

doi: 10.3969/j.issn.1004-275X.2022.08.10

复配表面活性剂在轮胎自洁素中的应用

林 凯

(上海喜赫精细化工有限公司, 上海 201620)

摘 要: 研究了汽车轮胎免擦清洁的表面活性剂的复配配方。通过正交实验和单因素试验, 确定了无磷乙二胺二邻苯基乙酸钠、喜赫 PO 嵌段 FMEE、伯烷基磺酸钠、喜赫 FMES、二乙醇胺、三氯乙烯、硼砂、6501 复配环保型低碱轮胎自洁素的质量配比 (= 3:3:2:1:1.2:1.2:0.4:0.4), 并应用于洗车店实际洗车。将自洁素工作液直接喷涂轮胎, 静置 3 ~ 5 min 后即可用清水冲洗, 除前车轮轮毂严重的锈斑需要人工擦拭外, 其它污垢清洗均符合要求。

关键词: 汽车轮胎; 轮毂; 表面活性剂

中图分类号: TQ423 **文献标识码:** A **文章编号:** 1004 - 275X (2022) 08 - 0036 - 04

The Application for Tire Self - cleaning Compound with a Mixture of Different Surfactants

Lin Kai

(Shanghai Xihe Fine Chemical Co., Ltd., Shanghai 201620, China)

Abstract: The compound formula of the surfactant for frictionless cleaning of the wheel was studied. The optimal proportion of non - phosphorus EDDHA - Na: PO end - capped FMEE: PAS: FMES: diethanolamine: trichloroethene: borax: 6501 = 3:3:2:1:1.2:1.2:0.4:0.4 by orthogonal experiment and the single factor experiment, and applied to the actual car wash in the car wash. The frictionless cleaning agent is sprayed directly on the tire, then the tire can be washed with clean water after 3 - 5 minutes. The cleaning result is satisfied in addition to the serious rust spot of front wheel, which needs to be wiped manually.

Key words: tires; wheel hub; surfactant

近年来, 随着高档车辆的增加, 以及轮毂个性化的发展, 轮毂越来越美观, 轮胎的清洗也越来越重要。汽车轮胎在行进过程中, 不仅受到路面尘埃、泥沙、尾气等污垢的污染, 汽车在采取制动的过程中, 刹车片与刹车盘之间也因摩擦产生大量的金属粉末并由于静电作用吸附在轮毂表面。这些金属粉末、路面灰尘、车辆刹车油等污垢, 在高温条件下, 逐渐与轮毂粘合在一起, 形成坚固的黑灰、黄色污渍, 清洗难度也就随之增加, 特别是前轮, 往往需要大量的手工擦拭, 费时费力^[1]。

轮胎自洁素, 可以尽最大可能实现对轮胎的免擦清洗, 既能防止轮毂擦伤, 也能节省大量人工, 提高工作效率^[2]。为了实现轮胎的免擦清洗, 需要通过多种表面活性剂原料, 复配出一种强力清洗剂, 能够在不腐蚀破坏轮毂镀膜的前提下, 将轮胎、轮毂、刹车片的污垢清洗干净, 特别是针对轮毂和刹车片上的铁粉, 要有较强的清洗能力。喜赫 PO 嵌段脂肪酸甲酯乙氧基化物 FMEE 及其磺酸盐 FMES 具有良好的乳化作用, 适用于低温条件下对沥青、泥土等杂质的清洗, 同时具有优异的分散作用, 可以将污垢、铁灰膨胀松动有利于高压水枪的清洗^[3]。将 FMEE 和 FMES 作为汽车清洗剂的清洗剂成分, 复配阴离子型渗透剂

伯烷基磺酸钠、烷基醇酰胺 6501、铁灰去除剂无磷乙二胺二邻苯基乙酸钠, 并通过正交实验确定了 5 种原料的最佳配比。

1 实验部分

1.1 主要试剂与仪器

PO 嵌段 FMEE、FMES、无磷乙二胺二邻苯基乙酸钠 EDDHA - Na、伯烷基磺酸钠 PAS - 80, 均为工业级, 上海喜赫精细化工有限公司; 6501、斯盘 - 60, 工业级, 上海清奈实业有限公司; 沥青、润滑油, 上海意特玛莎拉蒂 4S 店维修部提供; 硼砂、二乙醇胺、三氯乙烯, 分析级, 国药集团化学试剂有限公司; 铝合金片 10 cm × 20 cm × 0.6 cm, 苏州华鲁金属制造有限公司; 纳米铁粉, 上海允复纳米科技有限公司。

XPR 精密电子天平, 梅特勒 - 托利多; 小型高压喷淋清洗机 SL5L, 深圳市三莉科技有限公司; 龙卷风泡沫枪、高压喷水枪, 上海路畅洗车场。

1.2 油污试片的制备与测试方法

1) 铝合金油污的配制

将沥青、润滑油、斯盘 60、纳米铁粉、水泥粉和少量石墨碳粉、自来水混合搅拌均匀, 备用。将准备

好的铝合金试片准确称质量 m_0 ，浸入人造混合污垢中静置 5 min，取出后烘箱 180 °C 烘烤 1 h 并准确称质量 m_1 。

2) 清洁率

清洗后的试片，80 °C 烘干，室温保持 24 h 后称质量为 m_2 。清洁率的计算公式：

$$\text{清洁率} = [1 - (m_2 - m_0) / (m_1 - m_0)] \times 100\%$$

3) 泡沫测试

用 3 MPa 高压泡沫枪，将配好的工作液喷泡在车身表面，秒表计算泡沫消失的时间。

1.3 清洁工艺

将铝合金试片平放在配好的清洗液中，静置 60 s，取出沥干后，放于小型喷淋试验机喷淋区，常温自来水喷淋，压力 0.3 MPa，前后对喷循环喷淋 2 min，取出铝合金片，用热风吹干。

1.4 轮胎清洗工艺

将轮胎自洁素按 1:3（质量比）兑水稀释，加入喷壶中，直接喷洒在轮胎要清洁的部位并停留 1 ~ 3 min 后用高压清洗枪对被洗车辆进行冲刷，高压泵

的压力保持 10 MPa，水枪水流量 15 ~ 20 L/min，高压水枪的扇形角 20°，冲洗干净即可。

2 实验内容

2.1 正交试验因素水平的确定

喜赫 PO 嵌段 FMEE 具有低温除油污性能好，泡沫低易漂洗的特点，分子链结构中有末端甲基和引入的环氧丙烷甲基，多个极性甲基基团可同步吸附于油污污垢分子表面，将油污彻底清洗。喜赫 FMES 对沥青和积碳的清洗力较强，并有优异的分散性，有利于溶胀轮毂表面的静电灰。伯烷基磺酸钠能提高清洗体系的渗透力，能帮助工作液渗透入硬表面和污垢的结合处，对污垢起到剥离作用^[4]。无磷乙二胺二邻苯基乙酸钠对铁灰和锈迹有明显的去除效果，可以有效的螯合工作液中的金属离子，溶解沉积于车身表面不溶于水的金属皂盐^[5]。以喜赫 PO 嵌段 FMEE、FMES、伯烷基磺酸钠、无磷乙二胺二邻苯基乙酸钠为因素，确定了正交试验因素水平，如表 1。测试结果与极差分析见表 2。

表 1 正交试验因素水平表

水平	因素 / g · L ⁻¹			
	FMEE 用量(A)	FMES 用量(B)	伯烷基磺酸钠用量(C)	乙二胺二邻苯基乙酸钠(D)
1	5	5	5	5
2	10	10	10	10
3	15	15	15	15

表 2 正交实验结果

项目	A	B	C	D	清洁率 / %
1	5	5	5	5	47.18
2	5	10	10	10	56.66
3	5	15	15	15	62.32
4	10	5	10	15	67.50
5	10	10	15	5	58.71
6	10	15	5	10	63.93
7	15	5	15	10	66.63
8	15	10	5	15	71.15
9	15	15	10	5	51.29
K_1	55.387	60.437	60.753	52.393	
K_2	63.380	62.173	58.483	62.407	
K_3	63.023	59.180	62.553	66.990	
R	7.993	2.993	4.070	14.597	

2.2 各因素对清洁率的影响

由表 2 可知，对清洁率的影响因素排序为无磷乙二胺二邻苯基乙酸钠 > 喜赫 PO 嵌段 FMEE > 伯烷基磺酸钠 > 喜赫 FMES。无磷乙二胺二邻苯基乙酸钠 EDDHA - Na 的对铁离子螯合性能优异，铁离子螯合值为 100 mg/g，分子结构中含有 2 个配位体，可以与铁离子形成稳定的六元环状结构络合物，消除非水溶性的铁粉的极性，将铁粉转变为亲水性，快速溶解刹车粉与道路污垢，提高轮毂的光亮度，无磷乙二胺二邻苯基乙酸钠对轮毂表面的薄层致密污垢清洗影响因素最大。喜赫 PO 嵌段 FMEE 为十八碳长碳链结构^[6]，与各种油污有相似的碳链结构。根据相似相溶原理，FMEE 对油污有优异的增溶作用，在低温条件下更容易清洗矿物油。轮毂或轮胎表面的污垢一般是各种颗粒污垢与油污形成的拒水混合体，随着油污的乳化分解，车身的污垢也被随之彻底清洗^[7]。因此，具有优异的除油性能的 FMEE 对车辆清洗影响也较大。伯烷基磺酸钠渗透力出众，协助清洗工作液沿污垢边缘进

入轮胎表面的泥沙或污垢与轮毂表面的结合处,降低污垢在硬表面的附着力,对各种污垢有卷离作用。喜赫 FMES 主要是对轮胎上的积碳、沥青和难以清除的柏油有很好的去除效果^[8]。

通过正交实验,无磷乙二胺二邻苯基乙酸钠与喜赫 PO 嵌段 FMEE 对净洗性能影响最明显,伯烷基磺酸钠和 FMES 次之,参考表 2 中的 8 号实验,无磷乙二胺二邻苯基乙酸钠用量 15 g/L,喜赫 PO 嵌段 FMEE 用量 15 g/L,喜赫 FMES 用量 10 g/L,伯烷基磺酸钠用量 5/L,能获得最高的清洁率,清洁率为 71.15%。根据上述用量,将无磷乙二胺二邻苯基乙酸钠、喜赫 PO 嵌段 FMEE、伯烷基磺酸钠、喜赫 FMES 四种原料按照 3:3:2:1 复配制得免擦洗车液的表面活性剂组分 A,进一步与碱剂、助洗剂、溶剂复配提高免擦清洗效果。

2.2.1 碱剂用量对清洁率的影响

表面活性剂的活性随使用温度的升高相应提升。洗车是在常温条件下进行,特别是在寒冷的冬季,洗车液的温度很低,单靠表面活性剂很难彻底将污垢清洗干净,都会辅以碱性物质提高清洗效果。过多的使用强碱,如氢氧化钠、氢氧化钾,会损伤轮毂表面镀层等外饰。特别是对高档车型和个性化轮毂伤害更为严重。为了减少对轮毂的伤害,选择二乙醇胺作为碱剂。二乙醇胺碱性弱,具有缓蚀与防锈作用,不仅能保护轮毂^[9],也是性能优异的铝合金增亮剂,使轮毂清洗后发光发亮。二乙醇胺与复配的表面活性剂 A 共同应用于清洗工艺,参照工艺 1.3,分析二乙醇胺的用量对复配表面活性剂 A 净洗效果的影响。

通过图 1 可知,二乙醇胺有一定的助洗效果,随着二乙醇胺用量的提高,工作液碱性越强,清洁率相应提高,当二乙醇胺用量超过 6 g/L 后,清洁率相对稳定,提升不明显。由此可知,二乙醇胺的最佳用量为 6 g/L。

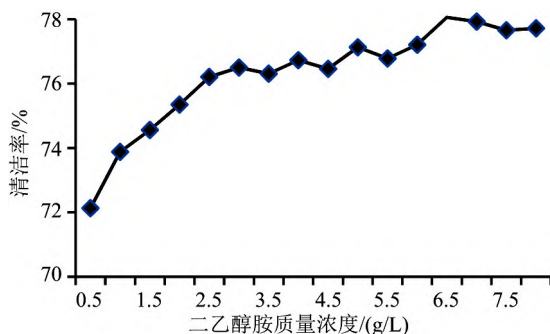


图 1 二乙醇胺用量对清洁率的影响

2.2.2 溶剂对清洁率的影响

在轮胎清洗工艺中,不仅工作液温度低,整个清洗时间仅有几分钟,需要借助溶剂来降低轮毂表面的表面张力,减弱污垢与硬表面的结合力,同时溶剂对

牢固硬化的污垢,特别是对金属粉末有很好的溶胀作用,因此针对于轮毂清洗工艺,溶剂必不可少。溶剂三氯乙烯在常温条件下不仅对轮毂有很好的清洗作用,对天然橡胶有较强的溶解能力,可以使轮胎焕然一新,轮胎清洗后发黑发亮。选择溶剂三氯乙烯作为与复配的表面活性剂 A 共同应用于清洗工艺,参照工艺 1.3,分析溶剂三氯乙烯的用量对复配表面活性剂 A 净洗效果的影响。

通过图 2 可知,三氯乙烯用量 0~3 g/L,清洁率随乙二醇丁醚用量增加相应提高比较明显,当三氯乙烯用量 3~6 g/L 后,清洁率提升缓慢,三氯乙烯用量超过 6 g/L 后,清洁率几乎保持不变。由此可知,三氯乙烯的最佳用量为 3 g/L 即可,过多的添加溶剂三氯乙烯,不仅不会提高净洗率,也会导致成本提高。

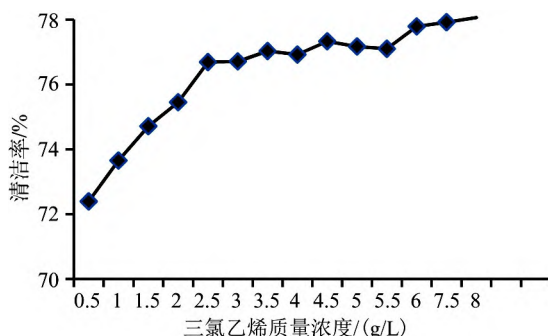


图 2 溶剂三氯乙烯用量对清洁率的影响

2.2.3 助洗剂对清洁率的影响

助洗剂可以协助表面活性剂更好的乳化分散和悬浮污垢。在轮胎清洗工艺中,硼砂是一种性能优异的助洗剂。硼砂可以去除氧化铁皮,对轮毂或刹车盘上的锈迹、氧化铁粉有很好的清洗效果。硼砂也可以在轮胎或轮毂表面形成一层可增强紫外线的透射率的薄膜,提高轮胎的光亮性。选择硼砂作为助洗剂与复配的表面活性剂 A 共同应用于清洗工艺,参照工艺 1.3,分析硼砂的用量对复配表面活性剂 A 净洗效果的影响。

通过图 3 可知,助洗剂硼砂用量 0~2 g/L,清洁率随助洗剂硼砂用量增加相应提高比较明显,当助洗剂硼砂用量超过 2 g/L 后,清洁率提升缓慢,几乎没有变化,因此将助洗剂硼砂的用量确定为 2 g/L。

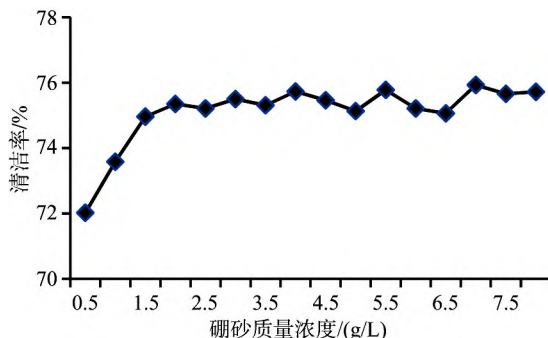


图 3 硼砂的用量对清洁率的影响

2.2.4 泡沫对清洁率的影响

泡沫对轮胎自洁素清洗效果影响较大, 泡沫过低, 虽然易于漂洗, 会导致工作液无法在轮胎表面挂壁停留, 形成汇流滴落地面, 造成工作液的浪费^[10]; 另一方面, 泡沫过高也不利于免擦清洗, 工作液大量形成稳固的泡沫, 并没有接触轮胎表面, 随即被清水冲走也会降低自洁素的利用率。因此免擦轮胎清洗工艺对泡沫的要求是不能无泡, 但要求泡沫在 100 s 内逐步消失, 从而将清洗液缓慢的释放在轮胎表面, 对清洗液充分的利用, 最终形成的无泡工作液也有利于清水的冲洗。以烷基醇酰胺 6501 作为泡沫调整剂, 按照 1.2.2 测试方法, 分析了 6501 的用量对表面活性剂 A 组分泡沫持续时间的影响, 并确定最佳的 6501 用量, 将轮胎清洗工作液体系的泡沫调整为 100 s 内消失, 适合轮胎自洁素清洗的工艺条件。

由图 4 可知, 表面活性剂 A 体系的泡沫较低, 主要原因是 PO 嵌段 FMEE 和 FMES 都属于低泡沫表面活性剂, 加入 6501 后, 泡沫增多, 6501 具有优异的增泡和稳泡效果, 当 6501 用量 2 g/L 时, 整个体系的泡沫 100 s 左右彻底消失, 符合免擦清洗的要求。

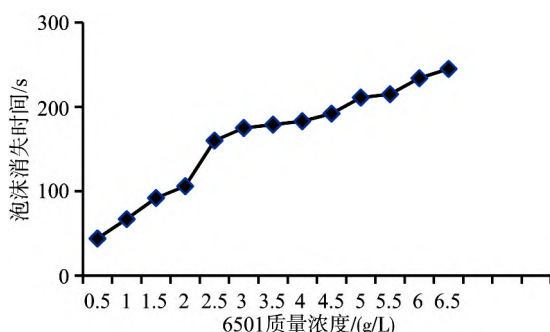


图 4 6501 的用量对泡沫的影响

通过测试与分析二乙醇胺、三氯乙烯、硼砂用量对净洗率的影响以及 6501 的用量对泡沫的影响, 最终确定了轮胎自洁素的原料配比为 $m(\text{无磷乙二胺二邻苯基乙酸钠}) : m(\text{喜赫 PO 嵌段 FMEE}) : m(\text{伯烷基磺酸钠}) : m(\text{喜赫 FMES}) : m(\text{二乙醇胺}) : m(\text{三氯乙烯}) : m(\text{硼砂}) : m(6501) = 3:3:2:1:1.2:1.2:0.4:0.4$, 将上述几种原料按照该比例配制成固含量 20% 的轮胎自洁素, 在洗车店进行实际应用测评, 按照 1.4 洗车工艺流程, 共清洗各种轿车 100 辆, 洗车工目测评价合格率为 90% 以上, 并得到一些免擦洗轮胎提高清洁率的经验, 如喷泡沫之前不可预洗轮胎, 经过预洗的车辆最

终的洗车效果均不理想, 喷泡沫之前要尽可能的保持轮胎面的干燥。

3 结论

1) 无磷螯合剂乙二胺二邻苯基乙酸钠 EDDHA - Na 对硬表面免擦拭清洗效果的影响最大, 通过正交实验和单因素试验确定表面活性剂、碱剂、助洗剂、溶剂、泡沫调整剂的最佳配比为 $m(\text{无磷乙二胺二邻苯基乙酸钠}) : m(\text{喜赫 PO 嵌段 FMEE}) : m(\text{伯烷基磺酸钠}) : m(\text{喜赫 FMES}) : m(\text{二乙醇胺}) : m(\text{三氯乙烯}) : m(\text{硼砂}) : m(6501) = 3:3:2:1:1.2:1.2:0.4:0.4$ 。

2) 将自配轮胎自洁素应用于洗车店实际轮胎清洗, 轮胎清洗之前不能预洗, 直接喷轮胎自洁素工作液, 静置 3 ~ 5 min 后即可用清水冲洗, 除前车轮严重的锈斑需要人工擦拭, 其它污垢清洗均符合要求, 适用于高档车型的轮胎清洗。

参考文献:

- [1] 闻正. 清洗轮胎有妙招 [J]. 中国轮胎资源综合利用, 2016 (10): 31.
- [2] 吴朝阳. 汽车轮胎清洗机 [J]. 现代营销, 2004(11): 27.
- [3] 徐铭勋. 脂肪酸甲酯乙氧基化物及其磺酸盐的生产技术与应用 [J]. 化学工业, 2012(30): 30-32.
- [4] 鲍文杰, 乔建江. 环保水基渗透剂的开发及性能优化 [J]. 工业安全与环保, 2019, 45(3): 79-83.
- [5] 于兴凯, 卫杰刚, 左建民. 乙二胺二邻苯基乙酸钠的合成以及在皂洗中的应用 [J]. 染整技术, 2012(9): 35-38.
- [6] 唐安喜. 低泡沫环氧丙烷封端 FMEE 的合成与性能研究 [J]. 精细与专用化学品, 2022, 30(3): 38-42.
- [7] 唐安喜. 二元催化剂在脂肪酸甲酯乙氧基化物 FMEE 合成中的应用 [J]. 中国洗涤用品工业, 2022(2): 34-39.
- [8] 王琛, 卢吉超. 马来酸酐-丙烯酸共聚物/FMES 二元体系在皂洗中的应用 [J]. 印染, 2022, 48(3): 50-52.
- [9] 付东, 钟智坤, 吕建燧, 等. 二乙醇胺水溶液的表面张力研究 [J]. 华北电力大学学报, 2010, 37(6): 81-84.
- [10] 贾路航. 表面活性剂的复配及其在除油清洗中的应用 [J]. 天津化工, 2013, 27(6): 24-27.

收稿日期: 2022-04-26

作者简介: 林凯 (1992-), 男, 上海人, 硕士, 上海喜赫精细化工有限公司车用化学品研发经理。