

新型合成醇表面活性剂在厨房清洁应用中的研究

鲁旭，葛单玲，彭心怡

(巴斯夫新材料有限公司，上海，200137)

DOI:10.61369/CDCST.2025040012

摘 要：文章研究了不同的表面活性剂针对不同程度和类型的厨房油污的清洁能力。实验表明了表面活性剂的临界胶束浓度、动态表面张力和乳化能力是影响油脂去除能力的关键因素。特别是针对短时擦洗的应用场景，更高比例的游离表面活性剂和更快的作用速度可以有效提升配方的清洁力。而长时浸润清洁的场景下，临界胶束浓度和乳化能力则对油污的清洁影响更为显著。研究证明了新型非离子表面活性剂 Lutensol® NE 系列可以有效替代氧化胺，用于厨房油污清洁剂。

关 键 词：新型合成醇；非离子表面活性剂；厨房油污清洁

作者简介：鲁旭，硕士研究生，技术经理，研究方向为日化原料的开发和应用。E-mail: xu.lu@basf.com。



鲁旭

厨房是家庭烟火气的核心，却也最易被油污“侵占”。灶台缝隙藏污纳垢，油烟机油网黏腻难清，墙面瓷砖布满油膜，不仅影响美观，还易滋生细菌、产生异味。传统清洁方式需反复擦拭、耗时费力，部分清洁产品还存在刺激性气味，损伤皮肤和厨具的问题。兼顾清洁力、安全性与便捷性的油污清洁产品需求巨大。

为了达到足够的清洁力，传统厨房油污清洁剂往往需要复配表面活性剂、有机溶剂和强碱性物质。其中溶剂和强碱是此类洗涤剂刺激性气味和皮肤损伤的源头。市面上也有一些厨房清洁剂通过减少溶剂和碱的添加量，或使用替代原料来达到安全温和的目的。但是通常都会导致更高的成分和清洁力的牺牲。

文章旨在研究通过新型表面活性剂技术实现更少溶剂或者无溶剂以及更温和 pH 条件下的厨房油污清洁的可能性。

1. 实验部分

1.1 实验材料和仪器

1.1.1 实验材料

1.1.1.1 化学原料：

脂肪醇聚氧乙烯醚硫酸钠 (Texapon® N70, 巴斯夫)；

椰油酰胺丙基氧化胺 (Dehyton® P CAW, 巴斯夫)；

烷基氧化胺 (Dehyton® PL, 巴斯夫)；

脂肪醇聚氧乙烯醚 (Lutensol® A7N, 巴斯夫)；

合成醇聚氧乙烯醚 (Lutensol® XP 80, Lutensol® AO 8, Lutensol® NE 7, Lutensol® NE 9, Lutensol® NE 9 MAX, 巴斯夫)；

盐酸、单乙醇胺、二乙二醇单丁醚 (国药集团化学试剂有限公司)。

1.1.1.2 油污：

GB/T 35833 油污^[1]；餐厅后厨油烟机老化油。

1.1.2 实验仪器

耐洗刷测试仪 (TQC Sheen)；动态表面张力仪 (SITA T60)

1.2 实验方法

1.2.1 动态表面张力的测试

将 100mL 表面活性剂溶液转移至 100mL 测试瓶中，并浸入加热至 $(23 \pm 1)^\circ\text{C}$ 的水浴中。样品在水浴中平衡 30 分钟。然后将样品放入动态表面张力仪中进行测试。每个样品测试完成后，运行清洁程序，然后检查去离子水的表面张力，以确保设备充分清洁。如果去离子水测量值不在 $(72.0 \pm 1.0) \text{ mN/m}$ 范围内，则重新运行清洁程序。记录 23°C 下的表面张力 (mN/m) 与气泡寿命的关系。

1.2.2 乳化力的测试

配制 2% 的表面活性剂水溶液 15g，并滴加 0.04g 直接蓝 73 水溶液 (2.5g/L) 进行染色。加入 15mL 测试用植物油。在 1000r/min 的转速下，磁力搅拌 10min。将乳化液转移至量筒中，记录 5mL 水相分离所需的时间。

1.2.3 硬表面除油擦洗测试

取测试用油污均匀涂于待测试材质表面，将涂有油污的测试片在高温下老化 30 min，取出并冷却至室温，而后固定于耐洗刷测试仪上，滴加 4 mL 测试配方溶液进行刮擦测试，通过刮擦前后油污重量变化来评估测试配方的去油效率。

1.2.4 硬表面除油浸润测试

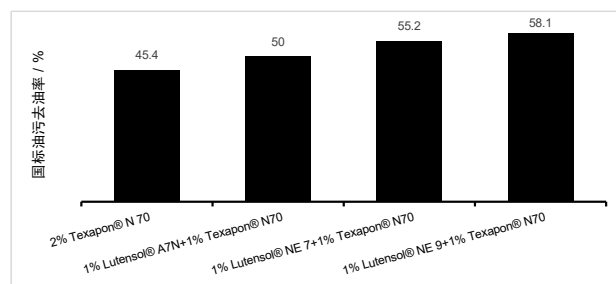
取测试用老化油污均匀涂于待测试材质表面，将涂有油污的测试介质在40℃静置8小时，使老化油污均匀分布在测试材质表面。取出并冷却至室温，而后滴加4 mL测试配方溶液浸润油污20 min。用水冲洗后，通过视觉观察和前后油污重量变化来评估测试配方的去油效率。

2. 结果与讨论

2.1 厨房轻油污的清洁评估

为了研究不同表面活性剂体系对于厨房轻油污的清洁效果，我们选用了GB/T 35833-2018中规定的油脂和淀粉的混合油污作为测试用污垢源。此油污经160℃老化30min后，可以代表中式厨房墙面、地面以及家电表面的典型的轻污垢。针对这类清洗场景，消费者一般选取喷涂洗涤剂后直接或者短暂等待后擦洗的方式。故而，我们选用了擦洗法来模拟这一过程。

如图1所示，我们分别对比了典型的阴离子表面活性剂Texapon® N70（SLES）、典型的非离子表面活性剂Lutensol® A7N（AEO）、基于合成醇的新型非离子表面活性剂Lutensol® NE 7和Lutensol® NE 9的复配物对国标混合油污的清洁力。结果显示Lutensol® NE 7或Lutensol® NE 9与SLES复配后，清洁力有明显提升，且优于其他表面活性剂体系。

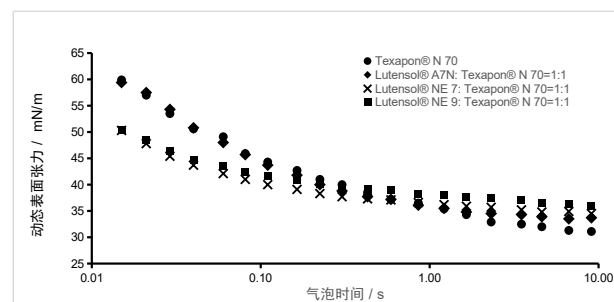


注：测试条件：GB/T 35833-2018油污涂敷于不锈钢测试片表面，160℃下老化30分钟；使用2%浓度的不同非离子表面活性剂溶液做擦洗测试。

图1 擦洗法：不同非离子表面活性剂与脂肪醇聚氧乙烯醚硫酸钠复配后对国标混合油污的去油率对比

为了解释相关表面活性剂复配后的清洁增益效果，我们尝试测量不同非离子表面活性剂对SLES的动态表面张力的影响。如图2结果显示，AEO对SLES的动态表面张力影响有限。而Lutensol® NE 7或Lutensol® NE 9使得SLES的表面张力在0.01s到1s气泡时间内明显下降。这表明了SLES的快速作用的能力得到了明显的提升，从而提升了配方向对污垢的快速渗透和剥离的能力以最终达到更好的清

洁力。



注：测试配方：1g/L 表面活性剂水溶液。

图2 不同非离子表面活性剂对脂肪醇聚氧乙烯醚硫酸钠的动态表面张力影响

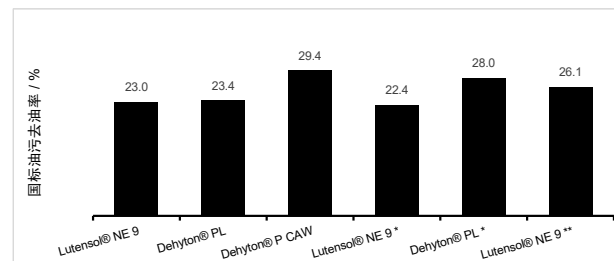
2.2 厨房一般油污的清洁评估

不同于厨房一般墙面、地面以及家电表面的轻污垢，灶台和灶台附近的台面以及墙面往往有老化程度更大的油污需要清洁。针对这一场景，我们选取了老化程度更高的国标混合油污（180℃下老化30min）作为清洁力评估的污垢源。

如图3所示，我们首先使用了1% 表面活性剂，3% 二乙二醇单丁醚和1.5% 单乙醇胺的典型配方体系，用来研究不同非离子表面活性剂对于国标混合油污的擦洗去油率。对于老化程度更高的混合油污，3.1中讨论的聚氧乙烯醚硫酸钠（SLES）和脂肪醇聚氧乙烯醚（AEO）类常规表面活性剂清洁力难以达到预期。氧化胺类两性表面活性剂需要引入清洁剂配方中。

图3的结果显示，椰油酰胺丙基氧化胺（Dehyton® P CAW）表现最优，Lutensol® NE 9和烷基氧化胺（Dehyton® PL）清洁力相当。如果将溶剂二乙二醇单丁醚的添加量从3%增加到6%，含有Lutensol® NE 9的配方清洁力没有变化，而含有Dehyton® PL的配方有进一步提升。

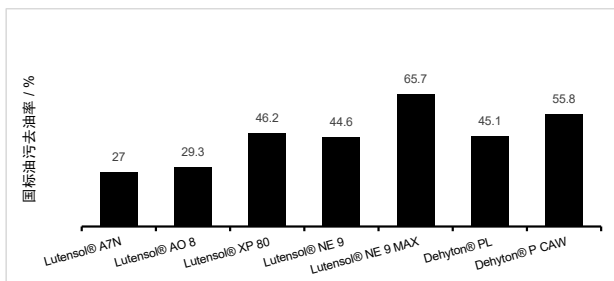
3%的Lutensol® NE 7和1%的Lutensol® NE 9复配后清洁力优于含有3%二乙二醇单丁醚的配方。表明短EO数的合成醇聚氧乙烯醚类表面活性剂具有类溶剂的特性。可以用作替代有机小分子溶剂的低VOC、温和、安全解决方案。



注：测试配方：1% 表面活性剂，3% 二乙二醇单丁醚，1.5% 单乙醇胺，并用盐酸溶液将pH调节至10；* 6% 二乙二醇单丁醚；** 3% Lutensol® NE 7替代二乙二醇单丁醚。测试条件：GB/T 35833-2018油污涂敷于不锈钢测试片表面，180℃下老化30分钟。

图3 擦洗法：不同非离子表面活性剂在1%浓度下，对国标混合油污的去油率对比

基于上述1%表面活性剂体系整体清洁力不足，去油率仅有20%~30%的情况，我们尝试将表面活性剂的含量增加到3%（图4）。同时，更多的不同醇头的非离子表面活性剂被用于清洁力的对比测试。



注：测试配方：3%表面活性剂，3%二乙二醇单丁醚，1.5%单乙醇胺，并用盐酸溶液将pH调节至10。测试条件：GB/T 35833-2018油污涂敷于不锈钢测试片表面，180℃下老化30分钟。

图4 擦洗法：不同非离子表面活性剂在3%浓度下，国标混合油污的去油率对比

如图4所示，Dehyton® P CAW，Dehyton® PL和Lutensol® NE 9的清洁力排序和图3中1%表面活性剂的结果一致。C10古伯特醇聚氧乙烯醚（Lutensol® XP 80）和新型合成醇聚氧乙烯醚（Lutensol® NE 9和Lutensol® NE 7）的清洁力明显优于线性C12/14醇聚氧乙烯醚（Lutensol® A7N）和低支化度C13/15醇聚氧乙烯醚（Lutensol® AO 8）。这表明具有一定支化度的异构醇聚氧乙烯醚具有更好的厨房混合油污清洁力^[2]。如图5所示，这得益于这类非离子表面活性剂相较于线性醇聚氧乙烯醚具有更高的临界胶束浓度（CMC）。更高的CMC代表测试溶液中更高比例的游离表面活性剂可以直接作用于污垢。同时，异构醇聚氧乙烯醚普遍具有更低的动态表面张力，特别是在0.1s到1s气泡时间情况下（见图6）。这表明了它们可以针对污垢快速渗透和剥离。更高比例游离表面活性剂和更快的作用共同提升了配方的短时擦洗清洁力。

与此同时，我们看到两种不同的氧化胺类表面活性剂虽然CMC较低，但也体现了较好的清洁力。其中Dehyton® PL的动态特性表现良好，这在一定程度上弥补了它CMC较低的问题。而Dehyton® P CAW则得益于优异的油脂乳化能力，特别是对国标混合油污中大豆油的乳化能力（见图7）。同时，Dehyton® P CAW的CMC值也仅低于支化异构醇聚氧乙烯醚，高于其他测试表面活性剂。

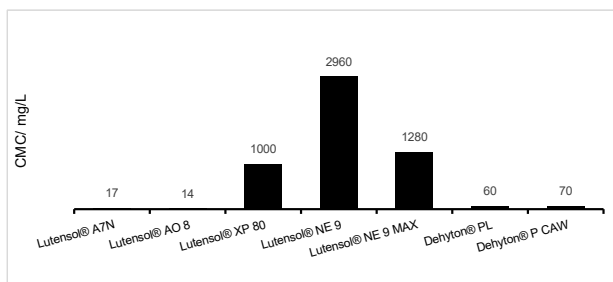
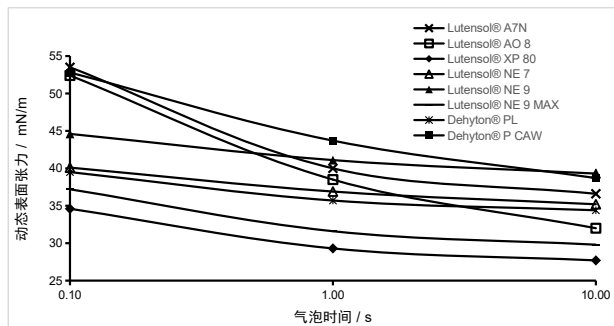


图5 不同表面活性剂的临界胶束浓度（CMC）



注：测试配方：1g/L表面活性剂水溶液。

图6 不同表面活性剂的动态表面张力

在所有表面活性剂中，如图7所示，新型合成醇烷氧基化合物（Lutensol® NE 9 MAX）表现最为突出。这是因为它集高CMC，高动态和高乳化（大豆油）能力于一身。兼顾了混合污垢清洁所需的关键物化特性。

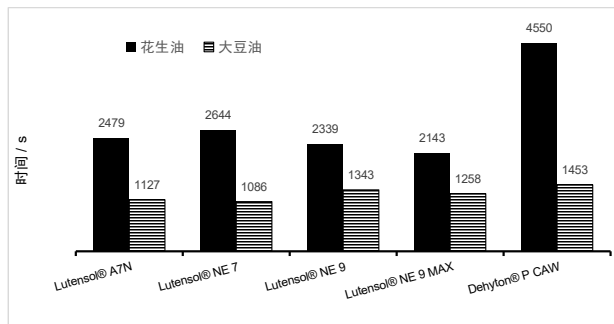


图7 不同表面活性剂的对植物油的乳化能力

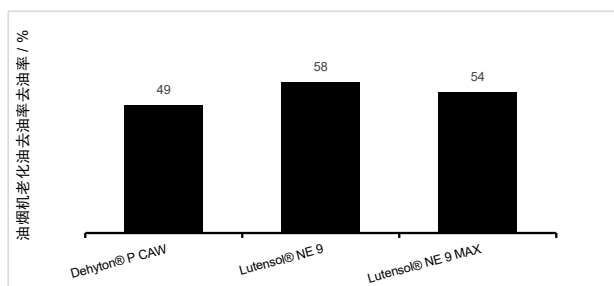
2.3 厨房重油污的清洁评估

厨房油烟机表面和内部过滤网以及烟道的老化油污是整个厨房清洁场景中最难以彻底清洁的顽固污垢。此类油污在经历强热和持续高温后老化，发生了三甘油酯的聚合化^[3]。主要表现为三甘油酯分子间的不饱和键通过过氧基团形成桥键，从而生成二聚体或聚合物。同时还存在二元酸参与的交联反应导致聚合。聚合后的油脂，分子量更大且伴有交联结构，导致黏度和附着能力增强，且更难通过表面活性剂和溶剂乳化与溶解。

针对这类油污的特点和所处位置,最理想的清洁手段应为将清洁剂以泡沫或者小液滴的方式喷附于油烟机外表面和进气口出,且通过油烟机持续运行将清洁剂吸进过滤网和进气道后对老化油脂进行浸润软化和剥离。

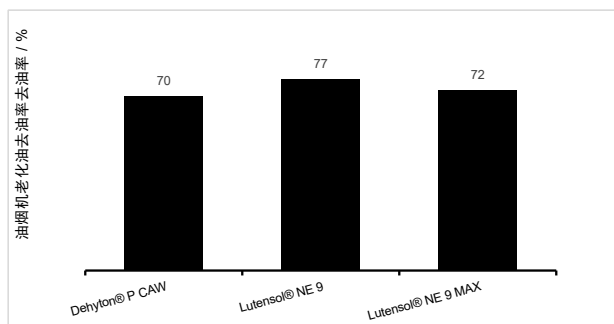
为此,我们使用了餐厅后厨收集的真实油烟机老化油作为清洁力评估的污垢源。并采用无强机械力的浸润法评估不同配方的清洁能力。

实验对比了 Dehyton® P CAW, Lutensol® NE 9 和 Lutensol® NE 9 MAX 三种表面活性剂的浸润去油能力。结果显示,三种表面活性剂在 3% 二乙二醇单丁醚, 3% 单乙醇胺和 pH 值约为 11.5 的配方中均体现出了较高的清洁力。且在 1% 和 3% 的表面活性剂浓度下清洁力的趋势一致(见图 8 和图 9)。Lutensol® NE 9 和 Lutensol® NE 9 MAX 的清洁力优于 Dehyton® P CAW。



注:测试配方:1% 表面活性剂,3% 二乙二醇单丁醚,3% 单乙醇胺,配方 pH 值约为 11.5。

图 8 浸润法:不同非离子表面活性剂在 1% 浓度下,对油烟机老化油的去油率对比



注:测试配方:3% 表面活性剂,3% 二乙二醇单丁醚,3% 单乙醇胺,配方 pH 值约为 11.5。

图 9 浸润法:不同非离子表面活性剂在 3% 浓度下,对油烟机老化油的去油率对比

考虑到此浸润法的作用时间为 20min,清洁剂成分有足够时间与老化油污作用。因此,动态能力的区别无法体

现在清洁力上。CMC 以及乳化能力成为影响清洁力的最主要因素。这解释了为什么 CMC 较高且有一定乳化能力的 Lutensol® NE 9 和 Lutensol® NE 9 MAX 清洁力最优。

3. 结论

本研究介绍了新型非离子表面活性剂 Lutensol® NE 系列在不同的厨房油污清洁场景中的应用。针对厨房轻污和一般油污的快速擦洗需求,异构合成醇的乙氧基或者烷氧基化合物相较于阴离子表面活性剂和线性非离子表面活性剂具有更高的 CMC 和更强的动态能力。因此更高比例的游离表面活性剂和更快的作用共同提升了配方的短时擦洗清洁力。

同时,把短 EO 的 Lutensol® NE 7 和长 EO 的 Lutensol® NE 9 复配可以替代传统溶剂二乙二醇单丁醚在配方中的作用。表明短 EO 数的合成醇聚氧乙烯醚类表面活性剂具有类溶剂的特性。

针对厨房油烟机表面、内部过滤网以及烟道的老化顽固油污,短时擦洗无法满足清洁力要求和油烟机内部清洁的需求。在较长时间的浸润下,动态能力不是影响清洁的重要条件。CMC 较高且有一定乳化能力的 Lutensol® NE 9 和 Lutensol® NE 9 MAX 清洁力表现最优。

本研究证明了新型非离子表面活性剂 Lutensol® NE 系列具有替代氧化胺,甚至二乙二醇单丁醚,用于厨房油污清洁的可行性。

参考文献

- [1] 全国食品用洗涤消毒产品标准化技术委员会. 厨房油污清洁剂: GB/T 35833-2018[S]. 北京: 中国标准出版社, 2018.
- [2] 王辉, 史非默, 孔玲玲, 等. 一种新型表面活性剂在家居清洁产品中的绿色解决方案研究[J]. 中国洗涤用品工业, 2024(8):51-60.
- [3] Takuya Tsutsui, Masahiko Natsuhara, Kaoru Yamada, et al. Oily Grime Formed on Hard Surfaces of Kitchen Appliances: Chemical Composition and Oxidation Mechanism[J]. J Surfact Deterg, 2007(10):53-59.

Research on the Application of Novel Synthetic Alcohol Surfactants in Kitchen Cleaning

Lu Xu, Ge Shan-ling, Peng Xin-yi

(BASF Advanced Chemicals Co.,Ltd.,Shanghai,200137)

Abstract : This study investigated the cleaning ability of different surfactants against kitchen grease and grime of varying degrees and types. Experiments showed that the critical micelle concentration (CMC), dynamic surface tension, and emulsifying ability of surfactants are key factors affecting grease removal. Particularly for short-duration scrubbing applications, more free surfactants and a faster reaction rate effectively enhance the cleaning power of the formulation. However, in long-duration immersion cleaning, CMC and emulsifying ability have a more significant impact on grease removal. This study demonstrates that the novel nonionic surfactant Lutensol® NE series can effectively replace amine oxides in kitchen cleaners for degreasing.

Keywords : novel synthetic alcohol; nonionic surfactants; kitchen grease cleaning

