DOI: 10.3969/j.issn.1674 - 5663.2015.03.008

一种环保型血清分离胶用有机硅清洗剂的研制

龙湘南[1]，胡文斌[1*]，胡兵安[2]，龚红升[3]，贾振宇[1]，刘其海[1]，周新华[1]
(1. 仲恺农业工程学院 绿色化工研究所，广东 广州 510225；2. 韶关市杰安科创生物科技有限公司，广东 韶关 512032；3. 中山大学 惠州研究院，广东 惠州 516081)

摘要： 将自制的非离子型 FAE - 48 聚醚改性硅油与 D - 500 聚醚改性硅油混合，并加入阴离子 HPETS 羧酸封端有机硅表面活性剂和助剂 F68 聚醚进行复配，制得用于清洗血清分离胶的一种新型清洗剂. 通过单因素实验法与 $L_9(3^4)$ 正交实验法的优化，得到最佳原料配方：FAE - 48 聚醚改性硅油 32.00 g，D - 500 聚醚改性硅油 12.00 g，阴离子 HPETS 羧酸封端有机硅表面活性剂 8.00 g，F68 聚醚 2.00 g. 结果表明：该清洗剂对血清分离胶洗净率达到 98.99%，碱性条件下稳定，不易燃.

关键词： 血清分离胶；有机硅；清洗剂
中图分类号： TQ649.6 **文献标志码：** A **文章编号：** 1674 - 5663(2015)03 - 0031 - 05

The preparation of an environmentally friendly organic silicone cleaning agent for serum separating gel

LONG Xiangnan[1], HU Wenbin[1*], HU Binan[2], GONG Hongsheng[3], JIA Zhenyu[1], LIU Qihai[1], ZHOU Xinhua[1]
(1. Institute of Green Chemical Engineering in Zhongkai University of Agriculture and Engineering, Guangzhou 510225, China;
2. Shaoguan Jiean Biological Technology Co., Ltd., shaoguan 512035, China;
3. Huizhou Research Institute of Sun Yat-sen University, Huizhou 516081, China)

Abstract: In the presence of adjuvant F68 polyether, a novel cleaning agent for serum separating gel was studied, which was prepared by mixing self-made non-ionic FAE - 48 polyether modified silicone, D - 500 polyether modified silicone oil, and anionic HPETS carboxylic acid terminated organosilicon surfactant. Through the single factor test and $L_9(3^4)$ orthogonal experiment method, the optimal proportion was ascertained as follows: non-ionic FAE - 48 polyether modified silicone 32.00 g, D - 500 polyether modified silicone oil 12.00 g, anionic HPETS carboxylic acid terminated organosilicon surfactant 8.00 g, and F68 polyether 2.00 g. The cleaner performance test result suggested that the detergency of cleaning agent for serum separating gel reached up to 98.99%, stable and nonflammable in alkaline environment.

Key words: serum separating gel; organic silicon; cleaning agent

血清分离胶是一种具有疏水性能和触变性能的惰性黏性流体，其密度在血清密度与血液有形成分密度之间，能够将血清与其他血液有形成分隔开. 由于其具有气密性好、透明度高、呈惰性等优良性能，现已被广泛应用于现代生物医学临床检测领域[1-3]. 在实际应用中，血清分离胶技术仍然存在一些不足，如：分离胶对反应杯污染速度快，且污染后难清洗，容易导致检测仪器停机[4]等. 因此，绿色环保、清洗力强的血清分离胶用清洗剂的研制成为目前迫切需要解决的问题[5-9].

目前市场上有几种血清分离胶用清洗剂在售，但它们均存在污染环境、易燃和使用不方便等缺

收稿日期：2015 - 06 - 30
基金项目：国家自然科学基金(21746272)、广州市科技计划(2014J4100011)、韶关市科技计划(韶财教(2013)99 号)和广东省教育厅科技创新计划(2013KJCX106)资助项目.
作者简介：龙湘南(1991 -)，女，湖南常德人，在读硕士研究生. * 通信作者：E-mail: wbhu2000@163.com

?1994-2015 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

点[10-11]. 与之相比，有机硅表面活性剂具有超低的界面张力和对人体无毒、温和的性能，使其能够被广泛应用于日化、纺织、塑料、涂料和农业化学品等领域[12]. 国内关于有机硅表面活性剂用作清洗剂的研究报道主要围绕油污清洗剂的配方研制[13-14]，或者有关洗涤助剂[15]的研究，而关于非离子型改性硅油为主要成分复配的报道较为鲜见. 因此，从环保与经济可持续发展的角度，研制出对环境友好且高效的血清分离胶用有机硅清洗剂成为目前科研工作者的研究方向[16]. 作者将非离子型 FAE-48 聚醚改性硅油[17-18]与非离子型 D-500 聚醚改性三硅氧烷表面活性剂和阴离子型有机硅表面活性剂[19]进行复配，应用于市场上血清分离胶 A 的清洗率测试中，通过对各个成分调整配比得到最佳配方，希望能够为环保型血清分离胶清洗剂的开发与应用提供参考.

1 实验部分

1.1 原料

非离子型 D-500 聚醚改性三硅氧烷表面活性剂，工业品，广州市聚成兆业有机硅原料有限公司；F68 聚醚，工业品，扬州市晨化科技集团有限公司；血清分离胶 A，上海市励犇实业有限公司.

非离子型 FAE-48 聚醚改性三硅氧烷表面活性剂参照文献[17-18]的方法制备.

阴离子型 HPETS 羧酸封端有机硅表面活性剂参照文献[19]的方法制备.

1.2 仪器

Ployblock4 平行反应站，英国赫尔有限公司；JJ1000 分析天平，常熟市双杰测试仪器厂；XT-4 电热鼓风干燥箱，吴江市新田烘箱厂.

1.3 方法

1.3.1 单因素实验 将一定份量的非离子型 FAE-48 聚醚改性三硅氧烷表面活性剂、非离子型 D-500 聚醚改性三硅氧烷表面活性剂加入到 Ployblock4 平行反应站中，45 ℃恒温，继续加入阴离子型 HPTES 羧酸封端有机硅表面活性剂和助剂 F68 聚醚，搅拌均匀，得到无色透明的清洗剂原液. 用清洗剂原液对市售的血清分离胶 A 进行清洗实验.

1.3.2 正交实验 采用单因素实验中得到的最佳配比点及附近的点进行四因素三水平的正交实验，最终得到最佳配比.

1.4 清洗能力测试

取石英玻璃比色杯 1 只，用无水乙醇洗涤后吹干，测定吹干后称其比色杯的质量为 m_0；向比色杯涂上少许分离胶 A，称其质量为 m_1；再将其分别放入装有 40 mL 清洗剂原液的烧杯中，用蒸馏水稀释至 400 mL，左右振荡 50 次，静置 5 min，在 70 ℃真空干燥箱中干燥 20 min，冷却至室温，称其质量为 m_2，根据下面的公式算出洗净率[20].

$$\text{分离胶 A 洗净率} = (m_1 - m_2)/(m_1 - m_0) \times 100\%$$

清洗实验均做 3 次平行实验，取平均值.

2 结果

2.1 非离子型 FAE-48 聚醚改性三硅氧烷表面活性剂加入量对清洗剂洗净率的影响

非离子型 FAE-48 聚醚改性三硅氧烷表面活性剂的用量对血清分离胶的洗净率有较大影响. 随着非离子型 FAE-48 聚醚改性三硅氧烷表面活性剂加入量的不断增大，血清分离胶 A 的洗净率由 68.22% 增加到 98.97%，增长了 30.75%，这是由于非离子型 FAE-48 聚醚改性三硅氧烷具有较低的表面张力，可以迅速地浸入血清分离胶与比色杯的接触面，将血清分离胶从接触面剥离（表 1）.

表 1 FAE-48 聚醚改性三硅氧烷表面活性剂对清洗剂洗净率的影响[1)]

Table 1 Effect of FAE-48 polyether modified trisiloxane surfactant on detergency

项目 Item	非离子型 FAE-48 聚醚改性三硅氧烷表面活性剂 Non-ionic FAE-48 polyether modified silicone/g						
	0.00	8.00	16.00	24.00	32.00	40.00	48.00
洗净率 Detergency/%	68.22	87.34	92.01	95.23	98.97	98.82	98.93

1) 非离子型 D-500 聚醚改性三硅氧烷表面活性剂 12.00 g，阴离子型 HPETS 羧酸封端有机硅表面活性剂 10.00 g，F68 聚醚 3.00 g.
D-500 polyether modified silicone oil 12.00 g, anionic HPETS carboxylic acid terminated organosilicon surfactant 10.00 g, F68 polyether 3.00 g.

2.2 非离子型 D-500 聚醚改性三硅氧烷表面活性剂加入量对清洗剂洗净率的影响

随着非离子型 D-500 聚醚改性三硅氧烷表面活性剂的加入，有助于提高血清分离胶的洗净率. 相比于不加入，血清分离胶 A 洗净率由 78.05% 提高到了 98.97%，这可能是因为非离子型 D-500

?1994-2015 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

聚醚改性三硅氧烷也具有较低的表面张力，在清洗过程中，不仅充当了消泡剂的角色，而且在一定程度上提高了去污能力（表 2）.

表 2　D－500 聚醚改性三硅氧烷表面活性剂对洗净率的影响[1)]

Table 2　Effect of D－500 polyether modified trisiloxane surfactant on detergency

项目 Item	非离子型 D－500 聚醚改性三硅氧烷表面活性剂 D－500 polyether modified silicone oil/g						
	0.00	4.00	8.00	12.00	16.00	20.00	24.00
洗净率 Detergency/%	78.05	92.03	95.46	98.97	98.88	98.96	98.84

1) 非离子型 FAE－48 聚醚改性三硅氧烷表面活性剂 32.00 g，阴离子型 HPETS 羧酸封端有机硅表面活性剂 10.00 g，F68 聚醚 3.00 g. Non-ionic FAE－48 polyether modified silicone 32.00 g，anionic HPETS carboxylic acid terminated organosilicon surfactant 10.00 g，F68 polyether 3.00 g.

2.3　阴离子型有机硅表面活性剂加入量对清洗剂洗净率的影响

阴离子型 HPETS 羧酸封端有机硅表面活性剂用量对血清分离胶的洗净率有较大影响. 随着加入量的增多，分离胶的洗净率都出现了明显的递增现象，这是因为在洗涤过程中，接触面一般带负电，而阴离子表面活性剂可以在润湿接触面时形成亲水型表面，有利于洗涤（表 3）.

表 3　阴离子型有机硅表面活性剂对清洗剂洗净率的影响[1)]

Table 3　Effect of anionic organosilicon surfactant on detergency

项目 Item	阴离子型 HPETS 羧酸封端有机硅表面活性剂 Anionic HPETS carboxylic acid terminated organosilicon surfactant/g						
	0.00	2.00	4.00	6.00	8.00	10.00	12.00
洗净率 Detergency/%	86.22	95.17	95.89	97.02	98.85	98.97	98.32

1) 非离子型 FAE－48 聚醚改性三硅氧烷表面活性剂 32.00 g，非离子型 D－500 聚醚改性三硅氧烷表面活性剂 12.00 g，F68 聚醚 3.00 g. Non-ionic FAE－48 polyether modified silicone 32.00 g，D－500 polyether modified silicone oil 12.00 g，F68 polyether 3.00 g.

2.4　F68 聚醚加入量对清洗剂洗净率的影响

F68 聚醚加入量对清洗剂的清洗率影响不大，血清分离胶洗净率均能达到 90% 以上，这也说明非离子型 FAE－48 聚醚改性三硅氧烷表面活性剂、非离子型 D－500 聚醚改性三硅氧烷表面活性剂和阴离子型 HPTES 羧酸封端有机硅表面活性剂的用量对清洗剂清洗力度的影响更大一些，F68 聚醚起到助剂的作用（表 4）.

表 4　F68 聚醚对清洗剂洗净率的影响[1)]

Table 4　Effect of F68 polyether on detergency

项目 Item	F68 聚醚 F68 polyether/g						
	0.00	1.00	2.00	3.00	4.000	5.00	6.00
洗净率 Detergency/%	92.44	95.23	96.07	98.97	96.13	95.76	95.42

1) 非离子型 FAE－48 聚醚改性三硅氧烷表面活性剂 32.00 g，非离子型 D－500 聚醚改性三硅氧烷表面活性剂 12.00 g，阴离子型 HPETS 羧酸封端有机硅表面活性剂 10.00 g. Non-ionic FAE－48 polyether modified silicone 32.00 g，D－500 polyether modified silicone oil 12.00 g，anionic HPETS carboxylic acid terminated organosilicon surfactant 10.00 g.

2.5　正交实验结果与分析

根据单因素实验选取非离子型 FAE－48 聚醚改性三硅氧烷表面活性剂的加入量分别为 24、32 和 40 g，非离子型 D－500 聚醚改性三硅氧烷表面活性剂的加入量分别为 8、12 和 16 g，阴离子型 HPETS 羧酸封端有机硅表面活性剂分别为 8、10 和 12 g，F68 聚醚分别为 2、3 和 4 g，进行 $L_9(3^4)$ 正交实验（表 5）.

由正交实验可得，血清分离胶 A 清洗剂的最佳水平为：非离子型 FAE－48 聚醚改性三硅氧烷表面活性剂 32.00 g，非离子型 D－500 聚醚改性三硅氧烷表面活性剂 12.00 g，阴离子型 HPETS 羧酸封端有机硅表面活性剂 8.00 g，F68 聚醚 2.00 g（表 6）.

2.6　清洗验证实验

按照上述最佳水平配制出清洗剂原液并进行血清分离胶 A 的清洗实验，实验重复 10 次，清洗剂对血清分离胶的洗净率分别为 98.96%、99.09%、99.02%、98.98%、98.95%、98.99%、98.97%、98.95%、98.96% 和 99.03%，平均值为 98.99%，与单因素实验结果接近，且优于单因素实验的最佳

?1994-2015 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

条件所得，验证结果有效.

2.7 清洗剂原液的性能测试

按正交实验得到的最佳配方制得清洗剂原液，再对其进行性能测试. 产品为无色透明低黏度液体，在常温下无分层，无沉淀，不易燃，其 pH 在 6.8～8.7 之间，高温（50±2 ℃）6 h 和低温（－5±2 ℃）6 h 条件下均无色透明，无分层，无沉淀.

表 5 正交实验因素与水平的选择

Table 5 The selection of experimental factor and level

水平 Level	因素 Factor			
	非离子型 FAE－48 聚醚改性三硅氧烷表面活性剂 Non-ionic FAE－48 polyether modified silicone/g	非离子型 D－500 聚醚改性三硅氧烷表面活性剂 D－500 polyether modified silicone oil/g	阴离子型 HPETS 羧酸封端有机硅表面活性剂 Anionic HPETS carboxylic acid terminated organosilicon surfactant/g	F68 聚醚 F68 polyether/g
1	24.00	8.00	8.00	2.00
2	32.00	12.00	10.00	3.00
3	40.00	16.00	12.00	4.00

表 6 正交实验结果分析

Table 6 The result of orthogonal test

序号 Number	非离子型 FAE－48 聚醚改性三硅氧烷表面活性剂 Non-ionic FAE－48 polyether modified silicone/g	非离子型 D－500 聚醚改性三硅氧烷表面活性剂 D－500 polyether modified silicone oil/g	阴离子型 HPETS 羧酸封端有机硅表面活性剂 Anionic HPETS carboxylic acid terminated organosilicon surfactant/g	F68 聚醚 F68 polyether/g	洗净率 Detergency/%
1	1	1	1	1	96.45
2	1	2	2	2	96.68
3	1	3	3	3	96.76
4	2	1	2	3	96.92
5	2	2	3	1	98.39
6	2	3	1	2	98.31
7	3	1	3	2	96.29
8	3	2	1	3	97.65
9	3	3	2	1	96.87
∑(1)	289.89	289.66	292.41	291.71	
∑(2)	293.62	292.72	290.47	291.28	
∑(3)	290.81	291.94	291.44	291.33	
K1 = ∑(1)/3	96.63	96.55	97.47	97.24	
K2 = ∑(2)/3	97.87	97.57	96.82	97.09	
K3 = ∑(3)/3	96.94	97.31	97.15	97.11	
R	1.24	1.02	0.65	0.15	

3 讨论与结论

由于有机硅表面活性剂作为新兴的表面活性剂，具有表面张力低、复配简单易行及绿色环保诸多优点，作者选取 3 种有机硅表面活性剂作为清洗剂的主要成分. 其中非离子型 FAE－48 聚醚改性三硅氧烷表面活性剂具有极低的表面张力，渗透去污能力好，能将血清分离胶剥离开接触面；非离子型 D－500 聚醚改性三硅氧烷表面活性剂用于消除气泡，并起到辅助去污的作用；阴离子型 HPETS 羧酸封端有机硅表面活性剂与非离子型表面活性剂复配，相对于单一的表面活性剂来说，稳定性与去

?1994-2015 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

污能力都有所提高，这是因为它具有优良的渗透性，湿润性，扩散性，有利于洗涤. F68 聚醚作为助剂，它具有很强的分散作用，可以用来防止血清分离胶的沉积，加强洗涤功能.

通过单因素实验和正交实验，得到血清分离胶 A 用清洗剂的最佳配方：非离子型 FAE－48 聚醚改性三硅氧烷表面活性剂为 32.00 g，非离子型 D－500 聚醚改性三硅氧烷表面活性剂为 12.00 g，阴离子型有机硅表面活性剂为 8.00 g，F68 聚醚为 2.00 g；由此制得的清洗剂对血清分离胶的洗净率高达 98.99%，并具有高效环保，不易燃，碱性条件下稳定性好等特点.

参考文献：

[1] 张利萍，罗啸秋，白洪强. 血液分离胶制备研究现状及展望[J]. 化工新型材料，2013，41(2)：7－8，26.

[2] TESTER F A，SUCHETA P D，BHAMINI K，et al. Influence of blood specimen collection method on various preanalytical sample quality indicators[J]. Indian J Clin Biochem，2008，23(2)：144－149.

[3] 王永安，吉本秋雄，廖富荣，等. 血清(或血浆)分离胶采血管的理论基础及临床应用[J]. 国际检验医学杂志，2007，9(28)：864－866.

[4] 王成河. 血清分离胶对临床生化工作的负面影响[J]. 实用医技杂志，2014，21(3)：281－282.

[5] RONALD L，TOSHIOMI N，TOSHIKO S. Serum separation sealant：US，5438000[P]. 1995－08－01.

[6] 徐维家，王永安. 血液促凝剂在采血试管中的应用及评价[J]. 国际检验医学杂志，2010，12(31)：1413－1414.

[7] 薛邦禄，杜广有，王永安，等. 硅化－促凝同步采血管的研制及其临床应用[J]. 国际检验医学杂志，2014，34(9)：1149－1150.

[8] 赵立飞，徐建华，谢传芬，等. 临床应用分离采血管需注意的问题[J]. 临床检验杂志，2012，30(7)：543－545.

[9] 张立平. 血清分离胶对检验结果的影响[J]. 临床检验杂志，2008，26(6)：418.

[10] 王慧，朱志良. 环境友好绿色清洗剂的研究进展[J]. 清洗世界，2004，20(3)：28－31.

[11] 罗群，云东. 新型有机硅环保清洗剂[J]. 材料导报，2003，17(2)：87－88.

[12] 周宇鹏. 有机硅表面活性剂在日化及纺织行业的应用[J]. 有机硅材料，2002，16(1)：24－26.

[13] 姚永丽，罗纲，鲍亮. 硅氧烷表面活性剂及其在家居护理品中的应用[J]. 日用化学工业，2013，43(6)：457－462.

[14] 马彦斌. 有机硅表面活性剂在油污清洗剂中的应用[J]. 化学工程与装备，2009，8(8)：50－51.

[15] 成西涛，唐璇，李稳宏，等. 聚醚接枝聚硅氧烷的合成及其在金属清洗剂中的应用[J]. 精细化工，2011，28(10)：1036－1040.

[16] 韩富，刘志妍，周雅文，等. 特种表面活性剂和功能性表面活性剂(Ⅳ)：有机硅表面活性剂的应用[J]. 日用化学工业，2009，39(3)：200－206.

[17] 龚红升，胡文斌，廖列文，等. 响应面法优化合成 1，1，1，3，5，5，5－七甲基三硅氧烷[J]. 化工学报，2013，64(10)：3633－3639.

[18] 龚红升，胡文斌，廖列文，等. 非离子型聚醚改性三硅氧烷表面活性剂的合成表征及性能[D]. 广州：仲恺农业工程学院，2014.

[19] 黄良仙，丁洋，黄洁，等. 阴离子型三硅氧烷表面活性剂的合成及其性能[J]. 应用化学，2011，28(6)：722－726.

[20] 聂晓霖. 抗乳化型水基金属清洗剂：中国，101608314A[P]. 2009－12－23.

【责任编辑　林江娇】

?1994-2015 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net