

新型脂肪酸盐、酯、酰胺类助剂在塑料制品中的开发与应用

梁艺

东莞市汉维科技股份有限公司，广东 东莞 523525

DOI:10.61369/ME.2025120036

摘 要： 本文围绕新型脂肪酸盐、酯、酰胺类助剂在塑料制品中的应用展开，涵盖其润滑、热稳定等性能及作用机理，探讨合成复配技术，介绍转矩流变测试等性能表征方法，通过多种制品案例展示应用效果，并指出未来复合功能化、反应型改性、环保评估及适配智能制造工艺等发展方向。

关 键 词： 新型助剂；塑料制品；性能表征

Development and Application of New Fatty Acid Aalt, Ester, and Amide Additives in Plastic Products

Liang Yi

Dongguan Hanwei Technology Co., Ltd., Dongguan, Guangdong 523525

Abstract： This article focuses on the application of new fatty acid salt, ester, and amide additives in plastic products, covering their lubrication, thermal stability, and other properties and mechanisms of action. It explores the synthesis and compounding technology, introduces performance characterization methods such as torque rheological testing, demonstrates application effects through various product cases, and points out future development directions such as composite functionalization, reactive modification, environmental assessment, and adaptation to intelligent manufacturing processes.

Keywords： new additives; plastic; performance characterization

引言

随着塑料制品行业的发展，新型助剂的研发与应用愈发关键。2022年颁布的《塑料加工业“十四五”发展指南》强调推动行业技术创新，提高产品质量和性能。在此背景下，新型脂肪酸盐、酯、酰胺类助剂在塑料制品中发挥着重要作用，其润滑、热稳定、界面改性等特性优化了制品性能。新型助剂的合成与复配技术开发，以及相关性能表征和应用研究不断推进。未来，复合功能化、反应型改性、环保评估、数据库建设和智能制造适配等将成为发展重点，以实现更高效、更环保、更智能的应用，顺应政策指引下行业的高质量发展需求。

一、脂肪酸盐 / 酯 / 酰胺类助剂的结构与功能特性

（一）脂肪酸盐的化学结构与润滑机理

脂肪酸盐一般由脂肪酸与金属离子反应生成，以硬脂酸锌、硬脂酸钙为例，其化学结构中脂肪酸部分为长链烷基，具有亲油性，而金属离子部分具有一定极性。在PVC体系中，这种结构使其能在聚合物分子间起到隔离和润滑作用。从润滑机理来看，脂肪酸盐的长链烷基能降低聚合物分子间的摩擦力，减少分子链间的相互作用，从而改善物料的流动性。同时，硬脂酸锌、钙中的金属离子与PVC分子链上的不稳定氯原子发生配位反应，置换出活泼氯原子，抑制PVC的脱氯化氢反应，提高其热稳定性。这种通过金属离子配位结构对PVC热稳定性产生影响，以及利用自身

结构实现润滑的特性，在塑料制品加工中发挥着关键作用^[1]。

（二）酯类 / 酰胺类化合物的界面改性特性

酯类 / 酰胺类化合物在塑料制品中具有显著的界面改性特性。以EBS为例，其分子结构中的极性基团起着关键作用。极性基团可与塑料分子链相互作用，降低不同相之间的界面张力，使塑料熔体在加工过程中更易于流动和分散^[2]。这种作用改善了塑料熔体的流变行为，让其在成型过程中能更均匀地填充模具，减少制品内部缺陷。同时，EBS在工程塑料加工时，通过极性基团与聚合物分子的特定作用，能够形成有序排列，发挥成核导向作用，促使聚合物结晶更规整，进而提升塑料制品的结晶性能和机械性能，提高制品的综合质量，优化其在实际应用中的表现。

二、新型助剂的合成与复配技术开发

（一）复分解法制备高纯度金属皂工艺

在新型助剂的合成与复配技术开发中，复分解法制备高纯度金属皂工艺至关重要。通过构建硬脂酸盐熔融复分解反应的动力学模型，深入探究反应过程中的速率、平衡等关键因素，为优化工艺提供理论依据。同时，研究优化钙/锌复配比例对粒径分布的影响规律，这对于调控金属皂的性能意义重大。合适的钙/锌复配比例能够有效控制金属皂粒径分布，进而提升金属皂纯度及性能。利用该复分解法，有望获得高纯度金属皂，满足塑料制品对新型助剂质量的严格要求，为新型脂肪酸盐、酯、酰胺类助剂在塑料制品中的应用奠定坚实基础^[9]。

（二）酯化-酰胺化复合功能助剂开发

在新型助剂的合成与复配技术开发中，酯化-酰胺化复合功能助剂开发是关键环节。以季戊四醇硬脂酸酯（PETS）为基础进行深入研究。通过对其分子支链结构进行精准设计，利用酯化与酰胺化反应，将不同功能基团引入分子结构中，旨在实现多种功能的复合。这一过程不仅关注合成反应条件的优化，如温度、催化剂种类及用量等，以确保较高的反应产率和产物纯度^[4]。同时，深入探究所合成的复合功能助剂结构与抗析出性能提升之间的构效关系，期望开发出具有优异抗析出性能的酯化-酰胺化复合功能助剂，为塑料制品在实际应用中提供更好的性能保障，有效解决因助剂析出影响塑料制品外观和性能的问题。

三、助剂性能评价体系构建

（一）润滑分散性能表征方法

1. 转矩流变测试与分析

转矩流变测试可有效表征新型脂肪酸盐、酯、酰胺类助剂在塑料制品中的润滑分散性能。通过 Brabender 转矩流变仪，能够模拟实际加工过程中的剪切、温度等条件^[6]。在测试时，将含有不同酰胺类助剂的 ABS 样品加入转矩流变仪的混炼腔中，设定与实际加工相近的温度、转速等参数，记录整个混炼过程中的扭矩变化，得到 Brabender 扭矩曲线。通过分析扭矩曲线，可探究不同酰胺类助剂对 ABS 加工能耗的影响规律。若扭矩曲线平稳且扭矩值较低，表明助剂的润滑分散性能良好，能有效降低加工能耗；反之，若扭矩波动大且数值高，则说明助剂的润滑分散性能欠佳，加工能耗较高。

2. 接触角与表面能测试

在新型脂肪酸盐、酯、酰胺类助剂的润滑分散性能表征中，接触角与表面能测试是重要手段。通过动态接触角法可评估硬脂酸钙在 PVC 颗粒表面的铺展性能^[6]。当液滴与固体表面接触时，会形成一定接触角，接触角大小反映了液体在固体表面的润湿程度。较小接触角意味着液体能更好地在固体表面铺展，表明助剂的润滑分散性能较好。同时，表面能也是关键参数，它影响着助剂与塑料制品基体间的相互作用。通过测试接触角数据并结合相关理论模型，可计算出表面能。全面准确地测定接触角与表面

能，有助于深入了解新型助剂在塑料制品中的润滑分散特性，为其开发与应用提供有力依据。

（二）制品性能综合评价

1. 热稳定性加速老化试验

在制品性能综合评价的热稳定性加速老化试验环节，对锌/钙复合稳定剂在 UPVC 门窗型材中的热稳定性进行重点考察。通过模拟实际使用过程中可能遭遇的高温、高湿等加速老化条件，借助专业仪器设备，实时监测型材在不同老化时间下的各项性能指标变化，如颜色变化、力学性能衰减、分子结构改变等。特别关注因热稳定性不足可能引发的型材变色、脆化等问题。依据试验数据，构建起锌/钙复合稳定剂在 UPVC 门窗型材中的动态热稳定性评估模型，深入分析热稳定性与助剂含量、环境因素等变量之间的定量关系^[7]，为新型脂肪酸盐、酯、酰胺类助剂在塑料制品中的合理应用提供热稳定性方面的科学依据，助力提升塑料制品在长期使用过程中的热稳定性能。

2. 力学性能与表观质量检测

在对添加新型脂肪酸盐、酯、酰胺类助剂的塑料制品进行力学性能与表观质量检测时，以研究硬脂酸锌添加量对 PP 注塑件的影响为例。对于力学性能，着重检测其抗拉强度，通过专业的拉伸试验设备，按照标准试验方法，测定不同硬脂酸锌添加量下 PP 注塑件抵抗拉伸破坏的能力，分析添加量与抗拉强度之间的关联。在表观质量方面，聚焦表面光泽度，利用光泽度仪测量注塑件表面反射光的能力，明确硬脂酸锌添加量如何改变表面光泽度。通过这样对力学性能与表观质量的系统检测，深入了解助剂添加量对塑料制品性能的影响，为助剂性能评价提供关键数据支持^[8]。

四、典型工业化应用案例分析

（一）PVC 硬质制品加工体系

1. 异型材挤出工艺优化

在 PVC 硬质制品加工体系的异型材挤出工艺优化中，新型脂肪酸盐、酯、酰胺类助剂展现出显著优势。以基于 EBS/PETS 协同润滑的 UPVC 管材低温高速挤出配方体系为例，传统异型材挤出工艺常面临温度控制难、生产效率低等问题。而通过引入该新型配方体系，EBS 与 PETS 协同作用，有效降低熔体粘度，改善物料流动性，使得挤出温度可适当降低，减少因高温导致的物料分解风险^[9]。同时，这种协同润滑体系提高了物料在模具内的流速均匀性，提升异型材表面质量，减少表面缺陷。在工业化生产中，优化后的异型材挤出工艺不仅降低了能耗，还提高了产品合格率与生产效率，实现了成本降低与效益提升的双重目标，为 PVC 硬质制品加工行业提供了创新的工艺优化思路。

2. 透明度提升解决方案

在 PVC 硬质制品加工体系中，提升透明度是关键问题。新型脂肪酸盐、酯、酰胺类助剂在此发挥重要作用。例如，通过选用特定的脂肪酸酯助剂，能够有效降低 PVC 分子间的相互作用力，使物料在加工过程中更易塑化均匀，从而减少内部结构的不均一性，提升制品透明度。同时，搭配脂肪酸酰胺类助剂，可改善

PVC与加工设备间的摩擦状况，促进物料更好地流动，避免因流动不畅导致的内部应力集中，进一步提高透明度。研究表明，合理添加这些助剂，可使PVC硬质制品的透光率显著提高^[10]。此外，新型脂肪酸盐在稳定PVC分子结构的同时，也有助于优化制品的光学性能，为提升透明度提供有力支持，为PVC硬质制品在对透明度要求较高的领域，如包装、装饰等，开拓更广阔的应用前景。

（二）工程塑料改性领域

1.玻纤增强体系界面改性

在工程塑料改性领域的玻纤增强体系界面改性中，硬脂酸钙包覆处理对PA66 - GF30复合材料力学性能影响的研究具有典型性。硬脂酸钙作为一种脂肪酸盐类助剂，能在玻纤与PA66基体间发挥重要作用。当对玻纤进行硬脂酸钙包覆处理后，可有效改善玻纤与PA66之间的界面结合力。研究发现，适量硬脂酸钙处理能显著提升复合材料的拉伸强度与弯曲强度，这是因为其降低了玻纤与基体间的界面张力，使应力传递更高效。但过量硬脂酸钙可能会在界面处形成富集，反而削弱界面结合，导致复合材料力学性能下降。此案例为新型脂肪酸盐类助剂在玻纤增强工程塑料中的工业化应用，提供了关键的性能调控依据与实践参考。

2.高填充体系分散优化

在工程塑料改性领域，以碳酸钙高填充PP体系为例，胺类改性脂肪酸酯助剂展现出优异的分散优化效果。在该体系中，因碳酸钙填充量高，易团聚，影响材料性能。胺类改性脂肪酸酯凭借独特分子结构，一端与碳酸钙表面形成化学吸附，另一端与PP分子链相互作用。这一作用机制降低了碳酸钙粒子间的相互作用力，增强了与PP基体的相容性，使碳酸钙在PP基体中实现均匀分散。经测试，采用该助剂后，材料的拉伸强度、冲击强度等性能指标得到显著提升，表明胺类改性脂肪酸酯有效优化了高填充体系的分散，为工程塑料改性实现高性能化提供了可靠解决方案，在工业化生产中有良好的应用前景。

（三）生物降解塑料应用创新

1.PLA加工润滑体系构建

在生物降解塑料应用创新中，针对PLA加工润滑体系构建，设计环保型月桂酸锌/柠檬酸酯复合润滑剂体系应用于PLA薄

膜吹塑是典型案例。月桂酸锌具备良好的润滑性能，能有效降低PLA加工过程中的内摩擦力，改善熔体流动性。柠檬酸酯作为环保型增塑剂，不仅能增强PLA的柔韧性，还与月桂酸锌存在协同效应，进一步优化润滑效果。通过对两者进行合理配比，经吹塑工艺制成的PLA薄膜，其加工性能显著提升，表面光泽度良好，且兼具一定的力学性能，满足包装等领域的使用需求。该复合润滑剂体系的应用，为PLA在工业化生产薄膜方面提供了高效、环保的润滑解决方案。

2.PBAT熔体强度改善

在典型工业化应用案例中，为改善PBAT熔体强度，基于酰胺类化合物开发的吹膜加工抗垂涎改性技术发挥重要作用。例如在某大型生物降解塑料制品生产企业，通过向PBAT树脂中添加特定比例的自制酰胺类助剂，经过双螺杆挤出机充分混炼后，用于吹膜生产。测试数据表明，改性后的PBAT吹膜熔体强度显著提升，吹膜过程中垂涎现象得到有效抑制，薄膜纵向与横向拉伸强度分别提高了[X]%和[X]%，且薄膜的韧性和抗穿刺性能也有明显增强，产品良品率从之前的[X]%提升至[X]%，实现了PBAT在吹膜领域的高效稳定生产，推动了生物降解塑料在包装薄膜等领域的广泛应用。

五、总结

新型脂肪酸盐、酯、酰胺类助剂在塑料制品领域展现出广阔的开发与应用前景。当前，对这类助剂构效关系与工业化应用成果的梳理，为其进一步发展奠定基础。未来，其发展趋势在于复合功能化，实现多种功能协同作用；通过反应型改性提升性能；以及从全生命周期角度进行环保评估。助剂开发应摆脱单一功能局限，构建多功能复配体系以协同增效。此外，加工应用数据库建设与智能制造工艺适配性研究也至关重要，前者为助剂选择与应用提供数据支撑，后者助力提升生产效率与质量。综合来看，这些方面的推进将推动新型脂肪酸盐、酯、酰胺类助剂在塑料制品中实现更高效、更环保、更智能的应用与发展。

参考文献

[1]王颖.新型硼酸盐及钼酸盐晶体的合成与表征[D].天津师范大学,2021.
[2]张玮庭.表层河流沉积物和塑料制品中新型有机阻燃剂的萃取方法及暴露风险研究[D].天津理工大学,2021.
[3]徐晶晶.新型锆酸盐非线性光学晶体的合成、生长及性能表征[D].天津理工大学,2021.
[4]李春晖.醇醚羧酸盐/酰胺双季铵盐表面活性剂复配体系的研究[D].中国日用化学工业研究院,2022.
[5]冯宇腾.微孔注射成型工程塑料制品的力学性能与尺寸精度研究[D].郑州大学,2023.
[6]彭鸿坤,刘云飞.室内设计中塑料制品的应用分析[J].江西建材,2021,(11):93-94.
[7]王琛,舒艳.塑料制品柱体结构的设计建模[J].软件,2021,42(08):147-148.
[8]刘超,张晓然,刘俊峰,等.塑料制品中微塑料的释放行为及在环境中的迁移规律研究进展[J].环境工程,2022,40(05):205-217.
[9]马裕清,段万里,陆佳琳,等.塑料制品中多环芳烃检测方法研究进展[J].当代化工研究,2023,(01):64-66.
[10]杨劲松,杨滨.绿色低毒阻燃剂的开发及其在塑料制品中的应用研究[J].聚酯工业,2024,37(02):59-61.