

### 3种季铵盐表面活性剂护发素片的调理性分析

吴敏

(广州兰洁宝日用品科技有限公司, 广东广州, 510799)

DOI:10.61369/CDCST.2026010012

**摘要：**当今日化产品头发护理几大热门指标：柔顺性、梳理性、爽滑性等，讲解了护发素片复合拉伸成型中的季铵盐阳离子表面活性剂，包括：BT 85、MERQUAT 550、ABILQUAT 3676等。在日常所选用的调理和洗护护发素片剂类产品的调研如下：在对模拟织物基人造头发的测试，比较了不同添加量曲线得到了：BT 85添加量在4%，MERQUAT 550添加量在2%；ABILQUAT 3676的含量在4%对头发的柔顺性和爽滑性更优异。通过放大镜 $\times 100$ 倍数比较了使用效果；分别对10位女性的头发的梳理性作了整合，也得出ABILQUAT 3676具有较理想的用户使用效果和梳理性的；对耐微生物药效性、对人体的致敏作用、耐沾污性、生物降解性、重复使用性三种阳离子均表现卓越的药物效果易于降解的；特别是ABILQUAT 3676。这些产品在研究领域中具有较高的技术含量、良好的性价比、用量少等特点，对头发洗护和养护具有特殊意义。



呈敏

关键词：季铵盐表面活性剂；调理性；衡量指标；头发护理

**作者简介：**吴敏，华南理工大学材料科学与工程学院硕士，现就职于兰洁宝日用品科技有限公司，研发工程师，从事洗衣液、洗衣片的研发改良工作。E-mail:18343588@qq.com。

护发素品种多，多数定位在高端奢华装日用化工产品，常见剂型包括膏状、水剂。本文旨在使用季铵盐阳离子表面活性剂复合拉伸成型后仍能作为上流的护发素类的片剂状态的科技型产出成果。由于其100%的固含量，轻便包装、高浓缩，便于携带，经济实惠，是目前发展的新方向。季铵盐是带正电的氮元素形成的卤素基团盐，例如： $-\overset{+}{N}^+$ ，氮原子失去电子，带正电，卤族原子得到电子带负电，中和形成的四官盐类。常见的形式有：单链季铵盐、双链季铵盐、酯基团盐和季铵盐、有机硅季铵盐。目前常用于护发素的季铵盐品种如：1631、1831、2231。上述3种均属同一类，不同的重复链单元。其机理是：运用自身所带的正电荷中和头发在发端富集的负电荷，还具有柔软皮脂的作用。季铵盐的制备方法是叔铵基与季铵基团试剂的直接反应，核心方程是

$$R_3N + RX \longrightarrow R_4N^+X^- \quad (X \text{ 为 } Cl^- \text{ 或 } Br^- \text{ 等})$$

未来，季铵盐将朝着双子季铵盐、医用消毒、高温均质等方向推广开来。

由于在护发素片调理性方面重点使用季铵盐阳离子表面活性剂如：BT 85，其化学名为山嵛基三甲基氯化铵；MERQUAT 550，其化学名为聚季铵盐-7，二甲基二烯丙基氯化铵-丙烯酰胺共聚物；ABILQUAT 3676，其化学名为聚有机硅季铵盐。3种结构式如下图1所示：

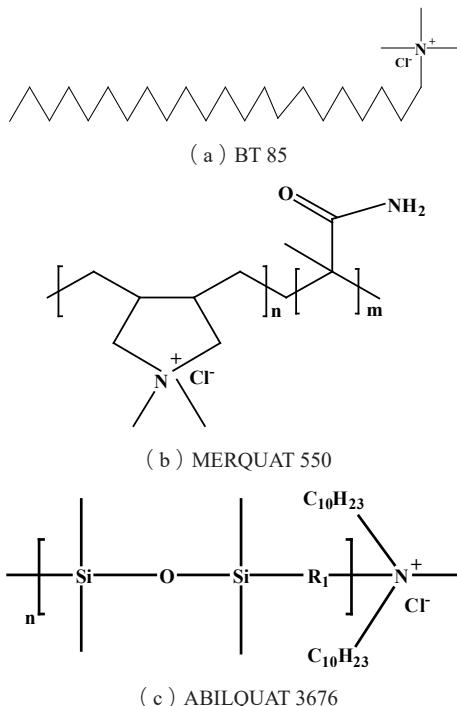


图 1 3 种季铵盐阳离子表面活性剂的结构式

由上述结构图调查得知：BT 85市售，为山嵛基三甲基氯化铵，也是二十二烷基三甲基氯化铵，加热至80°C溶于水，长链的碳烷烃链能与头发的油脂充分融合，铵盐能中和头发在成长的过程中富集的电荷。在焗油、护发素领域使用后能降低电荷、营养发端，对头发起到调理、滋养的效果。此外，MERQUAT 550出自美国路博润特种化工有限公司，为聚季铵盐-7，它是二甲基二烯丙基氯化铵-丙烯酰胺共聚物，在室温水中溶解性好，其柔顺链烷烃链在

之间，链尾有亲油的亲电荷基团极性基团，电荷密度高，在很宽的 PH 范围都表现出优秀的相容性匹配性，在滋润头发梳理效果上使用效果明显。ABILQUAT 3676 是赢创德固赛产品，为聚有机硅季铵盐，亲头发油脂的油性链-Si-O-Si-R1-、C10H23- 含量高，表现优异的顺滑性，滑爽性。

## 1. 实验部分

### 1.1 主要材料跟仪器

聚乙烯醇 PVA，食品级，中石化川维有限公司生产的；水溶性聚氨酯 PU，食品级，中石化川维有限公司生产的；山嵛基三甲基氯化铵 BT 85，工业级，广州拓季化工科技有限公司生产的；二甲基二烯丙基氯化铵-丙烯酰胺共聚物 MERQUAT 550，工业级，广州拓季化工科技有限公司生产的；双奎烷有机硅氧烷聚季铵盐 ABILQUAT 3676，工业级，美国路博润特种化工生产的；碳酸氢钠，食品级，北京康普汇维有限公司提供；柠檬酸钠，食品级，广州铭之鑫科技有限公司；其他助剂：≤8%，同前。

电子天平 JA2023(上海赞维电子天平有限公司)；均质搅拌机 SL-HE-D (上海司乐仪器有限公司)；柔顺仪 Metro(美国赛锐特技术)；放大镜 GSX-II (日本瀚霖光学科技) 等。

### 1.2 操作工艺

(1) 把 PVA 添加的量为 50%、PU 添加的量为 4%、各种季铵盐阳离子表面活性剂分别添加的量为优化比例范围：0%；1%；2%；4%；6%；8%；接着加去离子水稀释成 10%，溶解完全备用。

(2) 将碳酸氢钠添加的量为 25%、柠檬酸钠添加的量为 5%、其它助剂添加的量为 8% 在搅拌下加入 (1) 步骤制得的透明黏稠油状液料中，转速 500r/min，搅拌溶解完全。

(3) 过成型机成型待检。

(4) 称量 2g 护发素片，加入自来水 2L，将人造假发浸泡 25min 后，用风筒吹干，用 Metro- 柔顺仪检测柔顺性 (单位 mN)。

### 1.3 检测技术指标

#### 1.3.1 pH 检验结果

称 1g 护发素片样品，溶于 99g 去离子水中，在雷电磁 pH 计，设定测试温度 25°C，酸性缓冲溶液 6.86 和 4.00 条件下矫正后，每矫正一次用去离子水冲干净，用滤纸碎擦干待检，经综合重复 6.86 检测，至测得纯水的 PH 值 6.86 后，冲水用滤纸擦干，如此往复，测得 3 种配置 PH 值范围在 5.5~6。

#### 1.3.2 溶解时间检测

用量筒取 1L 自来水倒入容器中，右手平形落入护发素片在

装水的容器中，同时按秒表开始计时，记录护发素片溶解的时长，停止计时，清洗容器放回原处，最终结果如表 1 所示。

表 1 综合性评价结果总表

序号	检验项目	检验内容				评价
		BT 85 的样品	MERQUAT 550 的样品	ABILQUAT 3676 的样品	合格指标	
1	外观	片状	片状	片状	片状	一致
2	总活 %	0~8	0~8	0~8	4~7	合格
3	溶解时间 /s	5	10	40	120	合格
4	阳离子活性物 %	2	4	4	6 以下	合格

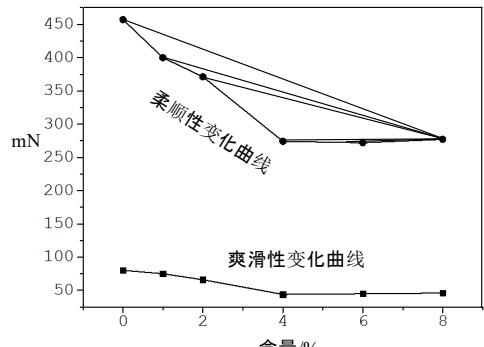
注：依据 QB1975-2013 和化妆品安全技术手册检测。

## 2. 实验结果分析<sup>[1]</sup>

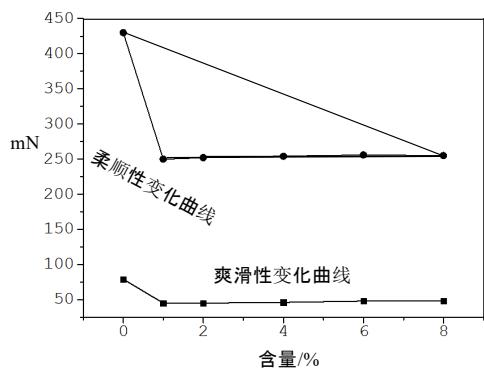
### 2.1 季铵盐阳离子表面活性剂添加量对织物柔顺性与爽滑性的影响

在其他组分不变 (除碳酸氢钠) 的条件下，对季铵盐添加量进行调整绘制柔顺性和爽滑性曲线分析汇总，由图 2 (a) 综合各种添加量的季铵盐阳离子表面活性剂的配方，柔顺性测量方法见实验部分，而爽滑性是同一人目视打分。由 3 张图大家可以看出，随着添加量升高，柔顺性变化大，而爽滑性有明显改善。且柔顺性变化和爽滑性变化 3 张图都是同一个拐点。具体地，由图 2 我们可以发现，随着 BT 85 含量的升高，柔顺值开始减少，直到

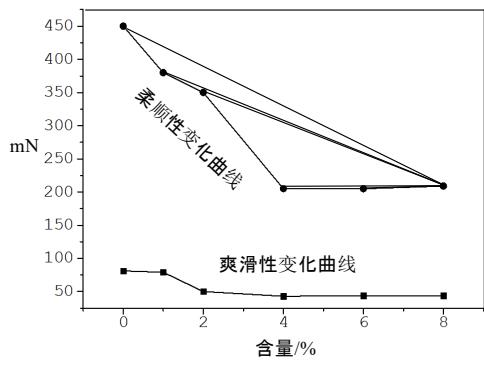
BT 85 添加量到 4% 达到最小柔顺指数，随着 BT 85 含量继续增大，柔顺值略有增大。同理，也可以发现，随着 BT 85 的含量增加，个人综合打分爽滑性因子减少，到 4% 后，爽滑性变化较少，略微增粗。所述，BT 85 添加量在 4% 时，柔顺性和爽滑性由柔顺直观数值判断最小，柔顺性和爽滑性是最优异。其它，由图 2 (b) 随着 MERQUAT 550 含量的增加，柔顺值猛然下降，在 2% 添加量，柔顺性达到最小值，继续增加添加量，柔顺值变化不明显。而个人综合打分爽滑性在 MERQUAT 550 添加量 2% 时达到最小值，爽滑性最好，MERQUAT 550 添加量继续增大，柔顺值变化不明显。另外，还发现，根据图 2 (c) 随着 ABILQUAT 3676 的增加，柔顺值不断下降，到 4% 出现最小值柔顺值和爽滑值，之后继续添加一定量的 ABILQUAT 3676，柔顺值和爽滑值变化不明显，所述，ABILQUAT 3676 添加量在 4% 时，柔顺性和爽滑性最优化。这是因为 BT 85 的电荷密度低；MERQUAT 550 相溶性好，易有效中和富集的电子；而 ABILQUAT 3676 含有有机硅氧烷，更易顺滑。



(a) BT 85



(b) MERQUAT 550



(c) ABILQUAT 3676

图2 3种季铵盐阳离子表面活性剂的柔顺性和滑性变化曲线

## 2.2 放大绘制四色人造头发的使用效果

结合1.2中(4)中的方法,在机器放大下 $\times 100$ 倍数

拍摄的照片如图3所示。因为科技的视觉辅助借鉴下的,以及通过不同颜色的模拟演绎图,使大家更明确。由图3可见,ABILQUAT 3676对四色人造头发的使用效果最好,即使在 $\times 100$ 的放大倍数下,发丝分布均匀致密,无可见空穴,综合使用效果优;其次是MERQUAT 550,它是通过 $\times 100$ 倍数的放大后,质地均匀,无明显空隙,综合柔顺易于使用的;最后是BT 85,在 $\times 100$ 倍数放大后,孔洞可见,使用效果一般。而3种季铵盐对四种颜色的纺织物基头发使用效果不明显。这是因为硅氧烷链单元赋予发端优秀的柔顺性和滑性,更易于使用;而另两种季铵盐通过正电荷密度中和电子提高使用效果,正电荷密度适中,中和电子性能好,头发更易使用了。



图3 3种季铵盐阳离子表面活性剂的四色人造头发使用效果图

## 2.3 3种季铵盐阳离子表面活性剂的梳理性目测

表2护发素片的作用除了给人造发补充营养,滋养焗油,经久不衰。更能使头发在使用后用户体验感愉快。其中,使用后人造发的梳理性也是一个重要的衡量硬性指标。由表1可以得知,对多人的打分结果发现,梳理性最好的是ABILQUAT 3676,另两种季铵盐阳离子表面活性剂相当,有1名女性反应BT 85的使用效果是最差的了。这是因为, BT 85电荷密度低,中和电子的能力不足,体验表现不足;而ABILQUAT 3676含有机硅氧烷链单元,较各种季铵盐更滑顺,调理性好,中和电子密度高,梳理性最佳;而MERQUAT 550介于二者之间,用户体验感舒适较满意的。

表2 3种季铵盐阳离子表面活性剂的梳理性目测汇总表

性质	第1位女性	第2位女性	第3位女性	第4位女性	第5位女性	第6位女性	第7位女性	第8位女性	第9位女性	第10位女性
BT 85	+++	++	+	++	++	+++	++	+++	+++	+++
MERQUAT 550	+++	++	++	+++	++	++	++	+++	++	+++
ABILQUAT 3676	+++	+++	++	+++	+++	+++	++	+++	+++	++

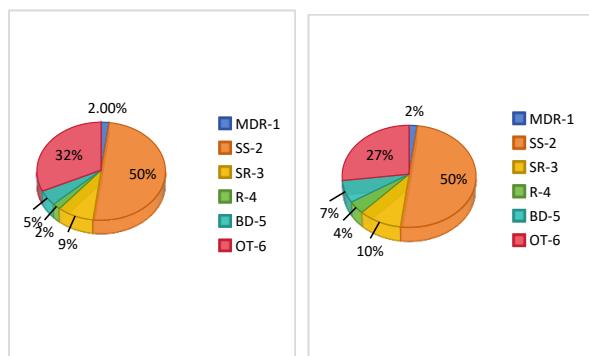
## 2.4 其他影响因素

由图5这里是通过对BT 85、MERQUAT 550、ABILQUAT 3676各项检测指标的重要性的定性评价，在这里指的其它包括：常规物理、化学的性能测试。包括：外观、尺寸、稳定性、PH值等。综合各重要性因素的来龙去脉，综合定义为吸收率的种种问题。吸收率%=( $m_0-m_1$ )/ $m_0$ 。在医学和生物学领域的致敏作用通常与免疫系统的过度反应相关。当一个人接触到特定的抗原（如某些食物等），他们的免疫系统可能会错误地将其识别为有害物质，并产生免疫反应。

$$\text{降解率} = \frac{\text{空白实验组CO}_2\text{产生量(mg)}}{\text{加入的CO}_2\text{ (mg)} \times 44/12} \times 100\%$$

在此，对水中季铵盐通氧气后，随时间的增加，阳离子有机碳含量的百分数（TOC）与对比和试验组放出二氧化碳差值的折算比。三种阳离子表面活

性剂微生物耐药性MDR-1值最低，均为2%，表明微生物不能与它们共同存放，抗菌性好。同理，人体的致敏作用SS-2，表明ABILQUAT 3676具有最少的头皮损伤性和破坏性，约占总物性的20%，硅吸收率少，随用随流转。ABILQUAT 3676同时具有最少的耐沾污性SR-3，约4%，不会产生负面灰尘和损耗，是因为它不易于有颜色的头发充分融合润湿。ABILQUAT 3676重复使用性R-4最大为15%，也是最好，吸收少，它的润滑好、大分子缠绕簇发丝，亲油性并不是很理想、水溶性硅氧烷碳链易流走。此外，ABILQUAT 3676的生物降解性最大，吸收最大，表明绝大部分能通过有氧损耗和无氧损耗，长碳链在菌种下快速降解，硅是尘埃的主要成分，接近地质层。



注：含护发素片的耐微生物药效性MDR-1、对人体的致敏作用SS-2、耐沾污性SR-3、重复使用性R-4、生物降解性BD-5、其它OT-6等方面的报道<sup>[2-6]</sup>。

图5 其他影响因素

## 3. 结论

本文通过对3种季铵盐阳离子表面活性剂BT 85、MERQUAT 550、ABILQUAT 3676的物理性能和化学结构、调理性、使用效果、梳理性分析的综合分析，得知，3种季铵盐阳离子表面活性剂在对模拟织物基人造头发的测试，比较了不同添加量曲线表明：BT 85和ABILQUAT 3676添加量在4%，对人造头发表现优异的柔顺性和爽滑性；而使用MERQUAT 550添加量在2%；用放大镜 $\times 100$ 倍数比较3种表面活性剂在四色混合发中的应用表明ABILQUAT 3676含有机硅氧烷链单元，较各种季铵盐更爽滑，不易和有颜色的头发融合，中和电子密度高，滋润性调理性好，使用效果最好，梳理性最佳。在综合分割图中耐微生物药效性、对人体的致敏作用、耐沾污性、重复使用性、生物降解性方面等的研究表明，BT 85、MERQUAT 550和ABILQUAT 3676对耐微生物药效性、对人体的致敏作用、耐沾污性、生物降解性、重复使用性3种阳离子均表现卓越的药物效果。此外，ABILQUAT 3676更易于降解<sup>[7-11]</sup>。因此，该产品是一种性价比较高、适用于洗护与养护的美发产品。

## 参考文献

- [1] Vereshchagin A N, Frolov N A, Egorova K S. Quaternary ammonium compounds (QACs) and ionic liquids (ILs) as biocides: from simple antiseptics to tunable antimicrobials[J]. Int. J. Mol. Sci, 2021, 22 (13): 6793.
- [2] Bolto B A, Dixon D R., Eldridge R J, et al. The use of cationic polymers as primary coagulants in water treatment[J] In Chemical Water and Wastewater Treatment V, 1998: 173–185.
- [3] Tullo A, Bettenhausen C. Disinfectant demand challenges chemical supply chain[J]. Chemical & Engineering News, 2020, 98(15):1.
- [4] Mpox. Applying what we know about biological agents to prepare for emerging public health threats[J]. Science Matters. United States Environmental Protection Agency, 2022, 19(7):352–354.
- [5] Zhao Y H, Abraham M H. Octanol/water partition of ionic species, including 544 cations[J]. Org. Chem, 2005, 70 (7): 2633– 2640.
- [6] Droke S T J, Goss K.-U. Sorption of organic cations to phyllosilicate clay minerals: the role of electrostatic and hydrophobic effects[J]. Environ. Technolol, 2013, 47 (24): 14224–14232.
- [7] Oh S, Kurt Z, Tsementzi D, et al. Microbial community degradation of widely used quaternary ammonium disinfectants appl[P]. Environ. Microbiol, 2014, 80 (19): 5892–5900.
- [8] Kickham P, Otton S V, Moore M M et al. Relationship between

- biodegradation and sorption of phthalate esters and their metabolites in natural sediments[J]. Environ. Toxicol. Chem., 2012, 31 (8): 1730–1737.
- [9] Brownawell B J, Chen H, Collier J M. Adsorption of organic cations to natural materials[J]. Environ. Sci. Technol., 1990, 24 (8): 1234–1241.
- [10] Hora P I, Arnold W A. Photochemical fate of quaternary ammonium compounds in river water[J]. Environ. Sci. Process, Impacts 2020, 22 (6): 1368–1381.
- [11] Pati S G, Arnold W A. Comprehensive screening of quaternary ammonium surfactants and ionic liquids in wastewater effluents and lake sediments[J]. Environ. Sci. Process, Impacts 2020, 22 (2): 430–441.

## Analysis of the Regulatory Effect of Three Kinds of Quaternary Ammonium Surfactants in Hair Conditioner Tablets

Wu Min

(Guangzhou Lanjiebao Daily Necessities Technology CO., Ltd, Guangzhou, Guangdong, 510799)

**Abstract :** In contemporary hair care products, key quality indicators for hair care include softness, combability, and smoothness. This study explains cationic surfactants in hair conditioner tablets, such as BT 85, MERQUAT 550, and ABILQUAT 3676. A survey of commonly used conditioning and hair care tablets reveals that in tests on simulated fabric-based synthetic hair, comparing different additive concentrations yielded the following results: BT 85 at 4%, MERQUAT 550 at 2%, and ABILQUAT 3676 at 4% demonstrated superior softness and smoothness. Using a 100x magnifying glass, the effectiveness was compared. A comprehensive analysis of combability in 10 female subjects confirmed that ABILQUAT 3676 provided ideal user experience and combability. The product also exhibited outstanding performance in three cationic properties: antimicrobial efficacy, human allergenicity, stain resistance, biodegradability, and reusability. Notably, ABILQUAT 3676 demonstrated exceptional biodegradability. These products are recognized as leading choices in the research field due to their high gold content, cost-effectiveness, low usage requirements, and unique significance in hair washing and maintenance.

**Keywords :** quaternary ammonium salt; conditioning; measurement index; hair care

