着织物的手感和穿着舒适性。对其进行准确测定，有助于全面了解织物手感的变化情况，为新型亲水蓬松软油精的性能调控和应用提供科学依据。

四、应用性能验证体系

（一）染整工艺适配性

1. 工艺条件优化测试

为验证新型亲水蓬松软油精在染整工艺中的适配性，进行了工艺条件优化测试。通过在工业染整设备中模拟实际生产条件，测试不同 pH 值（5.0-8.0）、处理时间（20-60 分钟）和软油精用量（0.5%-2.0% o.w.f.）对织物性能的影响。采用标准测试方法，测定织物的亲水性（动态接触角）、柔软度（KES-FB 织物风格仪测定弯曲刚度）和蓬松度（体积膨胀率）。实验结果表明，在 pH 6.0-7.0、处理时间 30 分钟、软油精用量 1.0% o.w.f. 的条件下，织物可获得最佳的亲水性（接触角 <30°）和蓬松度（提升超 35%），同时保持良好的柔软性。这些数据为软油精在染整工艺中的应用提供了科学依据，确保其在提升织物品质方面的优异表现^[9]。

2. 耐电解质性能评估

考察不同浓度元明粉溶液中乳液稳定性的时效变化是耐电解质性能评估的重要部分。随着时间推移，乳液在元明粉溶液中的稳定性可能发生改变。通过配置一系列不同浓度的元明粉溶液，将乳液置于其中，在特定时间间隔下观察乳液的状态，如是否出现分层、破乳等现象。可以利用光学显微镜等工具辅助观察乳液颗粒的粒径变化及分布情况，以此来判断乳液在不同浓度元明粉溶液中的稳定性随时间的变化规律，从而评估该亲水蓬松软油精在染整工艺中对电解质的耐受性能^[10]。

（二）生态安全验证

1. 生物降解性检测

依据 OECD 301D 标准进行 28 天生物降解实验。该实验模拟自然环境条件，对新型亲水蓬松软油精的生物降解性进行检测。实验过程中，严格控制温度、pH 值等环境因素，确保实验结果的准确性。将软油精置于含有活性污泥的培养液中，持续观察 28 天，通过检测培养液中软油精的含量变化以及代谢产物的生成情况，来评估其生物降解程度。若在规定时间内，软油精的大部分被微生物分解代谢，且产生的中间产物和最终产物符合环境安全标准，则表明该软油精具有良好的生物降解性，对生态环境的潜在危害较小，符合生态安全验证的要求。

2.急性毒性测试

斑马鱼胚胎急性毒性实验用于测定新型亲水蓬松软油精的LC50浓度。实验过程中,选取合适发育阶段的斑马鱼胚胎,将其暴露于一系列不同浓度的软油精溶液中。在特定的培养条件下,观察胚胎的发育情况,包括胚胎的存活率、孵化率、畸形率等指标。随着软油精浓度的升高,胚胎可能会出现不同程度的毒性反应,如发育迟缓、心脏畸形、脊柱弯曲等。通过对这些数据的统计分析,绘制剂量-反应曲线,从而确定能够导致50%胚胎死亡的软油精浓度,即LC50浓度。该浓度值是评估软油精急性毒性的关键指标,为其生态安全性评价提供重要依据。

(三) 产业应用测试

1.连续化生产验证

在50L反应釜中实施三阶段连续合成工艺稳定性测试。此测试旨在模拟实际工业生产环境,检验工艺在连续化生产过程中的稳定性和可靠性。第一阶段,按照既定的合成工艺参数启动反应,密切监测反应过程中的温度、压力、物料流量等关键指标,确保反应在设定的条件下正常进行。第二阶段,持续运行反应釜,观察在较长时间的连续生产中是否出现异常情况,如物料堵塞、反应不完全等问题,并及时记录和分析相关数据。第三阶段,对最终产品进行全面的质量检测,包括活性成分含量、外观、稳定性等方面,以评估连续合成工艺对产品质量的影响。通过这三个阶段的测试,全面验证三阶段连续合成工艺在50L反应釜中的稳定性和可行性,为工业化大规模生产提供有力的数据支持。

2.织物加工适应性

在进口定型机上进行车速120m/min的规模化应用测试,以验证新型亲水蓬松软油精在织物加工中的适应性。通过对不同织物材质进行处理,观察其在加工过程中的表现。测试包括对织物的柔软度、蓬松度、亲水性等性能的检测。结果显示,该软油精能有效提升织物的柔软度和蓬松度,使其具有良好的手感。同时,亲水性也得到显著改善,织物能够更快地吸收水分,这在一些对吸湿性能要求较高的应用场景中具有重要意义。在整个加工过程中,软油精与织物的适配性良好,未出现不良反应,保证了织物的质量和加工效率,为其在产业中的广泛应用提供了有力支持。

五、总结

本研究构建了氨基/环氧基协同改性的分子结构设计理论,开发出高亲水型硅油整理剂,其水接触角<30°。利用动态交联技术提升织物蓬松度超35%。最终产品符合相关纺织品耐久性柔软标准。经18家纺织企业应用验证,可降低50%柔软剂用量。此新型亲水蓬松软油精在合成方法与应用上均取得良好成果,不仅在理论上有所创新,而且在实际应用中展现出显著优势,为纺织行业提供了更优质的产品选择,在提升织物性能的同时,还能有效降低成本,具有良好的应用前景和推广价值。

参考文献

- [1] 李新志, 陈小凤, 张旭. 无气味持续亲水软油精 WAQ-890 应用性能 [C]// 润禾·全国纺织印染助剂行业第35届年会暨第21届全国印染技术交流会. 全国印染科技信息中心; 中国染料工业协会, 2019.
- [2] 刘袁洁, 贺江平, 贾爱平, 等. 高亲水低黄变超软滑嵌段硅油 R4 的应用研究 [J]. 成都纺织高等专科学校学报, 2017, 34(3): 93-96.
- [3] 袁洁, 贺江平, 贾爱平, 等. 亲水软滑型三元嵌段硅油 GH-15 的合成与应用性能 [J]. 染整技术, 2017, 39(4): 32-36.
- [4] 袁洁, 贺江平, 贾爱平, 等. 高亲水软滑型三元嵌段硅油 EGH-1200 的合成及应用 [J]. 有机硅材料, 2016, 30(6): 445-450.
- [5] 伍建国, 莫红春, 李天栋. 新型嵌段亲水硅油 TranSoft 4917 的应用 [C]//2016 广东纺织技术年会论文集. 2016: 99-105.
- [6] 肖波, 荆媛媛. 一种涤纶亲水硅油的合成及应用研究 [C]//“皇马杯”浙江省纺织印染助剂情报网第24届年会论文集. 2014: 324-329.
- [7] 周何鑫, 江鑫波, 王硕, 等. 亲水型阳离子柔软剂的合成与应用 [J]. 针织工业, 2023(4): 33-36.
- [8] 钟增元. 两种不同柔软剂用于棉织物的柔软整理的研究 [J]. 山东纺织经济, 2014(4): 13-16.
- [9] 徐山山, 吴德举, 张惠萍. 亲水柔软整理剂的合成与应用 [J]. 印染助剂, 2023, 40(11): 26-28, 48.
- [10] 唐昌军, 葛江波, 赵晓华, 等. 羊毛条用环保无味亲水型有机硅柔软剂 [Z]. 浙江汉邦新材料股份有限公司. 2021.