



中国洗涤用品工业协会  
China Cleaning Industry Association

# CHINA CLEANING INDUSTRY 中国洗涤用品工业

## 表面活性剂专题



- 洗衣凝珠
- 洗碗珠
- 宠物沐浴珠
- 泡脚珠

### 专业凝珠ODM/OEM

地址：佛山市三水区中心科技工业园区大塘园A区77-3号

电话:0757-81220390

网址:[www.jingliang-pod.cn](http://www.jingliang-pod.cn)

ISSN 1672-2701



第1期  
2023



# “日光”与您 共成长

我们能为您提供：

洗衣房系列清洁用品；  
客房系列清洁用品；  
餐饮系列清洁用品；  
民用系列清洁用品；  
民用系列化妆品；  
消毒感控系列产品；

各种清洁剂、化妆品OEM、ODM加工服务；  
各种表面活性剂、添加剂、香精等日化原料；  
中、高级洗衣师，洗衣技师职业技能培训；  
搭建洗染业、日化业人才交流平台；  
洗衣质量事故鉴定及救治服务；  
搭建洗染业、日化业的原料、设备、技术、  
包装、设计等一站式采购服务平台；  
每年举办日光杯书法、摄影比赛；  
每年举办日光杯洗衣事故案例及救治比赛；  
承接宾馆、饭店、客衣、医院布草洗涤服务。



日光企业官方订阅号



洗衣人官方订阅号

北京日光精细（集团）公司  
北京日光旭升精细化工技术研究所  
地址：北京市大兴区安定工业区日光精细产业园  
[北京市大兴区安定镇安福路1号（102607）]  
电话：010- 80217113 / 80217123 / 80235911  
传真：010- 87918078  
网址：www.bjrg59.com  
邮箱：bjrgjx@163.com





泰华施是全球知名的清洁、卫生和维护方案供应商，高效地整合化学品、设备和可持续发展项目，不断追求创新的清洁和卫生技术，为我们全球各领域的客户带来充足的自信。我们以客户的需求为核心，坚信清洁和卫生是美好生活的基础。

凭借近百年的历史，泰华施帮助客户显著提高生产力、降低总体运营成本并保护其品牌。

## 保护和关爱 人们的日常生活

to protect and care  
for people every day

我们是  
美好的生活的推动者

We are facilitators for life



# 源自天然表面活性剂

Naturally Derived Surfactants

**PALMFONATE MES**  
脂肪酸甲酯磺酸盐

**TENSAGEX SLES**  
脂肪醚硫酸盐

**TENSOPOL SLS**  
脂肪醇硫酸盐



扫描二维码查询



# 从清晨至夜晚.....

## KLK OLEO 是我们每天生活的一部分

个人护理

家庭护理

食品与营养

润滑油

聚合物

其他市场



### 我们的品牌，闪耀世界舞台

KLK OLEO是KLK(吉隆坡甲洞集团公司)的油脂化学品制造单元，KLK是一家在马来西亚主要证券公司上市的国际种植园集团公司。自1991年起，KLK OLEO逐步发展壮大成全球油脂化工生产领导者，在马来西亚、印度尼西亚、中国、德国、瑞士、荷兰和比利时均设有工厂。泰柯棕化(张家港)有限公司是KLK OLEO在中国设立的唯一一家生产工厂。

KLK OLEO生产产品涵盖基础油化化学品到下游特殊化学品，如脂肪酸甲酯磺酸盐、表面活性剂和植物营养素。这些产品广泛应用于家居及个人护理、医药、食品及营养素、香精香料、润滑油、交通运输和工业化学品。



甲洞油脂化工(上海)有限公司  
LZY Tower, Room 1603-1604, 16<sup>th</sup> Floor, No. 4711,  
Jiao Tong Road, Putuo District, Shanghai City, China  
电话 : +86 21 3636 1130

泰柯棕化(张家港)有限公司  
No. 60 Changjiang Road, Jiangsu Yangtze River International  
Chemical Industry Park, Zhangjiagang City, Jiangsu Province, China  
电话 : +86 512 8259 2028

info.china@klkoleo.com  
www.klkoleo.com



# Unicap® TCF2

## 聚氨酯微乳液护色技术

万华化学集团股份有限公司，全球化工前50强，是一家全球化运营的化工新材料公司，依托不断创新的核心技术、产业化装置及高效的运营模式，为客户提供更具竞争力的产品及解决方案。



织物  
护色



织物  
鲜艳持久



防串色  
功能



阴非离子  
兼容



# 德国AB酶制剂公司

## 全系列洗涤剂酶

### BIOTOUCH®



Enzymes  
an ABF Ingredients company

专业酶制剂研发制造及应用推广

匠心经营 百年德企

#### ■ 蛋白酶

去除蛋白

污渍

- 肉类

- 蛋黄

- 草渍

- 血渍

#### ■ 淀粉酶

去除淀粉

污渍

- 小麦和玉米淀粉

- 糕点类

- 粥类

#### ■ 脂肪酶

去除脂肪

污渍

- 黄油, 油, 猪油, 油脂类

- 身体脂肪

- 化妆品

#### ■ 甘露聚糖酶

去除甘露聚糖

污渍

- 巧克力布丁

- 调味品

- 各类加工食品

- 化妆品

#### ■ 果胶酶

去除果胶

污渍

- 果酱污渍

- 果肉污渍

#### ■ 纤维素酶

含棉类产品净白及护理等功效

- 超强净白
- 去除毛球
- 护色, 提升质感
- 极强的稳定性

高品质洗涤剂酶

增强洗涤效能

降低碳排放



英联酶制剂贸易(上海)有限公司

地址：上海市长宁路1189号长宁来福士

广场T2座2802室

电话：+86 21 60676888

传真：+86 21 60676884

网站：[www.abenzymes.com/cn/](http://www.abenzymes.com/cn/)

邮箱：[abechina@abenzymes.com](mailto:abechina@abenzymes.com)



# 让我们生活得更好

佛山市博维环保材料有限公司，是一家专业从事 PVA 水溶性薄膜应用研究、开发、生产和销售的企业。

公司致力于绿色环保新型材料的研发及应用，致力于传统包装材料的升级、创新与替代，致力于实现可持续发展的未来。通过多年的努力，公司作为水溶包装的开拓者，已成为行业的领航企业；在可期的未来，公司会达到国际先进水平，成为水溶包装领域的技术规范者。我们以“成就客户”为基本理念，努力理解客户诉求，聚焦于水溶包装应用服务，为客户提供一站式水溶包装解决方案，让客户从我们的服务中得到价值，成就客户的梦想。



50000m<sup>2</sup>工厂



自主实验室



优秀的业务拓展团队



无尘生产车间



自主研发专利



国内外知名品牌



水溶包装整体解决方案是博维公司提供的一项水溶薄膜应用服务，是为企业量身定做的凝珠剂型产品从开发到生产落地的专项包装服务，为客户开展凝珠项目节省时间与资金投入。

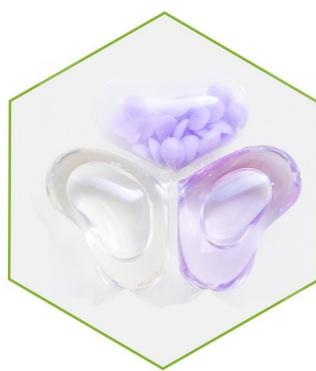
## 水溶包装一站式解决方案



水溶膜



凝珠包装机



洗衣凝珠



啤酒生产整体解决方案

水处理整体解决方案



乳制品产业链整体解决方案

饮料加工整体解决方案

## 安洁康 -- 更安全 更洁净 更健康

安洁康是中国专业的食品工业消毒清洗综合服务商，为食品工业产业链提供全方位的**消毒清洗整体解决方案**，同时，依托尖端科技开发食品检测技术及相关产品。

公司秉承更安全、更洁净、更健康的理念，以科技驱动，在食品工业消毒清洗和食品检测等领域达到了国际水平，用实力赢得了越来越多客户的信赖。

**安洁康愿景：倡导并推动食品工业 绿色 平安 生产线 的建设**



## 企业简介 | Company profile

湖南丽臣实业股份有限公司是从事表面活性剂和日化用品领域的专业厂家。目前丽臣在湖南长沙、上海金山和广东东莞都建有生产基地，拥有表面活性剂礦化装置共有十套，装置能力达到30多万吨/年。产品辐射到亚洲、欧洲、非洲、美洲等60多个国家和地区。

## 企业管理 | Company Management

湖南丽臣实业股份有限公司视质量为企业的生命，长期致力于质量管理体系的持续改进与提高。

公司已通过ISO9001/ISO14001/HALAL/RSPO认证，获得法国AFAQ国际标准质量体系认可证书和高新技术企业认定。

## 产品应用 | Applications

主导产品——脂肪醇聚氧乙烯醚硫酸盐、脂肪醇硫酸盐、烷基苯磺酸、 $\alpha$ -烯基磺酸钠、氨基酸表活、胺类衍生物等表面活性剂产品。这些表面活性剂广泛应用于洗涤用品行业以及建筑、油田、纺织、农业等领域。其中最广泛应用于个人护理用品

如香波、牙膏、沐浴液中。

丽臣公司的RSAW系列都是由品质优良的原料如棕仁油和椰子油制成，这些原料是天然的可再生资源。具有超强的清洁效力、丰富的泡沫和出色的柔滑功效。



# 消毒净护 专利技术杀菌

● 绿伞GMC 离子协同复合体系 创新引入高性能精密材料专利技术,帮助多种洗涤助剂达成协同与合作,发挥各自功能却互不干涉。

● 绿伞GMC 清洁系列 在有效清洁及消毒的同时保护表面,深层养护,配方安全无毒,味道清新不刺鼻,使用便捷,满足家庭多元化的清洁需求,时尚的外观受到了新一代年轻消费者的喜爱。



北京绿伞化学股份有限公司  
BEIJING LVSAN CHEMISTRY CO.,LTD

● 全国性疫情防控重点保障企业

010 58711200

北京绿伞化学股份有限公司始创于1993年,是一家集研发、生产、销售于一体的高新技术企业,总部设在中关村永丰产业基地,在平谷和大连拥有两个现代化的生产基地。至今已获得38项专利项目证书,是北京市的专利试点企业。产品涵括衣物洁护、厨房洁护、卫浴洁护、家居洁护和个人洁护等五大类别上百种产品。

北京市海淀区永丰产业基地永澄北路2号院1号楼B座



lvsan.tmall.com



赞宇科技集团股份有限公司  
ZANYU TECHNOLOGY GROUP CO.,LTD.

# 赞宇科技

# 启迪未来

股票代码：002637  
股票简称：赞宇科技

## 公司简介 | COMPANY PROFILE |

赞宇科技集团股份有限公司是专业从事表面活性剂、油脂化学品研发制造和洗护用品代加工的高新技术企业。前身是浙江省轻工业研究所，2000年改制，依托领先的技术优势与科学的管理模式实现快速发展，2011年11月在深交所成功上市。公司先后承担或完成国家创新基金、国家重点新产品、省重大科技专项、省自然科学基金等一大批科研项目，在科研开发、科技成果转化方面有着相当优势，多次被评为轻工百强、轻工科技百强、日化百强企业。

公司总部位于杭州，在杭州钱塘区、浙江嘉兴、四川眉山、河南鹤壁、广东江门、印尼雅加达等地建有工业化生产基地，磺化表面活性剂年产能110万吨、油脂化学品年产能100万吨，洗护用品OEM年产能60万吨。已通过质量、环境、健康、测量管理四体系认证，表面活性剂、洗涤剂生产获欧盟化妆品GMP认证，主要产品销量连续十多年稳居国内前列。公司以“产品的质量和用户的需求是企业的永恒追求”为宗旨，将一如既往地为客户提供优质的产品和服务。

[HTTP://WWW.ZANYU.COM](http://WWW.ZANYU.COM)

## 公司日化主要产品 | PRODUCTS |

- AES: 脂肪醇聚氧乙烯醚硫酸钠
- AOS:  $\alpha$ -烯基磺酸盐
- AESA: 脂肪醇聚氧乙烯醚硫酸铵
- LSA: 脂肪醇硫酸铵
- K<sub>12</sub>: 脂肪醇硫酸钠
- LAS: 烷基苯磺酸
- 6501: 脂肪酸二乙醇酰胺
- CMEA: 脂肪酸单乙醇酰胺
- CAB-30: 椰油酰胺丙基甜菜碱
- APG: 烷基糖苷
- 氨基酸表面活性剂

### 洗化产品OEM/ODM :

- 提供洗衣粉、洗衣液、洗洁精、洗衣皂、洗手液、衣物消毒液、沐浴露等日化洗护产品代加工服务。



电话 0571-87830926 87830830  
传真 0571-87830813 87830847



杭州市西湖区古墩路702号 邮编 P.C.: 310030  
Add: No.702 Gudun Road, Hangzhou, China.



sales001@zanyu.com  
office@zanyu.com

2022年《中国洗涤用品工业》合订本还有少量库存，  
预定从速！

# 征订启事



## 《中国洗涤用品工业》

由中国洗涤用品工业协会主办的《中国洗涤用品工业》杂志，是全面展示中国洗涤用品工业发展状况的权威媒体，是一本引领行业学术发展和技术交流的科技类期刊，每月25日公开发行。杂志目前已被美国化学文摘（CA）、《中国知网》《维普网》《万方数据-数字化期刊群》《中国学术期刊（光盘版）》《超星》《EBSCO》《中国知识资源总库》和中国核心期刊（遴选）数据库收录。

《中国洗涤用品工业》密切关注洗涤用品行业及相关行业的技术进展，追踪行业发展中的热点问题和焦点问题并提供深度分析，反映整个行业的发展方向，反映企业和企业家的声音。同时，介绍会员企业最新生产情况和经营管理经验，为行业企业之间的信息沟通和技术交流服务。



### 订阅方式 ①

微信订阅，请扫二维码



### 订阅方式 ②

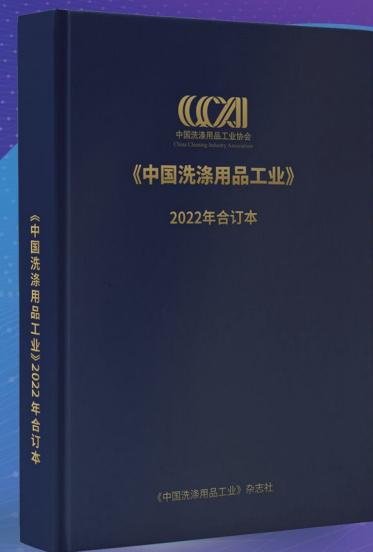
全国各地邮局均可订阅

邮发代号：80-631

### 订阅方式 ③

发行部订阅热线：

(010) 65262961-8015





# 上海发凯化工有限公司

低泡、耐碱绿色表面活性剂专业供应商

公司地址：上海市金山区亭林工业园林宝路318号

电话：021-67231369 57234100

网址：[www.shfinechem.com](http://www.shfinechem.com) 传真：021-37910201 67233055

邮箱：[sales@shfinechem.com](mailto:sales@shfinechem.com) [fctech@shfinechem.com](mailto:fctech@shfinechem.com)

上海发凯化工有限公司是中国日用化学工业研究院实施“产业化”战略，在上海市金山区独资成立的有限责任公司；集研发、生产、销售、服务为一体，重点生产、销售烷基糖苷（APG）系列非离子表面活性剂、醇醚羧酸盐（AEC）阴离子表面活性剂、两性咪唑啉等新型绿色、环保产品。公司拥有年产15000吨烷基糖苷（APG）、1000吨醇醚羧酸盐和2000吨咪唑啉及耐碱、无泡两性表面活性剂等生产装置；公司是上海市高新技术企业，通过了质量、环境、职业健康安全三大管理体系的认证，拥有自营进出口经营权。上海发凯化工衷心期望与业界同仁真诚合作、共谋发展！

GREENAPG PC® GREENAPG HC® GREENAPG IC®

## 产品种类及性能

品名		GREENAPG PC® 0810	GREENAPG PC® 0814	GREENAPG PC® 1214	GREENAPG IC® 06	GREENAPG IC® 08	GREENAPG IC® 0810	FC-39	FC-40
外观(室温)		浅黄色液体	浅黄色液体	浅黄色液体或膏体	琥珀色液体	琥珀色液体	浅黄色液体	琥珀色液体	浅黄色液体
固含量/%		≥50.0	≥50.0	≥50.0	75±2	60±1	65±1	40±1	40±1
pH (10%水溶液)		11.5~12.5	11.5~12.5	11.5~12.5	7~9	7~9	10~12	7.5~9.5	7.5~9.5
黏度 cp(20°C)		≥100	≥1000	≥3000	≥500	≥100	≥2000	≤100	≤100
泡 沫	30"	540	530	500	0	120	495	0	0
	3'	490	510	490	0	50	415	0	0
	5'	440	500	480	0	20	340	0	0
耐碱性/(g·L⁻¹)		640	600	—	670	400	600	330	325
润湿性(1%)		2.3"	5.2"	10.9"	1'51"	7.1"	2.5"	54.1"	—
表面张力/(mN·m⁻¹)		26.2	27.1	27.1	27.4	31.7	27.9	24.6	28.2

GREENAPG PC® 0810、0814和1214为天然醇烷基糖苷，主要用于个人、家居清洁及保护用品，如香波、浴液、洗面奶、洗手液、餐具及果蔬清洁剂等。GREENAPG IC® 0810、08和06为工业用耐碱烷基糖苷；FC-39和FC-40为工业用耐碱、无泡两性表面活性剂；可用于金属、玻璃、啤酒瓶、食品机械、纺织精炼等工业清洗领域。

## 《中国洗涤用品工业》第三届编委会

主任：汪敏燕 中国洗涤用品工业协会 理事长  
副主任：郭伟疆 《中国洗涤用品工业》杂志社 社长

### 顾问：（按姓氏拼音首字母为序）

陈凯旋	广州立白企业集团有限公司 董事长/总裁	刘茂林	湖南丽臣实业股份有限公司 总经理
陈 韬	广州市浪奇实业股份有限公司 副总经理	潘 东	广州蓝月亮实业有限公司 集团董事会主席
陈 沂	山西焦煤运城盐化有限责任公司 日化板块总经理	秦东言	宝洁家居与织物护理部研发部 副总裁
崔新宇	丰益油脂科技有限公司 董事长兼总经理	沈 俊	联合利华北亚区 研发副总裁
董晓辉	中铝山东有限公司 副总经理	孙岳明	浙江东南船舶日化有限公司 董事长兼总经理
杜志强	上海和黄白猫有限公司 董事长	王珍明	上海制皂（集团）有限公司 总经理
封益民	中轻日化科技有限公司 党委书记、总经理	王 军	中国中轻国际工程有限公司 副总经理
方银军	赞宇科技集团股份有限公司 总经理	魏建华	北京绿伞科技股份有限公司 董事长/总经理
方 云	江南大学化学与材料工程学院 教授	徐圆圆	金陵石化公司烷基苯厂 厂长/党委副书记
耿 涛	中国日用化学研究院有限公司 党委书记/总经理	徐宝财	北京工商大学轻工科学技术学院 院长
何丽明	纳爱斯集团有限公司 董事长/总裁	徐庆杰	南京佳和日化有限公司 董事长/总经理
胡克勤	洛娃科技实业集团有限公司 董事长	于 文	西安开米股份有限公司 董事长/总经理
黄建文	东莞市立顿洗涤用品实业有限公司 总经理	朱涤飞	传化集团有限公司日用品分公司 董事长
李明辉	中国石油抚顺石化公司洗涤剂化工厂 副厂长(主持工作)		

### 编辑委员会：（按姓氏拼音首字母为序）

陈海兰	山西焦煤运城盐化集团有限责任公司 技术中心主任	李 英	山东大学化学与化工学院 教授
陈 韬	广州市浪奇实业股份有限公司 副总经理/总工程师	林尚鹏	广州蓝月亮实业有限公司 洗涤研究院院长
陈晓岚	安利（中国）日用品有限公司 技术法规主任	刘国彪	湖南丽臣实业股份有限公司 副总经理兼总工程师
崔新宇	丰益油脂科技有限公司 董事长兼总经理	杨敏杰	上海制皂有限公司 副总经理
丁新溪	浙江省凤凰化工有限公司 董事长	刘奕彤	诺维信（中国）投资有限公司 技术服务高级经理
董晋湘	太原理工大学化工学院 院长	刘 英	纳爱斯集团有限公司 家居洗护用品经理
董银卯	北京工商大学 教授/博士	刘 佐	丰益油脂科技（东莞）有限公司 总经理
杜明辉	北京安洁康生物科技有限公司 总裁	吕良波	沙索（中国）化学有限公司 销售总监
杜志平	山西大学 教授	梁 冰	陶氏化学（中国）投资有限公司 高级研发经理
韩 富	北京工商大学 教授/博士	裴 鸿	中国日用化学工业信息中心 主任
胡征宇	纳爱斯集团有限公司 总工程师	沈 宏	中轻化工股份有限公司 总工程师
贾海东	上海家化联合股份有限公司 研发总监	沈 俊	联合利华（中国）有限公司 研发副总裁
李秋小	中国日用化学研究院有限公司 教授级高工	石荣莹	上海和黄白猫有限公司 副总经理



## 编辑委员会：（接上页）

宋六九	中铝山东有限公司海外资源开发中心 经理	杨作毅	广州立白企业集团有限公司 副总裁
汤 鸣	北京宝洁技术有限公司 研发首席科学家	于 文	西安开米股份有限公司 董事长/总经理
滕伟林	纳爱斯集团有限公司 副总工	袁 路	中国中轻国际工程有限公司 主任
童 俊	成都蓝风（集团）股份有限公司 高级经济师	张贵民	上海合丽亚日化技术有限公司 总经理
王静红	国际香料（中国）有限公司 大中国区商务总监	张 辉	北京绿伞科技股份有限公司 副总经理
王 军	郑州轻工业学院科技处 主任/教授	张 剑	山西大学化学化工学院 教授
王玮波	杭州油脂化工有限公司 副总经理	张利萍	广州立白企业集团有限公司 首席科学家
王学川	陕西科技大学 副校长	张晓丽	巴斯夫（中国）有限公司 项目经理
王 岩	百氏得森（上海）精细化工有限公司 总经理	赵建利	洛娃科技实业集团有限公司 执行董事
吴惠平	轻工业杭州机电设计研究院有限公司 副总经理	郑利强	山东大学化学与化工学院 教授
夏雄燕	赞宇科技集团股份有限公司 市场营销部副经理	周傅强	中石化金陵石化有限公司烷基苯厂 企管处长
夏咏梅	江南大学化学与材料工程学院 教授		

## I&I委员：（按姓氏拼音首字母为序）

陈金明	上海和黄白猫有限公司 专业用品研发经理	王晓风	三达奥克化学股份有限公司 常务副总经理
郭继东	北京日光旭升精细化工技术研究所 所长	文玲娜	上海白猫专用化学品有限公司 研发部主管
韩 富	北京工商大学 教授	余 鑫	3M中国有限公司 医疗产品技术专家
胡 楚	泰华施清洁科技（上海）有限公司 大中华区技术经理	伍 川	北京佳士力科技有限公司 供应链经理
胡 磊	苏州禾川化学技术服务有限公司 研发经理	谢颂鸥	广州立白企业集团有限公司 研发主任工程师
焦志蓝	中万恩科技有限公司 研发助理	杨连开	安徽省华凯轻工科技有限公司 董事长
孔 纤	广州蓝月亮实业有限公司 工程师	姚永丽	上海康跃化工科技有限公司 技术经理
李丽丹	丰益油脂科技有限公司 日化供应链总监	张志国	诺力昂化学品（博兴）有限公司
李 英	山东大学化学与化工学院 教授、博士	张惠文	上海康跃化工科技有限公司 副总经理
李道重	林斯特龙（上海）洗涤服务有限公司 质量经理	张仁里	核工业化工冶金研究院 教授级高工
李军翔	北京汇诚骏景科技有限公司 总经理	张永民	江南大学化学与材料工程学院 副教授
刘 保	广州市浪奇实业股份有限公司 研究所副所长	赵建红	广州市日用化学工业研究所有限公司/广东工业大学所长/教授
刘 洋	诺维信（中国）投资有限公司 家居护理技术专家	赵建利	洛娃科技实业集团有限公司 执行董事
梁 冰	陶氏化学（中国）投资有限公司 高级研发经理	郑 艳	艺康（中国）投资有限公司 资深化学师
强鹏涛	上海开米科技有限公司 研发中心主任	郑棱锋	赢创特种化学（上海）有限公司 实验室主管
石鸿斌	巴斯夫（中国）有限公司 销售经理	朱思聪	广州市科灵精细化工有限公司 总经理
唐福山	北京市海淀区长城经济技术研究所 总工	左 娅	亚峰阳光（北京）生物科技有限公司 总裁
田立京	北京市新美达工贸有限公司 董事长	宗李燕	杜邦中国集团有限公司上海分公司 应用研究员
王 琪	江苏科技大学（张家港） 院长		

## 《中国洗涤用品工业》第三届编委会

### 青年编委：（按姓氏拼音首字母为序）

白 亮	中国日用化学研究院有限公司	高级工程师/副主任
蔡国强	纳爱斯集团有限公司	研发经理
丁春超	广州立白企业集团有限公司	技术法规高级工程师
丁建华	山东丽波日化股份有限公司	高级研发工程师/技术中心主任
傅环环	北京睿迩检测技术有限公司	高级工程师/技术负责人
高鸿信	北京宝洁技术有限公司	高级研发经理
高 南	顺德职业技术学院	副教授
高 楠	诺维信(中国)投资有限公司	工程师/家居护理工业(中国)技术服务经理
何志强	上海东大化学有限公司	技术经理
靳鹏伟	上海和黄白猫有限公司	产品开发主管
梁 冰	陶氏化学(中国)投资有限公司	高级研发经理
林良良	江南大学	副教授
刘畅瑶	北京工商大学	日化工程系副教授/副系主任
刘晓臣	中国日用化学研究院有限公司	高级工程师/副主任
刘心建	山西焦煤运城盐化集团有限责任公司	主任工程师
卢志敏	广州市浪奇实业股份有限公司	高级研发工程师
罗 勇	广州立白企业集团有限公司	研发高级工程师
强鹏涛	上海开米科技有限公司	高级工程师/研发中心主任
石 帅	赢创特种化学(上海)有限公司	战略项目负责人
宋金武	广东环凯微生物科技有限公司	高级工程师/技术经理
随东辉	北京绿伞科技股份有限公司	研发主管
万 同	天津科技大学化工学院	副教授
王 策	北京工商大学	主任/副教授
王 靖	江南大学 化学与材料工程学院	副教授
王 俊	广东溢多利生物科技有限公司	洗涤酶应用研发高级总监
张天翼	威莱(广州)日用品有限公司	高级研发工程师

# 轻工行业职业能力评价 行业基地招募



2022年7月28日，全国轻工行业职业能力评价工作会在浙江宁波举办，此次大会共1000余人参加。中国洗协作为总站参加2022年全国轻工行业职业能力评价工作会和轻工业职业能力评价总站授牌仪式，携所属行业基地人员参加考评员培训。



中国洗协持续为轻工业高质量发展提供高素质技能人才支撑，持续招募直属行业基地，面向企业职工、院校学生以及相关职业（工种）的从业人员开展评价工作。欢迎各位有识之士加入行业基地，共同推动行业发展！

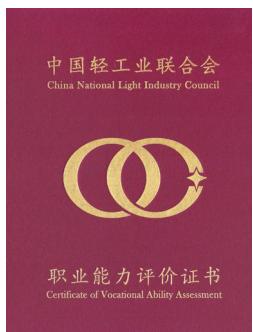
## 申报流程

材料递交 → 资格审核 → 实地检查 → 结果公示 → 基地授牌

## 行业基地职能

| 培养储备人才 | 技能等级评价 | 颁发行业证书 | 组织技能竞赛 | 参与评优评奖 |

## 实体证书展示



- 中国轻工业联合会颁发
- 行业自主评价证书
- 可全国范围内流通
- 联网可查，支持二维码验证

## 证书优势

- 专业技能**等级认证**
- 提升职场竞争力
- 培养“**大国工匠**”实用型人才



联系人：吕秀媛、郭伟疆  
电 话：(010) 65262961-8013  
邮 箱：claralv@ccia-cleaning.org

扫码了解基地申报



# 卷首语

“千门万户曈曈日，总把新桃换旧符”。大地回暖，万象更新，我们携手迈进了2023年。过去的一年，在广大读者、作者、编委专家的关心和支持下，《中国洗涤用品工业》杂志顺利完成全年出刊工作，收获颇丰。在此，我们向所有关爱《中国洗涤用品工业》发展和成长的同仁表达衷心的感谢和美好祝福，祝愿大家在新的一年，工作顺心称意、事业鹏程万里！期待大家在新的一年继续给予本刊关注与支持！

历经疫情考验，回首不平凡的2022年，我们保持韧性、坚定信心、砥砺前行，始终怀揣着满腔的热情，成功迎接多重挑战，克服重重困难，收获了充实和喜悦。过去的一年，杂志社策划、出版了“洗衣凝珠”专刊及多个专题，向读者呈现“个人与家居清洁护理”“消毒杀菌技术”“工业清洗与消毒”“商业布草的清洗与消毒”“工业与公共设施清洁”“新剂型洗涤产品”等。编辑团队密切关注行业技术进展，组织了一批追踪行业热点、提供深度分析的优秀稿件，为行业企业之间的信息沟通和技术交流搭建了坚实的桥梁。在我们的共同努力下，全年杂志复合影响因子0.489，同比增长4%，刊载文章被中国知网下载626次，刊登基金资助论文7篇，收获了广大读者的好评。

2023年是全面贯彻落实党的二十大精神的开局之年，在新的一年里，本刊将进一步全面贯彻习近平新时代中国特色社会主义思想，以奋发有为的精神，深入贯彻落实党的二十大重要决策部署，继续努力提升为广大读者和作者服务的力度和质量，为不断开创中国洗涤用品工业高质量发展新局面做出更有价值的学术贡献！



汪敏蓝

中国洗涤用品工业协会 理事长

2023年1月1日

HAPPY NEW YEAR

# 《中国洗涤用品工业》

CHINA CLEANING INDUSTRY

1984年创刊 月刊

2023年第1期 总第262期

- 中国洗涤用品工业协会会刊
- 美国《化学文摘》(CA) 收录期刊
- 《中国知网》收录期刊
- 《维普网》全文收录期刊
- 《万方数据-数字化期刊群》收录期刊
- 《中国学术期刊(光盘版)》收录期刊
- 《超星》“域出版”数字图书馆收录期刊
- 美国《EBSCO》收录期刊
- 《中国知识资源总库》收录期刊
- 中国核心期刊(遴选)数据库全文收录期刊

## 目 次

### 专家点评

保持韧性 增强信心 砥砺奋进

汪敏燕 (1)

### 专题

结构特性对两性离子表面活性剂性能的影响

..... 谢志凯, 刘振华, 张 涌 (8)

椰油酰甘氨酸钠与两性表面活性剂复配泡沫性能探究

..... 许珺莹, 刘正芳, 许 显, 等 (15)

曲酸洗手液研制

..... 李镇江, 杨志刚, 叶 莉, 等 (21)

聚氧乙烯醚型非离子表面活性剂的乳化性能的比较研究

..... 王 坚, 刘建益, 钱 飞, 等 (29)

《表面活性剂化学与工艺学》课程思政设计与实施

..... 王 策, 赵 莉, 刘畅璐, 等 (37)

主管单位: 中国轻工业联合会

主办单位: 中国洗涤用品工业协会

社 长: 郭伟疆

主 编: 郭伟疆

责任编辑: 郭伟疆 张丽莉

美 编: 姚 硕

广告经理: 王 皓 王 旭

封面图片: 佛山菁亮日化用品有限公司

编辑出版: 《中国洗涤用品工业》杂志社

出版日期: 2023年1月25日

地 址: 北京市西城区白纸坊东街2号

经济日报社A座综合楼821室

邮政编码: 100054

电 话: (010) 65262961-8001

广告热线: 13264086824, 18611745310

订阅热线: (010) 65262961-8015 (宋宇)

E-mail: linda@ccia-cleaning.org

邮发代号: 80-631

中国标准连续出版物号: ISSN 1672-2701  
CN 11-3366/TS

广告发布登记: 京东工商广登字20170063

发 行: 北京市报刊发行局

国内订阅: 全国各地邮局或本刊发行部

印 刷: 廊坊市佳艺印务有限公司

国内定价: 50元/期

国外定价: 15美元/期

## 研究与应用

弱碱性油污清洁剂的研究与应用

..... 陈源明, 何佳兴, 马 铃 (42)

酿脓链球菌生物学特性及其检测方法应用进展

..... 刘 爽, 姚 粟, 李 婷, 等 (50)

辛烷基磺酸钠在有机酸体系中的增稠性能应用研究

..... 梁水娇, 宋晶晶, 卢宇毅 (59)

基于伪三元相图的壬二酸微乳液的制备与评价

..... 郭田田, 解晓冬, 张潞艳, 等 (67)

## 技术与市场

全新硬表面微生物清洁方案

..... 郭静妍, 伍 举, 黄文琪, 等 (76)

## 杂志稿约

《中国洗涤用品工业》杂志稿约

( 79 )

## 版权声明：

本刊所发表的论文均属作者观点，编辑部对来稿有修改权。来稿文责自负，文章、图片所涉侵犯他人版权和其他权利，本刊恕不承担任何连带责任。论文一经刊登，即视为作者同意将文章的复制权、发行权、翻译权、信息网络传播权等权利许可给《中国洗涤用品工业》杂志社使用，本刊可以授权有关合作单位（如中国知网、万方、维普等）使用。未经版权所有人书面许可不得以任何形式转载或复制。本刊稿酬（含作者著作权使用费）一次性给付。作者向本刊提交文章发表的行为即视为同意我社上述声明，若有异议，请来稿说明，本刊将做适当处理。

部分图片提供：<http://699pic.com>/摄图网



中国洗协  
微信二维码



中国洗协网站  
手机版二维码

## 把握行业脉动 服务行业发展

### 中国洗涤用品工业协会简介

中国洗涤用品工业协会成立于1983年9月，是民政部评定的国家4A级协会。协会会员由中国境内从事清洁用品、表面活性剂、专用助剂、油脂化工、行业专用技术装备等相关产业的企业，科研设计、教育等单位和地方协会组成。

**分支机构：**中国洗涤用品工业协会肥皂分会；中国洗涤用品工业协会洗涤剂分会；中国洗涤用品工业协会表面活性剂专业委员会；中国洗涤用品工业协会科学技术专业委员会；中国洗涤用品工业协会油脂化工分会；中国洗涤用品工业协会技术装备专业委员会；中国洗涤用品工业协会工业与公共设施清洁分会；中国洗涤用品工业协会助剂分会；中国洗涤用品工业协会宠物清洁护理分会。

**信息服务平台：**中国洗涤用品行业信息网([www.ccia-cleaning.org](http://www.ccia-cleaning.org))；中国洗涤用品工业协会微信号ccia-cleaning；《中国洗涤用品工业》；《中国油脂化工》；《会员通讯》；《行业统计信息资料汇编》；《行业发展白皮书》等。

**会展活动：**中国洗涤用品行业年会；中国油脂化工行业年会（中马油脂化工研讨会）；中国洗协政策法规、信息统计、青年编委工作会议；中国洗涤用品工业协会工业与公共设施清洁分会年会；中国国际日化产品原料及设备包装展览会；中国洗涤用品工业协会宠物清洁护理分会年会。

入会热线：010-65262961转8006



**China Cleaning Industry**

## Contents

2023 No.1, Serial No. 262

### Expert Comments

Stay Resilient, Strengthen Confidence and Forge Ahead

WANG Minyan (1)



### Special Topic

Structural Effects on the Properties of Zwitterionic Surfactants

XIE Zhikai, et al (8)

Research on the Foam Properties of the Compound Systems of Sodium Cocoyl Glycinate and Zwitterionic Surfactants

XU Junying, et al (15)

Development of Kojic Acid Hand Sanitizer

LI Zhenjiang, et al (21)

Comparative Study on Emulsifying Ability of Several Polyoxyethylene Ether Non-Ionic Surfactants

WANG Jian, et al (29)

Ideological and Political Design and Implementation of the Course Surfactant Chemistry and Technology

WANG Ce, et al (37)



### Research & Application

Research and Application of Weak Alkaline Oil Stain Cleaner

CHEN Yuanning, et al (42)

Biological Characteristics and Application Progress of Detection Methods of Streptococcus Pyogenes

LIU Shuang, et al (50)

Study on Application of Sodium Octanesulfonate in Thickening of Organic Acid System

LIANG Shuijiao, et al (59)

Preparation and Evaluation of Azelaic Acid Microemulsion Based on Pseudo Ternary Phase Diagram

GUO Tiantian, et al (67)

### Sponsor:

China Cleaning Industry Association  
(CCIA)

### Edited & Published by:

Editorial Office of CCIA

**Address:** Room821, Economic Daily Building A, No. 2, Baizifang East Street, Xicheng Dist., Beijing 100054, China

**Postcode:** 100054

**Tel:** (010) 82149869

**E-mail:** gwj@ccia-cleaning.org

**ISSN** 1672-2701

**Price:** USD 15

### Technology & Market

Microbial-based Cleaning Solution for Hard Surface Cleaning

GUO Jingyan, et al (76)

### Contribution Wanted

*China Cleaning Industry Invites Contribution*

(79)

# 《中国洗涤用品工业》杂志面向全行业征稿啦

# 2023征稿启事

《中国洗涤用品工业》作为面向洗涤用品行业全面展示中国洗涤用品工业发展状况的权威媒体，是一本引领行业学术发展和技术交流的科技类期刊，每月25日公开发行。杂志目前已被美国化学文摘（CA）《中国知网》《维普网》《万方数据-数字化期刊群》《中国学术期刊（光盘版）》《超星》《EBSCO》《中国知识资源总库》和中国核心期刊（遴选）数据库收录。

《中国洗涤用品工业》密切关注洗涤用品行业及相关行业的技术进展，追踪行业发展的热点问题和焦点问题并提供深度分析，反映整个行业的发展方向，反映企业和企业家的声音。同时，介绍会员企业最新生产情况和经营管理经验，为行业企业之间的信息沟通和技术交流服务。

## 《中国洗涤用品工业》栏目设置：

| 行业报道 | 综述 | 科技创新 | 研究与应用 | 技术与市场 | 政策法规 | 消费者教育 |

## 《中国洗涤用品工业》征稿对象：

高等院校教师、在读博士、硕士研究生、科研机构和生产企业一线科技人员、管理人员等。

为了满足读者需求、紧跟时代步伐、把脉行业趋势、引领行业发展，更好地促进行业交流，2023年，《中国洗涤用品工业》计划推出一系列专题：

“表面活性剂” “洗护香氛” “新剂型洗涤产品” “适老产品” “宠物清洁护理” “母婴童洗护用品技术与市场” “家用及商用洗碗机专用洗涤剂技术与市场” “工业与公共设施清洁” “个人与家居清洁护理” “商业布草的清洗与消毒” “消毒杀菌技术” “洗衣凝珠”。

欢迎广大英才积极投稿，尽展科技芳华！

## 投稿方式（注明 专刊）：

网站：<http://ccia-cleaning.mikecrm.com/wac3M8k>

联系人：张丽莉 吕秀媛

联系电话：(010) 65262961-8002, (010) 65262961-8013



# 保持韧性 增强信心 砥砺奋进

中国洗涤用品工业协会理事长 汪敏燕 2022.12.29



**汪敏燕**  
中国洗涤用品工业协会  
理事长

今年以来，复杂演变的国际局势和跌宕反复的疫情等超预期的各种冲击，部分经济效益指标转弱，叠加能源、石油化学品、天然气、包装材料等原材料价格持续高位震荡，行业经济运行下行压力加大，生产供给和销售都受到一定影响，给行业带来巨大挑战，中国洗涤用品行业经受了严峻的考验。在党中央国务院的英明决策部署下，行业同仁在“稳增长”“促转型”方面做出不懈努力，延续了行业稳健发展的势头，向着“十四五”既定目标，迈出了坚实的一步！

今年十月胜利召开的中国共产党第二十届全国代表大会，制定了当前和今后一个时期党和国家的大政方针，描绘了以中国式现代化全面推进中华民族伟大复兴的宏伟蓝图，为我们迈上全面建设社会主义现代化国家新征程，奠定了关键的发展方向和明确的奋斗目标。我们要认清形势，坚定信念，坚持高质量发展路径，冷静中不悲观、积极中不冒进，保持韧性，增强信心，砥砺奋进，深刻把握创新发展方向，努力开创行业新局面。下面，我从行

业面临的形势，一年来行业发展取得的成就和中国洗协创新工作的亮点、2023年行业发展思路四方面和大家做一个交流。

## 一、正确认识国家经济发展趋势，增强韧性保持定力

### (一) 坚持稳增长高质量发展总基调

1.党的二十大报告提出，坚持把发展经济的着力点放在实体经济上，推进新型工业化，加快建设制造强国、质量强国、航天强国、交通强国、网络强国、数字中国。实体经济是国家强盛的重要支柱。我国实体经济实现量的稳步增长和质的显著提升，为全面建设社会主义现代化国家奠定了坚实基础。2022年中央经济工作会议提出，稳中求进工作总基调依然被强调为治国理政的重要原则，要长期坚持。要把“稳”和“进”作为一个整体来把握，把握好工作节奏和力度。全行业要在稳的前提下，在关键领域有所进取，奋发有为。

2.中央经济工作会议作出“中国特色社会主义进入了新时代，我国经济发展也进入了新时代，基本特征就是我国经济已由高速增长阶段转向高质量发展阶段”的重要判断，进一步强调高质量发展是根本的发展要求。

3.国家制定的发展战略，已经从发展是第一要

务转向平衡安全与发展，强调践行中国式现代化。行业要围绕新发展格局的布局，践行以人民为中心的发展思想，围绕国内大市场的形成，在进一步引导市场升级、扩容，满足人民群众的新需求上下功夫。进入新时代，我们不仅要利用开放促进改革，更重要是通过内部改革、提升效能来打造国际竞争力。

## （二）正确认识行业面临的困难

1.消费需求还未恢复正常水平。今年以来疫情反复，对整个消费品市场造成巨大冲击，市场未恢复到正常水平，销售不旺，给企业生产带来较大不利影响。

2.经济形势依然严峻。今年一季度我国国民生产总值GDP同比增长4.8%，今年第二季度同比增长0.4%，接近0的增速，在我国是极为罕见的（2021年一季度同比增长18.3%，二季度增长7.9%，三季度增长4.9%，四季度增长4.0%）。今年形势与去年相比更加困难，就业形势也相当严峻、服务业整体依然低迷。

3.强链补链任务繁重。疫情的传播打乱了企业正常的生产、销售节奏，影响了产业链、供应链的畅通，物流保障受到威胁。企业要主动适应这种新变化，加强产业链上下游协同合作，推进产业链供应链协同创新，深入实施智能制造，建设智能高效的产业链供应链。

## （三）创新引领，增强困境中生存发展的韧性

我们要清晰地认识到，目前面临的困难是短期的，我国经济稳中向好、长期向好的基本面没有改变，转型升级高质量发展的基础没有改变。行业

在产业结构转型升级、创新能力建设、绿色低碳发展、整体竞争力提升等方面，距离强国目标仍有较大差距，还存在很多亟待解决的问题。

习近平总书记提出：“科技创新成为国际战略博弈的主战场，围绕科技制高点的竞争空前激烈。我们必须保持强烈的忧患意识，做好充分的思想准备和工作准备。”认真学习领会习总书记的话，我们深刻认识到，在百年未有之大变局面前，新一轮科技革命和产业变革突飞猛进，科技创新广度显著加大，深度显著加深，速度显著加快，精度显著加强。“十四五”期间，我们行业的发展比以往任何时期都更需要增强科技创新这个第一动力，在产业结构上必须实现高端引领的新突破，要突破洗涤产品同质化、低质化严重的局面，大幅提高功能性强、清洁效率高、绿色环保高端产品的比重，筑牢高质量发展“生命线”。大家都挤在低质低价产品供应端，行业没有出路，企业也一定没有出路！

全行业要从根本上改变过去“规模速度型”“追随模仿型”和“传统管理型”的旧发展模式，行业科技领军企业要发挥企业形象、品牌、创新平台的优势，加大力度整合、集聚创新资源，形成高强度的创新基地，开展产业共性关键技术研发、科技成果转化及产业化、科技资源共享服务，提升产业基础能力建设和产业链现代化水平，通过加强自主创新力度，在关键技术研发、产品质量提升、自有品牌建设等方面抓出实效，全面激发企业高质量发展的动力活力，提高创新对经济增长的贡献，开创创新引领行业发展的新局面。

## 二、2022年行业发展取得的成绩

一年来，全行业坚持以习近平新时代中国特色社会主义思想为指导，坚持稳中求进的工作总基调，立足新发展阶段，加快构建新发展格局，坚持以高质量发展为主题，以深化供给侧结构性改革为主线，以改革创新为根本动力，以满足人民日益增长的美好生活需要为根本目的，积极应对各种风险挑战，行业发展取得了可喜的成就。

### （一）行业运行企稳回升

从洗涤用品产量看，据国家统计局数据显示，2022年1-11月，肥皂及洗涤剂制造业生产合成洗涤剂943.68万吨，同比减少0.77%；其中合成洗衣粉产量277.54万吨，同比减少4.47%，液体洗涤剂产量666.14万吨，同比增长0.86%。

从行业经济效益数据看，国家统计局对435家规模以上企业统计数据表明，企业营业收入为1023.84亿元，同比增长4.26%；利润总额96.04亿元，同比增长6.01%，利润率为9.38%；亏损企业亏损额6.73亿元，同比减少5.54%，行业亏损面为21.38%。

从主要原料价格情况看，2021年9月至2022年11月，精炼棕榈仁油、C12-14脂肪醇、C12-14脂肪酸、硬脂酸、油酸（工业级）、工业直链烷基苯、环氧乙烷（EO）、脂肪醇聚氧乙烯醚（AEO7/9）、脂肪醇聚氧乙烯醚硫酸钠（AES）、直链十二烷基苯磺酸（LAS）等10种主要原料和助剂价格，表面活性剂价格，整体呈现回落趋势。受疫情及俄乌冲突影响，2021年9月至2022年6月，全行业在产业链上游

原料供应端价格大幅上涨，生产成本上升。2022年6月至11月，原料及表面活性剂价格逐步趋于稳定，较2021年同期有一定程度的下降。

从今年行业经济运行形势看，在全行业的共同努力下，我国洗涤用品工业克服诸多困难，与上半年相比，实现了生产运行平稳，销售及利润略有上升，显现出洗涤用品工业的增长潜力和发展韧性，为实现国家“六稳”“六保”目标提供了有力支撑，为国家经济发展贡献了行业力量。

### （二）产业转型升级取得可喜进展

主要表现在以下三个方面：

#### 1.转型升级步伐加快，产品结构优化显著

全行业产业体系更加完备、产业链更加健全，产品结构优化显著，新品类新剂型洗涤剂不断涌现，为满足人民群众对美好生活不同层次的新消费需求做出了贡献。今年有11家企业的17个产品入选工信部第九批“升级创新消费品指南”名单。行业转型升级步伐加快，产业整体实力、质量效益以及创新能力都得到了提升，向洗涤用品制造强国迈进。

#### 2.以高质量发展为目标，龙头企业引领，行业转型升级成果丰硕

一年来，一批行业骨干企业坚持创新引领高质量发展方向，产业结构升级明显，取得了可喜成绩。5家企业获得国家级大奖，22家企业获得中轻联相关奖项，3家企业顺利通过中轻联“设计中心”、“工程技术中心”和“重点实验室”复评。具体获奖企业和奖项如下：

获得国家级荣誉的企业：会员企业万华化学入

选中国工业经济联合会第七届中国工业大奖，纳爱斯入选中国工业大奖表彰奖；湖南丽臣上海奥威实业有限公司、宁波得利时泵业有限公司两家企业获得工信部“专精特新小巨人”称号；蓝月亮获得国家知识产权局“中国专利奖”优秀奖。

入选或承担中轻联相关奖项和项目的企业有：10家企业入选中轻联“2021年度轻工业百强企业”；4家企业入选中轻联“2021年度轻工业科技百强企业”；5家企业获中轻联“科学技术进步奖”；1家企业入选中轻联“轻工业工业设计中心”；2家企业入选中轻联“中国轻工业工程技术研究中心”。

### 3.行业标准化工作进一步加强，多项标准顺利出台

标准制修订工作有序开展，企业更加积极参与标准工作，行业标准化水平迈上新台阶。2021年底至今，共发布11项国家标准、行业标准及中国洗协团体标准。其中，国家标准5项，行业标准3项，团体标准3项。此外，还有15项国家标准，16项行业标准分别进入国家标准委和工信部的审批发布程序。

## 三、中国洗协2022年创新性工作亮点

一年来，中国洗协坚持以党建引领促进行业发展特色，努力探索新形势下行业协会发展道路，积极为政府和企业搭建沟通桥梁；积极引导行业高质量发展，建立行业经济运行快速反应机制；在应对突发事件中，充分发挥协调作用；大力推动行业科技创新体系建设；促进节能减排、绿色发展，持续推进行业转型升级、建立和培养专业化、职业化、

精细化高效管理的协会团队，不断增强服务能力，开展了许多卓有成效的工作。赢得了企业和政府部门的信任，协会的凝聚力和影响力不断增强。主要在以下六个方面：

### （一）充分发挥桥梁纽带作用，更好地服务政府和企业

1.以高度政治自觉，主动参与国家治理体系和治理能力现代化建设，求真务实议政建言。怀着强烈的责任心，把行业和企业的正当诉求及时、准确地反映到国家法律法规政策制定中。中国洗协配合工信部等5部门研究制定并于今年6月发布了《关于推动轻工业高质量发展的指导意见》、参与发改委、工信部《产业结构调整指导目录》修订，配合政府部门对涉及行业发展相关政策研究提出意见建议；推荐14家企业、32个品牌，235个产品企业参加工信部组织的“三品”全国行活动、推荐6家企业的11款洗涤用品，参与工信部组织“适老产品”目录评选活动。

### 2.动员各方资源，解决企业发展中的困难

#### （1）疫情封闭管理期间，帮助打通产业链堵点难点

今年3月中国洗协与在上海的企业及相关企业及时沟通，向工信部推荐白名单企业，帮助企业获得通行证；向天津市经信局反映企业包装材料外运困难问题。

#### （2）联系国家质监局质量监督处，反映部分地区质量监督管理部门过度执法问题。

#### （3）联系工信部安全生产司，反应企业入境

产品因含合标三乙醇胺成份受阻问题。

(4) 联系中国石油化学品工业联合会,请其协助组织化工专家对洗涤用品原料生产企业扩大产能不增加环境污染进行论证,向企业所在地政府部门提交论证结果。

## (二) 主动与线上销售平台建立合作机制,力争准确掌握行业销售走势,助力行业运行数据统计分析,推优培育线上市场

一是中国洗协陆续增加企业直报统计范围,积极鼓励会员企业报送数据,加大了数据信息服务力度。2022年1-6月,数据年报企业数量较2021年同期增加了近15%。二是与天猫、京东等线上平台建立日常交流合作机制,获取天猫平台销售数据,补充到2021年《中国洗涤用品行业发展白皮书》中,为企业创新销售模式提供借鉴与数据支持;三是配合工信部“三品”全国行活动,在京东、天猫、抖音、快手等商超平台设立名品专区,推送行业优质洗涤用品。

## (三) 联合中国消协开展打击低质劣质产品,开展消费者教育系列活动

中国洗协在营造和培育公平市场环境,加强消费者教育,促洗涤用品工业健康发展方面,又向前迈进了一步。我们创新性开展了以下几项工作:

(1) 在去年8月与中国消协共同开展打击低质劣质洗涤产品的基础上,联合中国消协开展质量抽查,抽查了31款洗衣液,开展比较实验,向社会公布抽检结果,宣传优质产品,打击伪劣产品,净化市场环境。

(2) 在2021年与《中国消费者》杂志合作的基础上,去年11月以来,在《中国消费者》杂志专门设立消费头条/家庭清洁专栏,连续刊登洗涤及科普类、发展趋势类文章,中国消费者微信公众号、中国消费者官方网站也跟进相关报道内容。

(3) 主动编写出版科普宣传册,开展消费者教育,培育市场。中国洗协编制印刷了《洗涤用品科普知识手册》(征求意见稿),以实用、易懂、图文并茂的形式指导消费者科学选购洗涤剂,培养正确的消费习惯。宣传绿色环保从我做起,倡导绿色消费。

## (四) 贯彻“三品”战略,推动绿色化、功能化、适老洗涤产品研发推广

深入贯彻国务院提出的消费品“增品种 提品质 创品牌”三品战略,指导行业构建高质量的供给体系,增加升级创新产品,提升质量保障水平。在推动洗涤剂浓缩化方面,连续3年实行使用“浓缩标志”减免认证费优惠政策,鼓励企业生产浓缩产品。2021年新增申请注册使用浓缩标志企业40家,产品115个;鼓励企业开发推广功能化产品,满足消费者对洁净、健康、时尚、环保清洁产品的需求。今年,多家深入洞察各类消费群体清洁痛点,推出了运动型洗衣液,除汗渍、除螨、除老年异味等系列新品,为消费者提供洁净新体验;2022年7月出台的《中共中央 国务院关于加强新时代老龄工作的意见》披露,到2020年,中国老年人口已达2.64亿,占人口比例18.7%,中国将进入中度老龄化阶段。老年用品市场日益庞大、快速增长。面对

这一市场发展趋势，中国洗协对行业开发、生产老年去异味低刺激洗护产品情况开展调研，调研了解到，行业一批龙头企业已经着手研发适老产品，有些产品已投放市场。今年7月，根据《工业和信息化部消费品工业司关于组织开展2022年老年用品产品推广目录申报工作的通知》精神，向工信部推荐了一批适老特色产品。

#### （五）抢占宣传阵地，扩大行业的社会影响力

积极推动洗涤用品行业媒体建设，强化创新发展、绿色发展宣传引导，弘扬主旋律，激发正能量。两会期间，发挥行业人大代表作用，协助全国人大代表联泓新科董事长郑月明先生形成《关于加快推进洗涤用品浓缩化绿色发展的建议》提案；主动联系中央媒体人民网，组织业内核心企业参加人民网·人民健康主办的2022年“国民消费”系列圆桌座谈。中国洗协负责人与人大代表郑月明先生、行业头部企业负责人何丽明董事长、陈凯旋董事长、宝洁家居与织物护理部研发部秦东言副总裁、日化研究院专家代表姚晨之副总工程师，在“展望洗涤领域新趋势 探索行业发展新共识”专场座谈上，围绕扩大绿色低碳产品供给和消费、推动洗涤用品浓缩化发展等话题进行交流。中国洗协负责人接受人民网专访，介绍行业近年来的发展成就与未来愿景。以上活动被人民网网页端和移动端刊登，腾讯网、海外网相关媒体也陆续转载，报道阅读量超过10万人次，扩大了行业在社会影响力。

#### （六）突出党建引领作用，强化管理服务意识

全面贯彻党和国家方针政策，“坚持党对一切

工作的领导”这一根本要求。协会研究决定重大事项，都把党组织研究讨论作为前置程序，强化党对协会业务工作的绝对领导，完善协会治理。

### 四、2023年中国洗协重点工作思路

#### （一）坚持稳中求进总基调，保持行业在合理区间增长

习近平总书记主持召开中共中央政治局会议，分析研究2023年经济工作，明确“坚持稳中求进工作总基调”，强调“推动经济运行整体好转，实现质的有效提升和量的合理增长，为全面建设社会主义现代化国家开好局起好步”。全行业要以习近平新时代中国特色社会主义思想为指导，全面贯彻落实党的二十大精神，扎实推进中国式现代化，坚持稳中求进工作总基调，完整、准确、全面贯彻新发展理念，加快构建新发展格局，着力推动高质量发展，更好统筹疫情防控和经济社会发展，更好统筹发展和安全。

#### （二）坚持扩大内需战略基点，加快构建新发展格局

党的二十大报告的关键词之中有创新、安全、民生。中央政治局会议也要求“把实施扩大内需战略同深化供给侧结构性改革有机结合起来”，强调“要着力扩大国内需求，充分发挥消费的基础作用和投资的关键作用”。努力提高有效供给能力，提升洗涤用品供给质量，引领和创造新的清洁消费需求，推动形成供需良性循环，增强国内大循环的内生动力，加快建设现代化产业体系，提升产业链供应链韧性和安全水平。

### (三) 坚持高质量发展方向，引导企业把创新作为内生动力

紧跟行业发展趋势，充分发挥标准引领行业高质量发展的支撑作用。一是加大对原料、工艺、装备等领域重大创新的引导与支持，打好关键核心技术攻坚战，提高产业链整体效能；二是夯实标准科技引领基础，完善标准制修订计划，推进标准化工作取得新突破。标准建设重点将围绕带动质量提升、支撑新品升级、促进绿色发展、落实双碳战略、完善质量分级、培育品牌提升6大方向；逐步建立完善具有创新性、功能性、实用性、广泛性的四位一体团体标准体系。

### (四) 加快数字转型，打造数字经济新优势

组织开展相关技术交流活动，组织开展智能制造培训及向数字化经营管理典型企业参观学习交流等活动，推动企业数字化改造升级。在全行业推广数字化质量管理、机器视觉、大数据质量追溯等智能化质量控制方法，引导企业“上云、用数、赋智”，探索数字化、智能化、网络化的实现路径和方法及在洗涤用品工业生产中的应用。推动行业跨境电商、农村电商、直播电商、内容电商等新模式、新业态的发展。

### (五) 积极落实国家“双碳”战略，进一步推动绿色转型发展

在中国2030年前实现碳达峰和2060年前实现碳中和的目标下，坚持走生态优先、绿色低碳的高质量发展道路；积极推动产品绿色设计、推广绿色低碳技术在洗涤用品工业的应用。

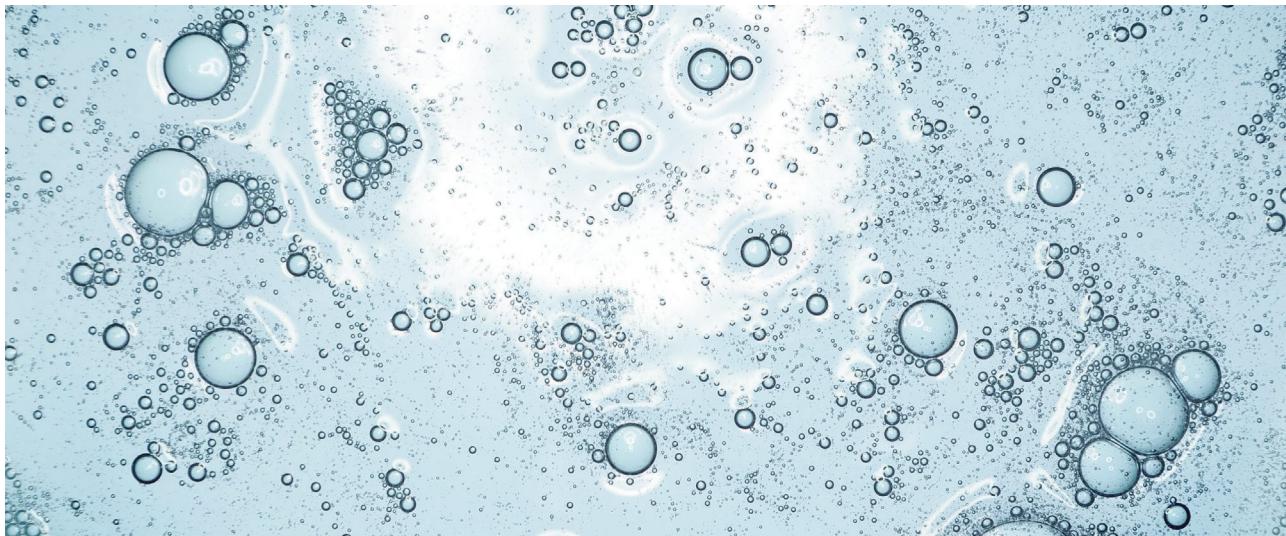
### (六) 优化协会服务内容，更有效地服务会员

把握产业变革趋势，继续做好行业运行分析，进一步扩大数据统计范围和深度，加强行业不同规模生产企业的沟通调研，深入准确分析行业现状及国内外产业动态，及时了解行业政策法规，在4个加强上下功夫：一是加强与政府部门的紧密联系，准确了解拟出台或新出台政策对行业的影响，及时反映行业诉求，发挥政策指导、服务行业的促进作用；二是加强对国内外洗涤用品工业发展形势的分析和预测；三是加强细分产品领域的行业数据统计范围拓展和分析深度；四是加强对新产品的宣传和消费引导。做好行业运行研判，为行业与企业提供更详实、可靠的参考依据，提升行业风险监控和管理能力。

### (七) 加强党的领导，提高政治站位

坚持理论武装，认真学习领会党的二十大重要文件和习近平总书记重要讲话精神，提高认识，统一思想，明确方向；积极推进党支部标准化规范化建设，加强党性党风党纪教育，巩固党史学习教育成果，落实廉洁风险防控要求。

各位同仁，中国共产党第二十届代表大会已经胜利召开，2023年是全面贯彻落实党的二十大精神的开局之年，让我们坚决落实党中央、国务院决策部署，弘扬伟大建党精神，坚持走中国特色新型工业化道路，强化科技自立自强，全行业要直面问题，迎难而上，肩负起时代赋予我们的重任，保持韧性、坚定信心、砥砺前行，在推动洗涤用品工业高质量发展中，凝聚强大力量，展现更大的作为，不断开创洗涤用品工业发展新局面！



# 结构特性对两性离子表面活性剂性能的影响

谢志凯\* 刘振华 张涌

广州花语精细化工有限公司，广东广州，510555

**摘要：**两性离子表面活性剂是具有长的疏水烃链和亲水性阴、阳离子所组成的整体表现出电中性的两亲性表面活性剂。该类表面活性剂作为一种绿色温和型表面活性剂，具有耐高浓度酸、碱、盐，优良的钙皂分散力、好的泡沫稳定性、优良生物降解特性，并具备一定的杀菌抑菌性和低毒性等特点，被广泛应用于日用化工、油田驱油、造纸工业和表面处理工业等领域。文章介绍了两性离子表面活性剂的结构特点和体系中存在无机盐时会使该表面活性剂的溶解度、Krafft点、胶束化和吸附性能等性能，并对产生的影响进行简要阐述，以供拓展新型表面活性剂和新领域应用提供一个新思路。

**关键词：**两性离子表面活性剂；无机盐；Krafft温度；胶束化；结构特性

**中图分类号：**TQ423   **文献标识码：**A   **文章编号：**1672-2701(2023)01-08-07

随着人们对节约能源和环境保护的意识不断增强，素有“工业味精”之称的表面活性剂同样受到众多研究者的关注<sup>[1]</sup>。其中，绿色合成、可降解、温和无刺激等概念层出不穷，并逐渐成为评估表面活性剂安全性和环保性的重要指标。目前，表面活

---

作者简介：谢志凯，硕士研究生，工程师，主要从事日用化学有机合成。E-mail:13556471398@163.com。

性剂存在各种各样的分类方式，其中最为常见的是根据亲水头基在溶液中所带电荷不同分为阴离子、阳离子、非离子和两性离子表面活性剂<sup>[2-3]</sup>。人们普遍认为，相比于其他类型的表面活性剂，两性离子表面活性剂不论是温和性还是生物可降解性都是最为突出的，尽管两性表面活性剂自20世纪初问世以来已经发展了近百年，且在日化<sup>[4]</sup>、纳米材料、传

感器、工业清洗、石油开采和药物传递等领域已有广泛的应用<sup>[5-6]</sup>，但其在表面活性剂行业中的研究相对较少，这可能是由于生产成本高和市场占有率过低导致的（仅占整个表面活性剂市场的9%左右）。然而，由于两性离子表面活性剂的独特性质是其他类型表面活性剂不能与之媲美的，且结构的多样性为学术研究和工业研究提供了巨大潜力。

两性离子表面活性剂的结构通常由长的疏水烷烃链- $(CH_2)_{m-1}CH_3$  ( $m$ 表示碳的数量) 与极性亲水头基组成正、负电荷串联的相反电荷组共同组成<sup>[7]</sup>，且正负电荷之间通常由一段亚甲基( $CH_2$ ) $_n$ 连接 ( $n$ 是间隔链中亚甲基的数量)，从而拥有了一个比较大的偶极矩。与其他离子表面活性剂相比，它们对温度、pH和无机电解质的敏感度很小，更大的头部亲水基团导致堆积参数值降低，从而更容易形成球形胶束，而较大的亲水基通常表现出更低的临界胶束浓度 (CMC)<sup>[8]</sup>。极性亲水头基的化学结构直接影响两性表面活性剂的性质，从而影响其潜在的应用价值，其中，极性头基中的正电荷通常由季铵盐、吡啶或咪唑基团提供，而负电荷部分可由羧酸盐、磺酸盐、磷酸盐或硫酸盐提供，且通常位于极性头基的远端，这两种正反电荷的存在使整个分子呈电中性<sup>[9]</sup>。常见两性离子表面活性剂的结构见表1。

## 1 两性离子表面活性剂的水溶性

两性离子表面活性剂的亲、疏水性取决于疏水烷基的长度 $m$ 以及电荷间隔基团的 $n$ 。通常情况下，随着 $m$ 的增加，表面活性剂的溶解度逐渐减低；而随着 $n$ 的增加，间隔子的亲水性减小，其偶极矩增加。相对于疏水基团而言，亲水基团则表现出了更加有趣的现象，羧酸甜菜碱和磷酸胆碱表面活性剂在室温下比磺酸甜菜碱水溶性更好<sup>[10-11]</sup>。

表1 常见两性离子表面活性剂的结构

表面活性剂类型	简写	结构简式
磺酸甜菜碱	SB <sub>n-m</sub>	
羟丙基磺酸甜菜碱	HSB <sub>3-m</sub>	
羧酸甜菜碱	CB <sub>n-m</sub>	
氨基羧基甜菜碱	ACB <sub>n-m</sub>	
氨基磺基甜菜碱	ASB <sub>n-m</sub>	
羧基咪唑啉	ImC <sub>n-m</sub>	
磺酸咪唑啉	ImS <sub>n-m</sub>	
磷酸胆碱	PC <sub>n-m</sub>	

Shao等<sup>[12]</sup>对具有磺酸甜菜碱和羧酸甜菜碱头基的聚合物采用分子动力学 (MD) 模拟表明磺酸甜菜碱和羧酸甜菜碱都有较强的水合作用，且磺酸甜菜碱中磺酸基团周围的水分子比羧酸甜菜碱中的羧基基团多，而羧酸甜菜碱带负电基团周围的水分子有更窄的空间分布、更大的偶极矩和更长的停留时间。这说明羧酸甜菜碱周围的水分子与溶质的相互作用强于磺酸甜菜碱，羧酸甜菜碱对水分子有着更强的吸引力。然而，当采用咪唑基团取代叔胺充当正电荷后会导致其在水溶液中的溶解度显著降低。Tondo等<sup>[13]</sup>认为咪唑环增加了亲水头基的刚性和晶体堆积，正负电荷之间形成了类似于氢键的相互作用力使得头基的水溶性下降。同样，羧酸基咪唑啉

的溶解度要优于磺酸基咪唑啉，一般而言，针对亲水基团的不同对常见两性离子表面活性剂的水溶性表现为磺酸咪唑啉<羧基咪唑啉<磺酸甜菜碱<磷酸胆碱<羧基甜菜碱<sup>[14]</sup>。

## 2 无机盐电解质的影响

一般而言，无机盐电解质的加入可以降低甚至屏蔽离子型表面活性剂中电子间的静电斥力或部分破坏表面活性剂附近的水化层，后者的这种离子水合作用可以放大疏水相互作用（盐析效应），这有利于分子的胶束化。然而，由于两性离子表面活性剂胶束表面的最大净电荷相较于阴、阳离子表面活性剂更低，因此无机盐浓度对两性离子表面活性剂胶束的作用显得比较微弱<sup>[15-16]</sup>。而两性离子表面活性剂在中性条件下容易呈现出弱的阳离子特性，这就导致了无机盐中阴离子对胶束化的影响比阳离子更为明显<sup>[17]</sup>，具备作用力更强的阴离子是通过减少阳离子亲水头基的排斥力而有利于胶束的形成（图1），且无机盐中阴离子优先结合作用遵循 Hofmeister's series和Pearson hard-soft关系，电荷低密度大的阴离子，如PF<sub>6</sub><sup>-</sup>和ClO<sub>4</sub><sup>-</sup>，与两性离子胶束的结合力更强。相较之下，密度小高水合性的阴离子，如OH<sup>-</sup>和F<sup>-</sup>，与两性离子胶束的结合显得非常微弱，在这方面，实验观察到的阴离子吸附顺序如下：PF<sub>6</sub><sup>-</sup>>ClO<sub>4</sub><sup>-</sup>>SCN<sup>-</sup>>BF<sub>4</sub><sup>-</sup>>I<sup>-</sup>>NO<sub>3</sub><sup>-</sup>>Br<sup>-</sup>>Cl<sup>-</sup>>F<sup>-</sup>≈OH<sup>-</sup><sup>[18]</sup>。与阴离子相比，两性离子胶束对阳离子的吸引力非常弱，对于羧酸甜菜碱、磺基甜菜碱、磺基咪唑和羧基咪唑等常见的两性离子表面活性而言，无机盐中阳离子的吸附性表现为三价>二价>一价，而同个价态也存在一定的差异化，如Cs<sup>+</sup>>Na<sup>+</sup>>Li<sup>+</sup>。然而，当无机盐的阴离子为ClO<sub>4</sub><sup>-</sup>而不是Cl<sup>-</sup>时，其对应的阳离子在胶束上的结合性有显著提升，这归结于ClO<sub>4</sub><sup>-</sup>在溶液中有更

快的水解速率，导致胶束表面H<sub>3</sub>O<sup>+</sup>的局部浓度更大，而H<sub>3</sub>O<sup>+</sup>离子可以被较高价阳离子从胶束表面取代，从而表现出更好的水合作用。同时，研究人员发现，一定量的无机盐对表面活性剂的初始泡沫会有一定的抑制作用，却可以促进泡沫发泡的稳定性。在泡沫形成的初始阶段，无盐或低盐浓度下泡沫坍塌率较高。随着无机盐浓度的增加，电双层（EDL）的斥力逐渐被屏蔽从而降低了气-液界面薄膜的厚度。此外，表面活性剂分子在气-液界面的吸附量增加，增加了泡沫膜中的电荷密度从而增加了体系泡沫的稳定性。与Na<sup>+</sup>相比，Ca<sup>2+</sup>和Al<sup>3+</sup>有更强的吸附性，从而更好地降低泡沫的坍塌率，而同价态下表现为Cs<sup>+</sup>>Na<sup>+</sup>>Li<sup>+</sup><sup>[19-21]</sup>。

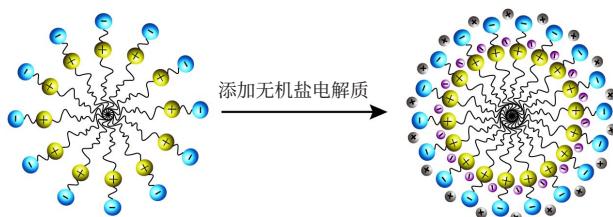


图1 无机盐对两性离子表面活性剂的影响

## 3 Krafft温度

Krafft温度是指离子型表面活性剂在水介质中的溶解度等于CMC时的温度。在Krafft点以下，表面活性剂与水形成真溶液，溶液中不存在胶束；当表面活性剂继续添加到体系后，过量的表面活性剂开始形成胶束，此时表面活性剂的溶解度显著增加，表面活性剂才能发挥其作用。两性离子表面活性剂的Krafft温度主要由m、n和头部亲水基团所决定。在m和n相同的情况下，羧酸基团的Krafft值低于磺酸基团和硫酸盐，因此表现出更好的亲水性，此外，带咪唑啉的Krafft值远远高于铵离子<sup>[22-23]</sup>。而在亲水基团和m相同的条件下，随着n的增加，Krafft

值表现出先下降后上升的现象，且在 $n=3\sim 4$ 时为最小，随后开始变大（图2）。这是由于 $n$ 影响了两性离子表面活性剂的胶束化和界面热力学<sup>[15]</sup>。这种特殊行为的表现主要由两方面共同决定：分子疏水性的变化和头部亲水基偶极矩的改变。较长的间隔而产生的疏水效应有利于胶束化，而两性离子头基中电荷的分离容易产生更大的偶极矩从而产生两种相反效应，即当 $n\leq 4$ 时，偶极矩的增加影响大于疏水效应的增加，表现为Krafft值下降；而当 $n>4$ 时，疏水效应的影响逐渐明显而偶极矩的变化逐渐减弱，表现为Krafft值上升<sup>[10,24]</sup>。

在亲水基团和 $n$ 相同的情况下，随着表面活性剂 $m$ 的增加，Krafft值显著增加，这归结于分子疏水性的增加，如磺酸基甜菜碱在16碳时Krafft值为7.0 °C，12碳和14碳的Krafft值均低于0 °C，然而，当 $m$ 在18~28之间，即使在100 °C下也不溶于水，这体现了疏水效应对Krafft值的显著影响，同时，李运玲等发现不饱和键可以明显降低表面活性剂的Krafft值，饱和十八烷基甜菜碱的Krafft值 $>40$  °C，而不饱和十八烷基甜菜碱的Krafft值可以降低到0 °C以下<sup>[25-26]</sup>。除此之外，往体系中添加一定量的无机盐也可以降低表面活性剂的Krafft值，这归结于无机盐可以减低亲水头基间的静电排斥作用，使端部离子可以进行水合离子化，然而，过量的无机盐又会让体系产生盐析效应导致Krafft温度上升，使

得Krafft温度呈现出迅速下降—平衡—缓慢上升的过程。这种现象可能是由表面活性剂头部基团的水化效应和疏水尾部的盐析效应共同影响<sup>[27]</sup>。然而这种现象对于Krafft温度本身很小的物质影响并不明显，如3-碘丙基十六烷基二甲甜菜碱在水中的Krafft温度为7.0 °C，且即使在2000 mmol/L的氯化钠溶液中，Krafft温度仍为6.0 °C；而3-碘丙基十八烷基二甲甜菜碱在50 mmol/L的氯化钠溶液中Krafft温度降低到51.0 °C，当增加到100 mmol/L时，Krafft温度进一步降低到23.0 °C，这种现象对于高于18碳的表面活性剂同样适用。在日常使用中，表面活性剂的应用必须高于Krafft值才具备一定的价值，因此，低的Krafft值能赋予表面活性剂更好的应用领域与前景，由前文可知，我们可以通过改变表面活性剂的结构特性从而降低体系的Krafft温度，如选择偶极矩更大的亲水头基，或改变疏水基结构的不饱和度、支链化或引入极性基团以提高整体分子的亲水性从而降低Krafft值。除此之外，通过添加第三组分如无机盐或有机溶剂等均可影响Krafft值的大小<sup>[24,28]</sup>。

#### 4 分子结构对CMC和聚集行为的影响

CMC是表面活性剂的一个重要特征，即表面活性剂分子在溶剂中缔合形成胶束的最低浓度（图3），当浓度高于CMC后表面活性剂分子的两亲体

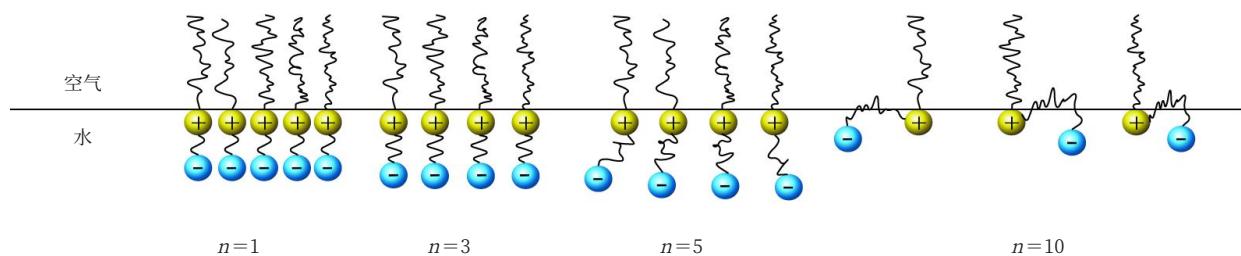


图2 电荷间隔区长度 $n$ 对两性离子表面活性剂在空气-水界面上的分子构象和偶极矩取向示意图<sup>[7]</sup>

可以在溶液中通过各种非共价相互作用（如疏水相互作用、静电相互作用、氢键、 $\pi-\pi$ 堆积和宿主-客体相互作用）形成各种胶束、囊泡或液晶等聚集性行为<sup>[29-30]</sup>。实际上，CMC的大小主要取决于 $m$ 、 $n$ 、亲水头基、盐和温度等因素。其中，随着 $m$ 的延长，疏水效应是影响胶束化的主要因素，其结果是会形成更低的CMC和更大的聚集数。而 $n$ 的影响在前文已有详细的阐述，其主要由疏水效应和偶极矩的变化共同决定，疏水效应降低CMC，而大的偶极矩会提高CMC，这取决于哪一种效应占主导地位，而当正负电荷间穿插咪唑环时将增强两性离子胶束的堆积能力，从而进一步降低其CMC，如果在电荷间隔段引入一个羟基取代基，由于提高氢键结合力使得CMC的下降和聚集行为的增加。亲水头基的影响主要为溶剂化效应，表现在CMC随着 $\text{COO}^- > \text{SO}_3^- > \text{OSO}_3^-$ 次序而增大，即随亲水头基负电荷尺寸的增大而减小，聚集数也依次增加<sup>[31-32]</sup>。此外，无机盐对CMC的影响主要表现为盐析效应和表面活性剂离子扩散双电子层厚度被压缩，减少了彼此的静电斥力从而使分子更易于吸附并促进胶束的更快形成，其结果是导致CMC降低和聚集数增加<sup>[33]</sup>。一般来说，温度的升高有利于减弱亲水头基的水化作用从而利于分子的胶束化和降低CMC；另一方

面，温度升高又会破坏胶束从而使CMC升高<sup>[34]</sup>。Brinatti等认为胶束化机制在低温下属于吸热，而随着温度的升高，逐渐变为放热。因此，胶束化取决于温度对焓-熵的补偿；熵在较低温度下占主导，而焓在高温下则更为重要<sup>[35-36]</sup>。

## 5 结论

简要叙述了两性离子表面活性剂的类型，从内因（主要从疏水烷基链长度、电荷间隔区长度和极性头基等结构）和外因（无机盐）两个角度阐述了各种因素对其溶解度、Krafft点、胶束化和吸附性等性能的影响。此外，两性离子表面活性剂的界面性质受到特定离子的相互作用和温度的调节。然而，两性离子表面活性剂相对于其他表面活性剂而言往往价格较贵，一些合成技术对实验设备要求较高。而以生物基衍生物为原料和可生物降解的两性离子表面活性剂可能在未来的研究中具有一定的市场前景。

## 参考文献

- [1] 胡卫强,黎华美,陈浩. N-酰基氨基酸表面活性剂的制备及应用进展[J]. 广州化工,2016,44(16):34-36.
- [2] OLKOWSKA E, POLKOWSKA Z, NAMIESNIK J. Analytics of surfactants in the environment: problems and challenges[J]. Chem Rev, 2011, 111(9): 5667-5700.

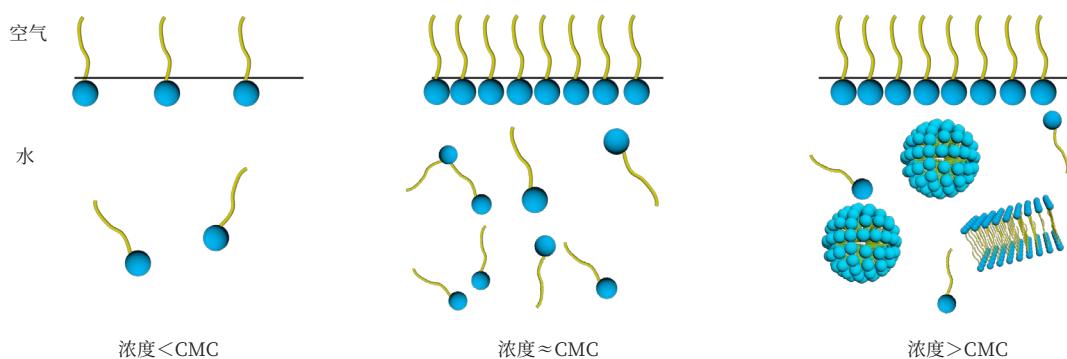


图3 胶束形成示意图

- [3] 李丹萍. 酰胺型双亲油基甜菜碱的合成与性能研究[D]. 无锡: 江南大学, 2012.
- [4] 赖小娟. 两性表面活性剂的合成及其洗涤作用[J]. 中国洗涤用品工业, 2008(3): 47-50.
- [5] 庄雪南. 三次采油用新型两性离子表面活性剂性能评价及应用[J]. 化工设计通讯, 2021, 47(5): 50-51.
- [6] FAN J, DING L, FANG Y. Surfactant aggregates encapsulating and modulating: an effective way to generate selective and discriminative fluorescent sensors[J]. Langmuir, 2018, 35(2): 326-341.
- [7] CHEVALIER Y, STORET Y, POURCHET S, et al. Tensioactive properties of zwitterionic carboxybetaine amphiphiles[J]. Langmuir, 1991, 7(5): 848-853.
- [8] RICHARDS C, BRICIU-BURGHINA C, JACOBS M R, et al. Assessment of antifouling potential of novel transparent sol gel coatings for application in the marine environment[J]. Molecules, 2019, 24(16): 2983.
- [9] PAMBOU E, CREWE J, YASEEN M, et al. Structural features of micelles of zwitterionic dodecyl-phosphocholine (C12PC) surfactants studied by small-angle neutron scattering[J]. Langmuir, 2015, 31(36): 9781-9789.
- [10] CHEVALIER Y, GERMANAUD L, PERCHEC P L. Micellar properties of zwitterionic phosphobetaine amphiphiles in aqueous solution: Influence of the intercharge distance[J]. Colloid Polym Sci, 1988, 266(5): 441-448.
- [11] SARKAR R, PAL A, RAKSHIT A, et al. Properties and applications of amphoteric surfactant: A concise review[J]. J Surfactants Deterg, 2021, 24(5): 709-730.
- [12] SHAO Q, HE Y, WHITE A D, et al. Difference in hydration between carboxybetaine and sulfobetaine[J]. J Phys Chem B, 2010, 114(49): 16625-16631.
- [13] TONDO D W, LEOPOLDINO E C, SOUZA B S, et al. Synthesis of a new zwitterionic surfactant containing an imidazolium ring. Evaluating the chameleon-like behavior of zwitterionic micelles[J]. Langmuir, 2010, 26(20): 15754-15760.
- [14] GEROLA A P, COSTA P F A, NOME F, et al. Micellization and adsorption of zwitterionic surfactants at the air/water interface[J]. Curr Opin Colloid In, 2017, 32: 48-56.
- [15] QIN X, LIU M, ZHANG X, et al. Proton NMR based investigation of the effects of temperature and NaCl on micellar properties of CHAPS[J]. J Phys Chem B, 2011, 115(9): 1991-1998.
- [16] REN Z H. Mechanism of the salt effect on micellization of an aminosulfonate amphoteric surfactant[J]. Ind Eng Chem Res, 2015, 54(40): 9683-9688.
- [17] KROFLIČ A, ŠARAC B, BEŠTER-ROGAC M. Thermodynamic characterization of 3-[(3-cholamidopropyl)-dimethylammonium]-1-propanesulfonate (CHAPS) micellization using isothermal titration calorimetry: temperature, salt, and pH dependence[J]. Langmuir, 2012, 28(28): 10363-10371.
- [18] PRIEBE J P, SATNAMI M L, TONDO D W, et al. The chameleon-like nature of zwitterionic micelles: the intrinsic relationship of anion and cation binding in sulfobetaine micelles[J]. J Phys Chem B, 2008, 112(46): 14373-14378.
- [19] NGUYEN P T, HAMPTON M A, NGUYEN A V, et al. The influence of gas velocity, salt type and concentration on transition concentration for bubble coalescence inhibition and gas holdup[J]. Chem Eng Res Des, 2012, 90(1): 33-39.
- [20] VARADE S R, GHOSH P. Foaming in aqueous solutions of zwitterionic surfactant: Effects of oil and salts[J]. J Disper Sci Technol, 2017, 38(12): 1770-1784.
- [21] VARADE S R, GHOSH P. Foaming in aqueous solutions of zwitterionic surfactant in presence of monovalent salts: The specific ion effect[J]. Chem Eng Commun, 2020, 207(9): 1216-1233.
- [22] WEERS J G, RATHMAN J F, AXE F U, et al. Effect of the intramolecular charge separation distance on the solution properties of betaines and sulfobetaines[J]. Langmuir, 1991, 7(5): 854-867.
- [23] SOUZA F D, SOUZA B S, TONDO D W, et al. Imidazolium-based zwitterionic surfactants: characterization of normal and reverse micelles and stabilization of nanoparticles[J]. Langmuir, 2015, 31(12): 3587-3595.
- [24] 方云. 克拉夫点(KP)与cmc,πmax的关系[J]. 日用化学工业, 1991(1): 20-24.
- [25] CHU Z, FENG Y. Empirical correlations between Kraft temperature and tail length for amidosulfobetaine surfactants in the presence of inorganic salt[J]. Langmuir, 2012, 28(2): 1175-1181.
- [26] 董双建, 李运玲. 不饱和十八烷基甜菜碱的合成与性能[J]. 印染助剂, 2013, 30(5): 8-10.
- [27] 方云, 夏咏梅. 两性表面活性剂(二)两性表面活性剂的表面活性和

- 胶体性质[J]. 日用化学工业, 2000, 30(4): 50-53.
- [28] 胡耿源. 表面活性剂的溶解度—Krafft点和浊点[J]. 表面活性剂工业, 1989(4): 24-27.
- [29] SUN N, SHI L, LU F, et al. Spontaneous vesicle phase formation by linear pseudo-oligomeric surfactant in aqueous solutions[J]. Langmuir, 2015, 31(8): 2281-2287.
- [30] GUO D S, WANG K, WANG Y X, et al. Cholinesterase-responsive supramolecular vesicle[J]. J Am Chem Soc, 2012, 134(24): 10244-10250.
- [31] HERRMANN K W. Micellar properties of some zwitterionic surfactants[J]. J Colloid Interf Sci, 1966, 22(4): 352-359.
- [32] WANG X, LIU J, YU L, et al. Surface adsorption and micelle formation of imidazolium-based zwitterionic surface active ionic liquids in aqueous solution[J]. J Colloid Interf Sci, 2013, 391: 103-110.
- [33] 印柱, 郑延成, 吴川, 等. 两种磺基甜菜碱的溶液性能研究[J]. 精细石油化工, 2017, 34(5):65-70.
- [34] 方永奎, 王奕鹏, 孙彤, 等. 羧酸盐型Gemini表面活性剂的合成, 表面性能及其胶束化热力学[J]. 化工科技, 2019, 27(4):12-16.
- [35] BRINATTI C, MELLO L B, LOH W. Thermodynamic study of the micellization of zwitterionic surfactants and their interaction with polymers in water by isothermal titration calorimetry[J]. Langmuir, 2014, 30(21): 6002-6010.
- [36] WU A, GAO Y, ZHENG L. Zwitterionic amphiphiles: Their aggregation behavior and applications[J]. Green Chem, 2019, 21(16): 4290-4312.

## Structural Effects on the Properties of Zwitterionic Surfactants

XIE Zhikai\*, LIU Zhenhua, ZHANG Yong  
Guangzhou Flower's Song Fine Chemical Co., Ltd., Guangzhou, Guangdong 510555, China

**Abstract:** Zwitterionic surfactants are amphiphilic surfactants with long hydrophobic hydrocarbon chains and hydrophilic anions and cations that are as a whole electrically neutral. As a green and mild surfactant, this type of surfactants has high resistance to high concentrations of acid, alkali and salt, excellent calcium soap dispersibility, good foam stability, excellent biodegradation characteristics, and has certain bactericidal and bacteriostatic properties. It is widely used in daily chemical industry, oil field flooding, paper industry, surface treatment industry and other fields. In this paper, the structural characteristics of zwitterionic surfactants and the effects of the presence of inorganic salts on the solubility, Krafft point, micellization and adsorption properties of the surfactants are briefly described for the development of new surface active agents, which can broaden new application development in industry.

**Keywords:** zwitterionic surfactants; inorganic salts; Krafft temperature; micellization; structural properties



# 椰油酰甘氨酸钠与两性表面活性剂复配泡沫性能探究

许珺莹 刘正芳 许显 莫冰冰 汪资 黄俊睦 林广欣\*

花安堂生物科技集团有限公司，广东广州，510000

**摘要：**为探究椰油酰甘氨酸钠（SCG）与两性表面活性剂复配体系的泡沫性能，对泡沫体积、泡沫半衰期、临界胶束浓度（cmc）、表面张力进行测试。结果显示SCG在硬水中，pH=8时，泡沫体积最大，半衰期最小，说明此条件下泡沫量和稳定性表现最好。在pH为8时，SCG复配不同质量比两性表面活性剂椰油酰胺丙基甜菜碱（F50）、椰油酰胺丙基羟基磺基甜菜碱（CHSB-35）、月桂酰两性基二乙酸二钠（MAB）、月桂酰两性基乙酸钠（LSH），结果在去离子水中质量比为SCG：F50=20：10时泡沫体积最大。SCG与两性表面活性剂在固定质量比20：10下测试cmc、表面张力，当SCG与F50复配时cmc最小，说明与椰油酰胺丙基甜菜碱复配在低浓度下最容易有效发泡。

**关键词：**椰油酰甘氨酸钠；两性表面活性剂；泡沫性能

**中图分类号：**TQ423   **文献标识码：**A   **文章编号：**1672-2701（2023）01-15-06

表面活性剂历史悠久，20世纪90年代以来，在个人护理清洁行业中，十二烷基醚硫酸钠(SLES)和

作者简介：许珺莹，硕士，工程师，主要研究方向为日用化妆品应用。E-mail:18743338112@163.com。

通信作者：林广欣，E-mail：1697563334@qq.com。

椰油酰胺丙基甜菜碱(F50)一直占绝大市场地位<sup>[1]</sup>。

近年来，个人护理品表面活性剂中，氨基酸衍生的表面活性剂因其低毒性、高生物降解性、对皮肤较温和等优点而受到人们广泛的关注<sup>[2-4]</sup>。同时，氨基

酸表面活性剂与其他表面活性剂复配相容性好，在化妆品、食品、医药等行业中被广泛应用<sup>[5]</sup>。

椰油酰甘氨酸钠（SCG）是日用化学品中常用的氨基酸表面活性剂，氨基酸表面活性剂复配两性表面活性剂的洁面产品因为其价格合理、泡沫细腻、丰富等优点，所以在市场中较为常见。目前关于SCG与两性表面活性剂复配的研究主要在体相性质，关于界面性质的研究报道较少。本文旨在探究SCG与市面上常见的两性表面活性剂椰油酰胺丙基甜菜碱（F50）、椰油酰胺丙基羟基磺基甜菜碱（CHSB-35）、月桂酰两性基二乙酸二钠（MAB）、月桂酰两性基乙酸钠（LSH）复配体系泡沫性能。

## 1 实验部分

### 1.1 试剂与仪器

MIAMI SCG(S),  $w=30\%$  (质量分数, 以下皆是), 韩国美源商事株式会社; TEGO BETAIR F 50,  $w=40\%$ , REWOTERIC AM L SH,  $w=28.5\%$ , 赢创工业集团; FS CHSB-35,  $w=30\%$ , 广州花语精细化工有限公司; TC-MAB 40LDL,  $w=32\%$ , 广州天赐高新材料股份有限公司; 一水柠檬酸,  $w=100\%$ , 潍坊英轩实业有限公司; 氢氧化钠,  $w=100\%$ , 西陇化工股份有限公司; 无水氯化钙,  $w=100\%$ , 上海市奉贤奉城试剂厂。DK-98-II电热恒温水浴锅, 天津市泰斯特仪器

有限公司; JJ1000型电子天平, 常熟市双杰测试仪器厂; RW 20 digital搅拌器, 艾卡仪器设备有限公司; EBR150G搅拌器, 伊莱克斯(中国)电器有限公司; K100力学法表面张力仪, 克吕士科学仪器(上海)有限公司。

### 1.2 溶液配制

#### 1.2.1 单一表面活性剂溶液制备

将SCG试剂通过柠檬酸、氢氧化钠调节pH (10%) 为9.0、8.5、8.0、7.5、7.0、6.5、6.0、5.5, 参考GB/T 13531.1稀释法。

#### 1.2.2 复配表面活性剂体系制备

如表1所示, 配制总表面活性剂质量分数为15%的复配溶液, 该溶液为椰油酰甘氨酸钠与两性表面活性剂不同配比(质量分数比)的复配体系, 通过柠檬酸、氢氧化钠调节pH至8(由1.3.1及1.3.2测试确定)。

#### 1.2.3 硬水制备

称取0.999 g无水氯化钙, 0.74 g无水硫酸镁充分溶解于1 L蒸馏水中。

### 1.3 测试方法

#### 1.3.1 去离子水中泡沫体积

将1.2.1和1.2.2配制后的溶液, 用去离子水稀释至配制溶液浓度为2.5 g/L, 保温于(40.0±0.5) °C, 30 min后将100 ml稀释溶液倒入搅拌机中, 搅拌10 s后计时, 倒入量筒中泡沫稳定5 min后读数, 20 min后再读一次, 取至少3次

表1 SCG/(F50/CHSB-35/LSH/MAB) 复配溶液

SCG	30%	24%	20%	15%	10%	6%	0%
F50/CHSB-35/LSH/MAB	0%	6%	10%	15%	20%	24%	30%
pH (10%)				8			

误差在允许范围的结果均值作为最后结果，多次试验结果之间误差不超过5 ml，该泡沫产生方法参考Waring blender搅拌法<sup>[6-7]</sup>。

### 1.3.2 硬水中泡沫体积

将1.3.1配制的稀释液体中加入5%的硬水混合后，保温、搅拌、读数操作均与1.3.1中操作相同。

### 1.3.3 泡沫半衰期

利用秒表记下泡沫体积为初始泡沫1/2时的时间。

### 1.3.4 表面张力的测量

将单独使用的SCG溶液、SCG复配两性表面活性剂质量配比为20：10（由1.4.1测试结果确定）的溶液，溶解于去离子水中，总表面活性剂浓度为10 mg/ml，温度为（25±0.1）℃，采用环法测试每组的表面张力。

大，界面吸附趋势降低，因此起泡能力降低<sup>[4]</sup>。图2中也显示了随着pH降低，SCG外观逐渐浑浊最终变白，说明质子化产物增加。在硬水中，泡沫体积明显下降，说明SCG的耐硬水的能力较差；当pH=8.0时泡沫体积最大，半衰期最高，稳定性最好，故选择pH=8.0为接下来的实验条件之一。

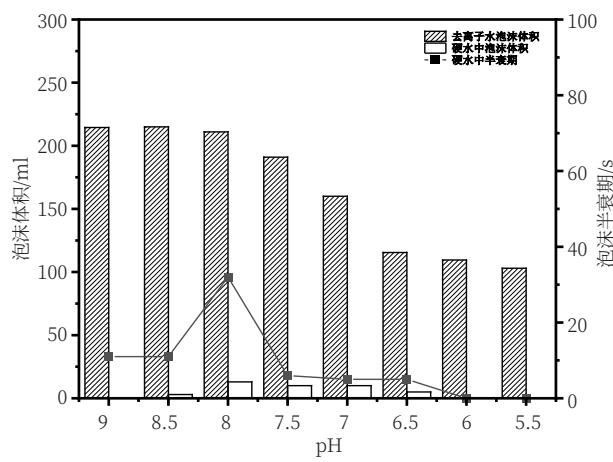


图1 SCG泡沫性能的pH响应

## 2 结果与讨论

### 2.1 泡沫性能

#### 2.1.1 椰油酰甘氨酸钠泡沫性能的pH响应

图1为15%的SCG不同pH下，在去离子水中、硬水中的泡沫体积以及半衰期。SCG在去离子水中pH为8~9时，泡沫量最大，随着pH降低，此时SCG主要以质子化的形式存在，在体相中聚集趋势

#### 2.1.2 椰油酰甘氨酸钠与两性表面活性剂复配的泡沫性能探究

图3~图6分别为在pH=8、总活性含量为15%时，SCG与F50、CHSB-35、LSH、MAB不同配比复配体系在去离子水与硬水中5 min和20 min的泡沫体积。



图2 15%的SCG随pH变化下的外观

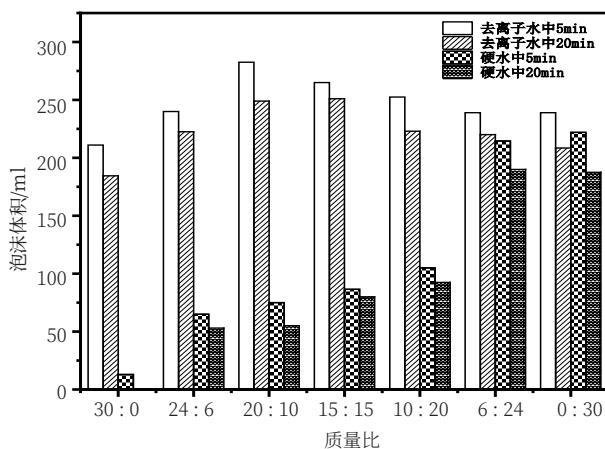


图3 SCG/F50复配体系泡沫性能

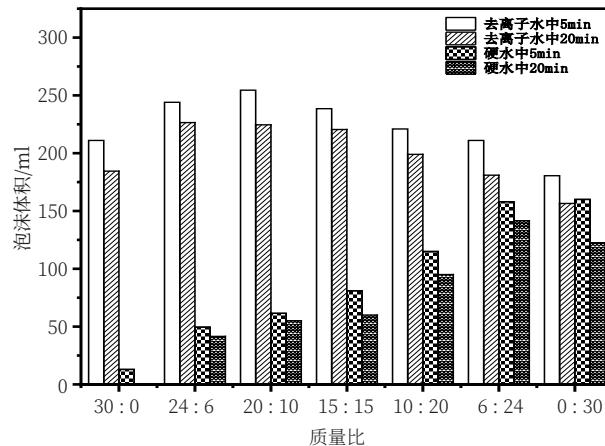


图4 SCG/CHSB-35复配体系泡沫性能

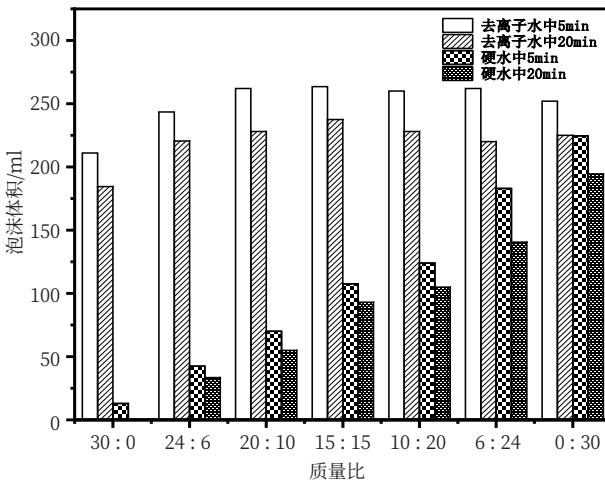


图5 SCG/LSH复配体系泡沫性能

由图3~图6可知，在去离子水中，SCG：(F50、CHSB-35)配比为20:10时，SCG：LSH=

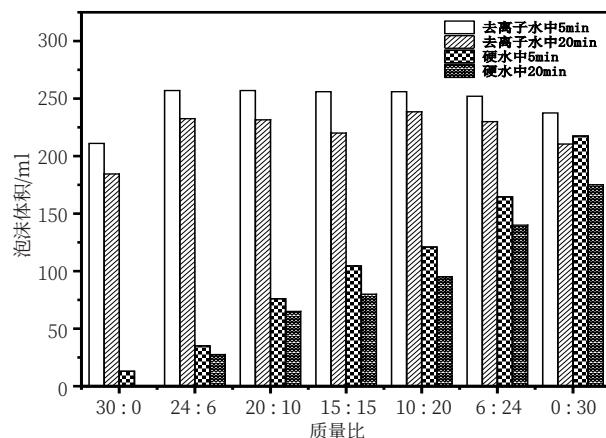


图6 SCG/MAB复配体系泡沫性能

20:10、15:15、10:20、6:24时，SCG：MAB=24:6、20:10、15:15、10:20、6:24时，泡沫量最大，其中SCG：F50=20:10泡沫量最大；复配后泡沫体积均大于单一体系，由于SCG头基之间的电性排斥，单一表面活性剂气液界面上排布并不均匀，有空隙存在，气体通过这些空隙能够发生较快扩散，使泡沫很快破裂，当加入其他两性表面活性剂后，这些空隙被占据，增加界面吸附密度，降低了气体扩散，因而起泡能力增强<sup>[8-10]</sup>；各配比20 min后泡沫稳定性差异不大。

在硬水中，泡沫量明显减少，随着两性表面活性剂添加，泡沫量增多，说明两性表面活性剂的增加有助于提高复配体系耐硬水能力；单独使用SCG的泡沫20 min后全部消失，复配两性表面活性剂后没有发生该现象，也证明了复配两性表面活性剂，可以提高体系的耐硬水性。

## 2.2 表面张力

通过2.1.2筛选出各组泡沫高度最高的统一复配比例为20:10，与单独SCG表面活性剂溶液对比进行不同表面活性剂的表面张力探究。图7为SCG、SCG与两性表面活性剂比例为20:10的复配体系表

面张力随浓度变化曲线图。表3中所示为临界胶束浓度cmc、临界胶束浓度处表面张力 $\gamma_{cmc}$ 、 $\Gamma$ 、As各项参数，cmc、 $\gamma_{cmc}$ 是由测试表面张力的曲线中的拐点处所得。

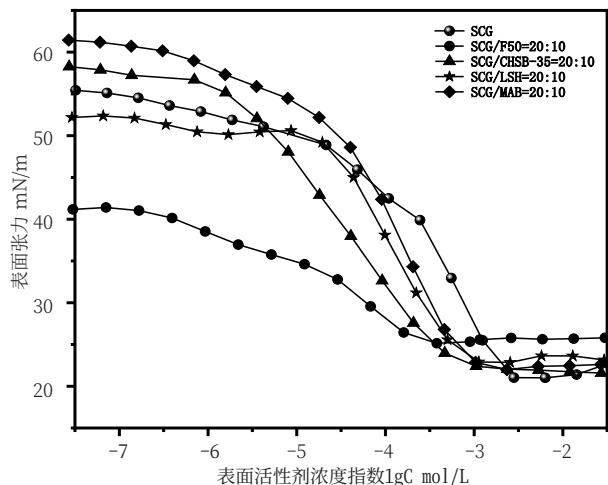


图7 SCG、SCG与两性表面活性剂复配为20 : 10的表面张力

如表2所示，SCG单独使用时cmc最大，与两性表面活性剂复配后cmc减小，进一步证实了复配体系的协同效应，增强了体系的起泡能力<sup>[11-12]</sup>；SCG : F50 = 20 : 10复配体系的cmc值最小为 $3.72 \times 10^{-4}$  mol/L，说明SCG与F50复配相较于其他表面活性

表2 复配体系cmc， $\gamma_{cmc}$ 参数

	cmc/(mol·L <sup>-1</sup> )	$\gamma_{cmc}/(mN \cdot m^{-1})$
SCG	$3.86 \times 10^{-3}$	20.97
SCG/F50=20 : 10	$3.72 \times 10^{-4}$	25.17
SCG/CHSB-35=20 : 10	$6.85 \times 10^{-4}$	23.18
SCG/LSH=20 : 10	$9.80 \times 10^{-4}$	23.60
SCG/MAB=20 : 10	$1.06 \times 10^{-3}$	22.87

剂可以在最低的浓度达到有效的发泡效果。

### 3 结论

SCG单一使用显示了泡沫—pH响应，耐硬水性较差。SCG与两性表面活性剂复配时，协同作用产生了更高的泡沫性、耐硬水性，质量比为20 : 10时泡沫量最高。其中与F50复配时泡沫量最高，体系更温和。在实际配方开发中可以结合上述测试和因素，以协助增强SCG的泡沫性能、提高泡沫量及泡沫稳定性。

### 参考文献

- [1] ANANTHAPADMANABHAN K P. Amino-acid surfactants in personal cleansing (review)[J].Tenside Surfactants



- Detergents, 2019, 56(5):378-386.
- [2] CLAPÉS P, ROSA INFANTE M. Amino acid-based surfactants: enzymatic synthesis, properties and potential applications[J]. Biocatalysis and Biotransformation, 2002, 20(4):215-233.
- [3] BORDES R, HOLMBERG K. Amino acid-based surfactants-do they deserve more attention[J].Colloid and Interface Science, 2015, 222:79-91.
- [4] 张典锐.氨基酸型表面活性剂月桂酰基谷氨酸钠的pH响应性及泡沫性质研究[D].山东：山东大学, 2016.
- [5] 卢海伟.氨基酸型/两性表面活性剂复配增稠体系及流变性研究[D]. 上海：华东理工大学, 2012.
- [6] LI D Q, LI F, DENG S, et al. Preparation of oil-based foam gel with Nano-SiO<sub>2</sub> as foam stabilizer and evaluation of its performance as a plugging agent for fractured shale[J]. Hindawi, 2022, 2022 (1):1-12.
- [7] 王琦, 习海玲, 左言军.泡沫性能评价方法及稳定性影响因素综述 [J].化学工业与工程技术, 2007, 28(2):25-30.
- [8] HINES J D, GARRETT P R, RENNIE R K, et al. Structure of an adsorbed layer of n-Dodecyl-N, N-dimethylamino acetate at the air/ solution interface as determined by neutron reflection[J].The Journal of Physical Chemistry B, 1997, 101(36):7121-7126.
- [9] 郭旭.复合表面活性剂表面性质和泡沫性能的研究[D].上海：上海师范大学, 2019.
- [10] 张辉.甜菜碱水基泡沫的性能及在泡沫钻井中的应用研究[D].山东：山东大学, 2009.
- [11] 张蕊.椰油酰胺丙基甜菜碱与月桂酰肌氨酸钠的协同作用研究[D].天津：天津大学化工学院, 2020.
- [12] PUGH R J. Bubble and foam chemistry[M].United Kingdom: Cambridge University Press, 2016.

## Research on the Foam Properties of the Compound Systems of Sodium Cocoyl Glycinate and Zwitterionic Surfactants

XU Junying, LIU Zhengfang, XU Xian, MO Bingbing, WANG Zi, HUANG Junmu, LIN Guangxin\*  
Hua An Tang Biotech Group, Guangzhou, Guangdong 510000, China

**Abstract:** The foam volume, foam half-life, critical micelle concentration (cmc) and surface tension was tested in order to investigate the foam properties of the compound systems of sodium coir glycine (SCG) and zwitterionic surfactants. The results showed that SCG had the largest foam volume and the smallest half-life when pH=8 in hard water, indicating the best foam volume and stability performance under this condition. When pH was 8, SCG was combined with zwitterionic surfactants such as Cocamidopropyl Betaine (F50), Cocamidopropyl Hydroxysulfobetaine (CHSB-35), Disodium Lauroamphodiacetate (MAB) and Sodium Lauroamphoacetate (LSH) with different mass ratios. The results showed that the foam volume reached the maximum when the mass ratio of SCG: F50=20:10 in deionized water. SCG and zwitterionic surfactants were tested at a fixed mass ratio of 20:10 to test cmc and surface tension. When SCG was combined with F50, cmc was the smallest indicating that was the most effective foamers at lower concentrations.

**Keywords:** Sodium Cocoyl Glycinate; zwitterionic surfactant; foam properties



## 曲酸洗手液研制

李镇江<sup>1,2</sup> 杨志刚<sup>1,2</sup> 叶莉<sup>1,2</sup> 郑又铭<sup>3</sup> 饶航<sup>2</sup> 曾方塬<sup>2</sup> 陈静<sup>1,2</sup> 杨学昭<sup>1,2</sup> 江源钢<sup>1,2</sup> 李星<sup>2</sup>  
唐晓芳<sup>1,2\*</sup>

1. 四川省食品发酵工业研究设计院有限公司，四川成都，611130；
2. 成都金开生物工程有限公司，四川成都，611130；
3. 天津科技大学生物工程学院，天津，300457

**摘要：**研制了一款以曲酸、脂肪醇聚氧乙烯醚硫酸钠（AES）、椰油酰胺丙基甜菜碱（CAB-35）和月桂基葡糖苷（APG）为原料的洗手液。以洗手液性能和抑菌效果为指标，通过单因素实验和正交实验优化筛选出曲酸洗手液配方。结果表明：优化后的曲酸洗手液配方为AES 6%，CAB-35 6%，APG 9%，EDTA-2Na 0.1%，甘油1.0%，曲酸1.25%，氯化钠1.5%，pH 6，该配方经性能测定发泡力为109.55 mm，总活性物含量为12.33%，黏度为4266.7 mPa·s，具有抑菌作用。

**关键词：**洗手液；抑菌；正交实验；曲酸

**中图分类号：**TQ649.6   **文献标识码：**A   **文章编号：**1672-2701(2023)01-21-08

曲酸，5-羟基-2-羟甲基-1,4-吡喃酮，是利用米曲霉经微生物发酵合成的一种次级代谢产物，

基金项目：四川省科技计划项目（No:2020ZHCG0091）。  
作者简介：李镇江，男，高级工程师，研究方向为生物工程，E-mail：396408786@qq.com。

通信作者：唐晓芳，女，高级工程师，研究方向为生物工程，E-mail：240784645@qq.com。

天然存在于酱油、豆瓣酱、酒类的酿造中，具有抑菌、抗氧化、美白等作用，被列入我国《已使用化妆品原料名称目录》，同时也在欧盟、日本、美国等国家的化妆品中允许添加使用<sup>[1-2]</sup>。苏国成等<sup>[3]</sup>系统比较了曲酸对常见食品污染菌的抑菌作用，其对大肠埃希菌、金黄色葡萄球菌、铜绿假单胞菌和

猪伤寒沙门氏菌常见污染菌均具有抑制作用。侯温甫等<sup>[4]</sup>在鸭肉保鲜中以假单胞菌、气单胞菌、热杀索丝菌和具有致腐能力的病原微生物沙门氏菌为研究对象，结果表明曲酸对4株菌株均具有良好的抑制作用，其中2.0 mg/ml曲酸处理在液体体系中能完全抑制沙门氏菌、假单胞菌和气单胞菌的生长。目前，曲酸的抑菌作用主要在食品保鲜方面研究较多，在日化品方面研究鲜少报道。另外，有研究表明洗手液中一些成分如表面活性剂、EDTA-2Na等也具有一定的抑菌作用<sup>[5-6]</sup>。因此，本文拟以曲酸、AES和APG等为原料，通过单因素和正交实验，考察洗手液中pH值、表面活性剂、增稠剂等成分对洗手液性能和抑菌效果的影响，通过复配和优化筛选出一款抑菌效果好的洗手液配方，同时也为曲酸在日化品中应用提供参考依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试剂与仪器

#### 1.1.1 试剂

主要试剂：脂肪醇聚氧乙烯醚硫酸钠（AES，活性物含量≥70%），日化级，湖南丽臣奥威实业有限公司；椰油酰胺丙基甜菜碱（CAB-35，活性物含量≥30%），日化级，四川花语精细化工有限公司；月桂基葡糖苷（APG，活性物含量50%），日化级，江苏万淇生物科技有限公司；曲酸（纯度≥99.5%），成都金开生物工程有限公司；其他化学药品氯化钠、甘油、柠檬酸等均为分析纯。

供试菌种：金黄色葡萄球菌ATCC 6538 (*Staphylococcus aureus*, *S. aureus*)、大肠埃希氏菌ATCC 25922 (*Escherichia coli*, *E.coli*)，均购置于中国工业微生物菌种保藏管理中心西南菌种站。

#### 1.1.2 仪器

SB-5200DTD型超声波清洗机（宁波新芝生物科技股份有限公司）；NDJ-8S型数显黏度计（上海舜宇恒平科学仪器有限公司）；YX600W型卧式圆形压力蒸汽灭菌器（上海三申医疗器械有限公司）；2152型罗氏泡沫仪（上海银泽仪器设备有限公司）；78HW1型磁力搅拌器（金坛市医疗仪器厂）；HCB-1300V型洁净工作台（青岛海尔生物医疗股份有限公司）；SPX-250BIII型生化培养箱（天津市泰斯特仪器有限公司）。

## 1.2 方法

### 1.2.1 制备方法

本实验选用主表面活性剂为阴离子表面活性剂AES，辅表面活性剂为两性离子表面活性剂CAB-35和非离子表面活性剂APG，进行复配。

基础配方（w/%）：AES 10，CAB-35 5，APG 6，甘油1，EDTA-2Na 0.1，曲酸1，氯化钠2.5，pH为5，其余量为补足去离子水。

制备工艺：①称取一定量的表面活性剂AES、CAB-35和APG，缓慢加入去离子水中，80 °C水浴搅拌溶解；②将溶解好的表面活性剂溶液，冷却至40 °C，依次加入甘油、EDTA-2Na和曲酸搅拌溶解，用柠檬酸和碳酸氢钠调节pH值；③最后加入氯化钠调整洗手液黏度，边加边搅拌，反应充分后，补足余量去离子水搅拌均匀，用超声波除掉洗手液中气泡，静置陈化24 h使产品稳定，即为曲酸洗手液。

### 1.2.2 单因素实验考察

以发泡力、黏度、抑菌效果为指标，利用单因素实验考察表面活性剂、EDTA-2Na、甘油、曲酸、氯化钠的添加量，以及pH值对洗手液性能的影响，每组试验重复3次。

### 1.2.3 正交实验设计

以单因素实验结果为依据,选择APG、EDTA-2Na和曲酸为影响洗手液抑菌效果主要因素,采用L<sub>9</sub>(3<sup>4</sup>)设计进行正交实验获得最佳配方。正交实验因素和水平设计如表1所示。

表1 正交实验因素与水平表

水平	因素		
	A: w(APG)/%	B: w(EDTA-2Na)/%	C: w(曲酸)/%
1	7	0.075	0.75
2	8	0.1	1
3	9	0.125	1.25

## 1.3 性能指标测定

### 1.3.1 抑菌实验

(1) 抑菌效果测定<sup>[7]</sup>:采用滤纸片扩散法。将待测洗手液样品稀释1倍,即为质量分数为50%样品,备用,对照为无菌蒸馏水。以*S. aureus*为供试菌,制备成菌悬液,涂布至平板中,再将无菌滤纸片放入已涂布菌种的平板上,每皿放入3个。吸取4 μl 50%样品,涂在滤纸片上,每样3个,最后放入培养箱中37 °C下培养24 h。测量抑菌圈直径大小,记录数据,取平均值,抑菌效果以抑菌圈直径大小表示。

(2) 抑菌率测定:采用悬液定量法测定<sup>[8-9]</sup>。

### 1.3.2 发泡力的测定

根据GB/T 13173—2008操作<sup>[10]</sup>。

### 1.3.3 黏度测定

采用NDJ-8S型数显黏度计测量洗手液的黏度值。量取一定量样品于烧杯中测量其黏度,温度为25 °C,记录洗手液的黏度,重复测定3次,取平均值。

### 1.3.4 pH值测定

根据GB 19877.1—2005操作<sup>[11]</sup>。

### 1.3.5 耐热、耐寒稳定性测定

根据GB 19877.1—2005操作<sup>[12]</sup>。

### 1.3.6 总活性物含量测定

根据GB/T 13173—2008操作<sup>[10]</sup>。

## 1.4 统计和分析

每组试验重复三次。作图和数据统计分析采用Origin和SPSS软件(*P*<0.05表示显著性差异,*P*>0.05表示无显著性差异)。

## 2 结果与讨论

### 2.1 单因素实验结果

#### 2.1.1 不同pH值对洗手液性能影响

实验结果如图1所示,pH值对洗手液黏度和发泡力具有影响,对抑菌效果影响不大。在试验范围内,随着pH值增加,体系黏度呈先下降后上升趋势,当pH=7时,黏度最低为3676.7 mPa·s。起泡性能方面,随着pH值增加,发泡力呈上升趋势,在酸性条件下起泡能力比碱性条件下低,可能原因是体系中阴离子表面活性剂亲水基团带负电荷,在酸性条件下,与氢离子结合转化成酸性形态,导致表面活性降低<sup>[12-14]</sup>。同时,结合人体皮肤呈弱酸性pH值在4.5~6.5之间<sup>[15]</sup>,综合考虑,确定洗手液的pH值为6。

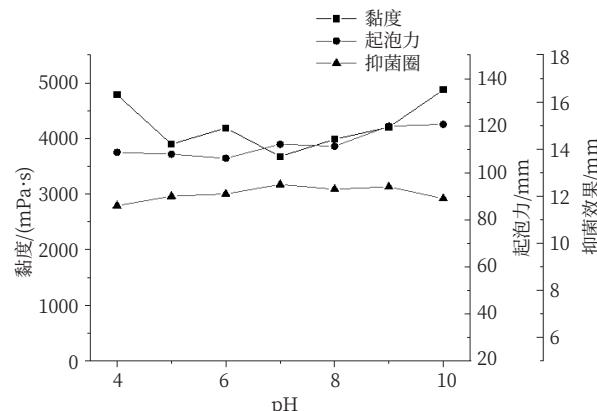


图1 不同pH值对洗手液的影响

### 2.1.2 AES添加量对洗手液性能影响

AES属阴离子类表面活性剂，具有很强的起泡、去污和增稠作用，在洗护用品中常作为主表面活性剂使用<sup>[15]</sup>。实验结果如图2所示，不同AES添加量对抑菌效果影响不明显，对黏度和发泡力影响较大。在增稠作用方面，AES对黏度具有显著性差异，随着添加量增加，黏度呈上升趋势，当 $w(AES)$ 为16%时，黏度达8000.0 mPa·s，流动性差，不方便使用。起泡性能方面，当 $w(AES) \leq 6\%$ 时，随着添加量增加，发泡力显著提高， $w(AES)=6\%$ 时，发泡力为113.80 mm；当 $w(AES) > 6\%$ 时，继续提高添加量，对发泡力影响不大。因此，综合考虑，确定洗手液中 $w(AES)$ 为6%。

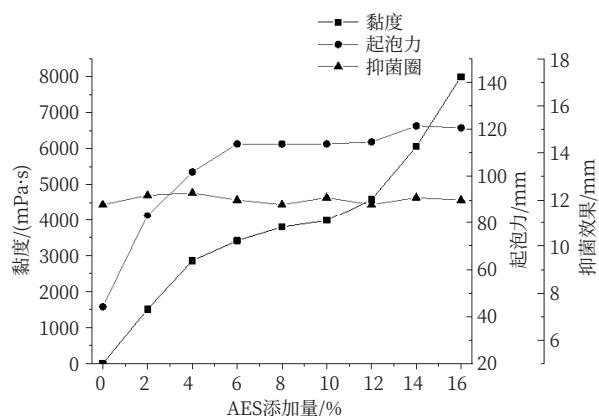


图2 不同AES添加量对洗手液的影响

### 2.1.3 CAB-35添加量对洗手液性能影响

CAB-35是两性表面活性剂，具有柔軟性好、增稠作用，能降低其他表面活性剂毒性和对皮肤的刺激性<sup>[16]</sup>。实验结果如图3所示，不同CAB-35添加量对发泡力和抑菌效果影响不明显，对黏度影响较大。随添加量增加，黏度总体呈上升趋势，当 $w(CAB-35)=0$ 时，黏度为27.6 mPa·s，当 $w(CAB-35)=16\%$ 时，黏度为7296.7 mPa·s。CAB-35属于两性表面活性剂，亲水基团同时携带正负电

荷，在酸性条件下呈阳离子性，与阴离子表面活性剂混合易形成棒状胶团，黏度增大<sup>[13,17]</sup>。另外，通常洗手液黏度为3000~4500 mPa·s之间，因此，综合考虑，确定洗手液中 $w(CAB-35)$ 为6%。

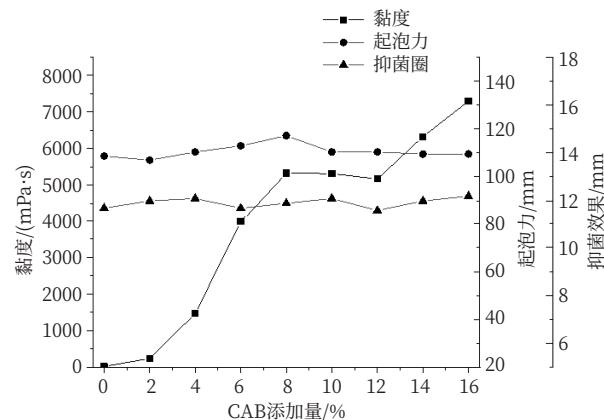


图3 不同CAB-35添加量对洗手液的影响

### 2.1.4 APG添加量对洗手液性能影响

APG是目前公认的绿色功能性表面活性剂，具有增稠、稳定泡沫作用<sup>[15]</sup>。实验结果如图4所示，在该体系中不同APG添加量对发泡力影响不明显，对黏度和抑菌效果影响较大。增稠作用方面，不同添加量的APG对黏度具有显著性差异，随着添加量增加，黏度呈上升趋势，其中 $w(APG)$ 为16%时，黏度高达7590.0 mPa·s，呈果冻状，流动性较差。抑菌性能方面，当 $w(APG)$ 在4~12%之间时，抑菌效果具有显著差异，随着添加量增加，呈上升趋势；当 $w(APG) \geq 14\%$ ，抑菌效果有所降低，可能原因是高黏度时洗手液流动性、渗透性较差，导致APG成分扩散效果不好。因此，综合考虑，确定洗手液中 $w(APG)$ 为8%。

### 2.1.5 EDTA-2Na添加量对洗手液性能影响

在洗护用品中，表面活性剂易与水中钙镁等金属离子形成沉淀，造成洗手液浑浊和洗涤效果差，因此，通常需要添加金属离子螯合剂如EDTA-2Na

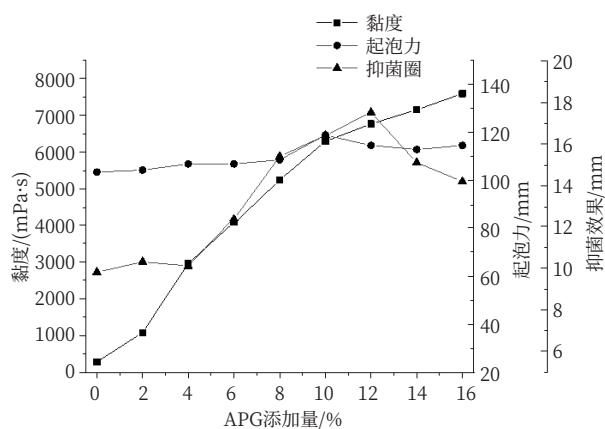


图4 不同APG添加量对洗手液的影响

等<sup>[18]</sup>。实验结果如图5所示,不同EDTA-2Na添加量对发泡力影响不明显,对黏度和抑菌效果具有影响。随着添加量增加,黏度总体呈下降趋势,当 $w(\text{EDTA-2Na})=1.0\%$ 时,黏度下降为4523.3 mPa·s。抑菌性能方面,当 $w(\text{EDTA-2Na})\leqslant 0.1\%$ 时,抑菌效果具有显著性差异,随添加量增加而提高。有研究表明,低剂量EDTA-2Na与抑菌药物具有协同增效作用,EDTA-2Na与细胞膜上的钙镁离子螯合,导致膜酶活性降低或膜结构受损,加大细胞膜流动性和通透性,提高了抑菌药物的渗透性,增强了药物的抑菌效果<sup>[5,19]</sup>。因此,综合考虑,确定洗手液中 $w(\text{EDTA-2Na})$ 为0.1%。

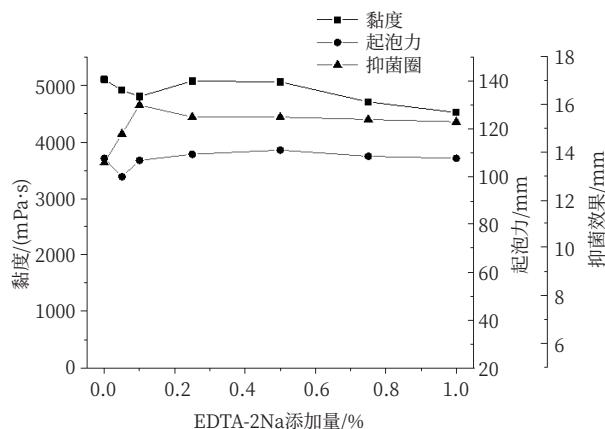


图5 不同EDTA-2Na添加量对洗手液的影响

## 2.1.6 甘油添加量对洗手液性能影响

表面活性剂具有脱脂作用,通常需要加入保湿剂类成分,防止手部皮肤干燥<sup>[18]</sup>。实验结果如图6所示,不同甘油添加量对发泡力和抑菌效果影响不明显,对黏度具有影响。在试验范围内,随着添加量的增加,黏度呈下降趋势,当 $w(\text{甘油})=8.0\%$ 时,黏度从5956.7 mPa·s下降为4546.7 mPa·s。另外,当 $w(\text{甘油})\geqslant 3.0\%$ ,在清洗过程中,手部滑腻感强不易冲洗干净。因此,综合考虑,确定洗手液中 $w(\text{甘油})$ 为1.0%。

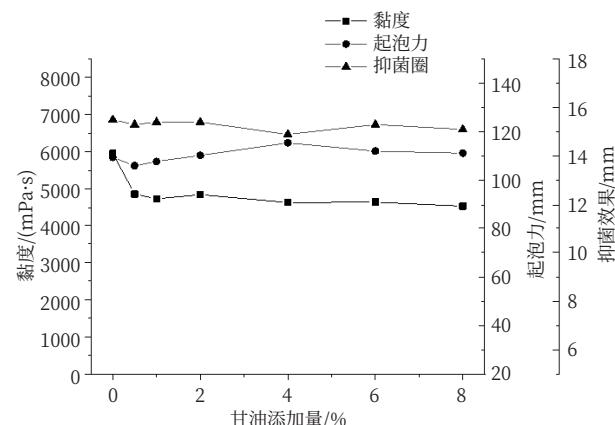


图6 不同甘油添加量对洗手液的影响

## 2.1.7 曲酸添加量对洗手液性能影响

实验结果如图7所示,不同曲酸添加量对发泡力影响不明显,对黏度和抑菌效果具有影响。在增稠作用方面,当 $w(\text{曲酸})\geqslant 1.5\%$ 时,体系黏度下降明显,添加量为3.0%时,黏度下降为2256.7 mPa·s。抑菌性能方面,当 $w(\text{曲酸})\leqslant 1.0\%$ 时,曲酸在该洗手液体系中抑菌效果显著,随着添加量增加,抑菌圈直径不断增大,对 $S.aureus$ 的抑制作用不断增强。有研究表明,曲酸抑菌机制是改变细菌菌株细胞膜结构和相关酶特性,导致菌株细胞膜破裂,使内细胞内物质泄漏,阻碍其生长<sup>[4]</sup>。另外,当 $w(\text{曲酸})=0$ 时,也具有抑菌效果,是因为在该体

系中APG和EDTA-2Na成分也表现出一定的抑菌作用。因此，综合考虑，确定洗手液中 $w$ (曲酸)为1.0%。

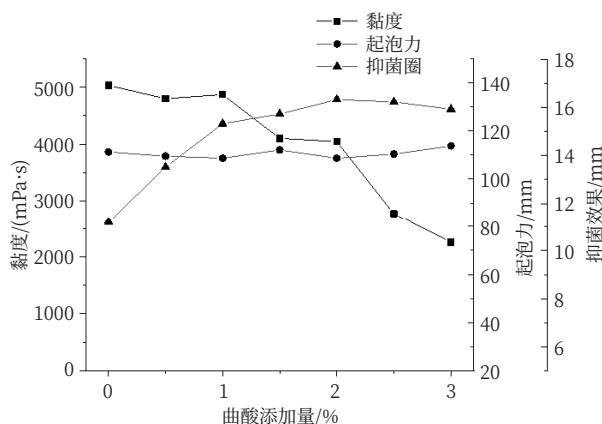


图7 不同曲酸添加量对洗手液的影响

### 2.1.8 氯化钠添加量对洗手液性能影响

实验结果如图8所示，氯化钠添加量对洗手液黏度具有显著性差异，对发泡力、抑菌效果影响不明显。在试验范围内，黏度随添加量增加，呈先上升再下降趋势，当 $w(\text{NaCl})=2.5\%$ 时，黏度最高为4493.0 mPa·s。氯化钠在洗手液中主要作为黏度调节剂使用，氯化钠是强电解质，其电离出的离子与表面活性剂基团结合，降低了表面活性剂同电荷的排斥作用，使球状胶束向棒状胶束转化，体系黏度增加；当氯化钠过量时，正负离子大量聚集在棒状胶束周围，平衡受到破坏，体系黏度下降<sup>[20-21]</sup>。综合考虑，确定洗手液中 $w(\text{NaCl})$ 为1.5%。

### 2.2 正交实验结果

根据单因素实验结果，确定影响洗手液抑菌效果主要因素为APG、EDTA-2Na和曲酸三个因素，采用 $L_9(3^4)$ 正交实验设计，以抑菌效果为指标，获得最佳配方。正交实验因素水平组合和结果如表2所示，通过极差分析，各因素对洗手液抑菌效果影响大小顺序为：曲酸>APG>EDTA-2Na。确定

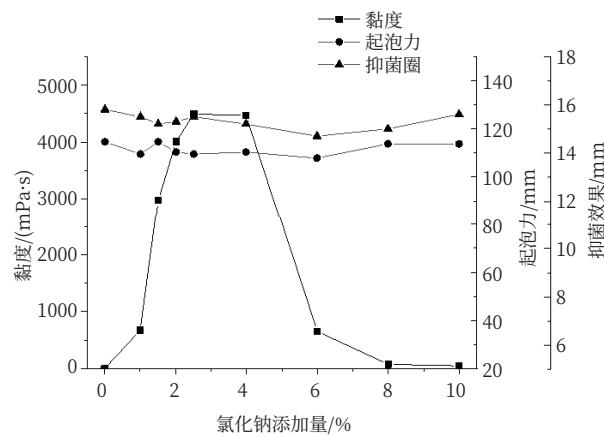


图8 不同氯化钠添加量对洗手液的影响

的最优组合为 $A_3B_2C_3$ ，即APG、EDTA-2Na和曲酸的最佳组合方案为：APG添加量9%，EDTA-2Na添加量0.1%和曲酸添加量1.25%。

### 2.3 性能测试

对得出的正交实验结果进行曲酸洗手液性能指标测定，以不含曲酸的空白洗手液为对照，测定结果如表3所示，其发泡力为109.55 mm，总活性物含量为12.33%，黏度为4266.7 mPa·s，对 $S.aureus$ 和 $E.col$ 抑菌率分别为84.87%和84.63%，同时，空白洗手液也具有一定的抑菌性，是因为在该洗手液体系中APG和EDTA-2Na也表现出一定的抑菌作用，与单因素实验研究结果相符。

### 3 结论

(1) 在该体系中，黏度性能受表面活性剂、保湿剂和无机盐等多种成分影响，其中AES、CAB-35、APG、氯化钠成分具有增稠作用，以及互为协同增效作用，共同对洗手液黏度起着积极作用。在试验范围内，AES、CAB-35、APG随着添加量的增加，增稠作用呈上升趋势，氯化钠随着添加量的增加，增稠作用呈先上升后下降趋势。另外，甘油和曲酸在高剂量条件下具有一定的降稠作用。

表2 正交设计及结果分析

试验序号	因素			抑菌效果/mm
	A: APG/%	B: EDTA-2Na/%	C: 曲酸/%	
1	1	1	1	13.5
2	1	2	2	15.0
3	1	3	3	15.2
4	2	1	2	15.2
5	2	2	3	15.5
6	2	3	1	14.7
7	3	1	3	16.8
8	3	2	1	15.6
9	3	3	2	14.9
k1	14.567	15.167	14.600	
k2	15.133	15.367	15.033	
k3	15.767	14.933	15.833	
极差R	1.200	0.434	1.233	

表3 实验结果

项目	曲酸洗手液	空白洗手液
总活性物含量/%	12.33	12.26
黏度/(mPa·s)	4266.7	4500.0
发泡力/mm	109.55	110.42
pH	6.05	6.00
耐热稳定性[(40±2) °C], 24 h	无分层、产品透明不混浊	无分层、产品透明不混浊
耐寒稳定性[(-5±2) °C], 24 h	无分层、产品透明不混浊	无分层、产品透明不混浊
S.aureus抑菌率/%	84.87	35.27
E.coli抑菌率/%	84.63	41.64

(2) 在该体系中, APG和EDTA-2Na也表现出一定的抑菌作用, 以上两种成分为洗手液常用原料, 可在不影响洗手液性能前提下, 综合利用其抑菌作用, 降低抑菌成分添加量。

(3) 通过单因素和正交实验, 优化筛选获得洗手液配方为: AES 6%, CAB-35 6%, APG 9%, EDTA-2Na 0.1%, 甘油1%, 曲酸1.25%, 氯化钠1.5%, pH 6, 余量为去离子水。该配方经性能测试, 其发泡力为109.55 mm, 总活性物含量

为12.33%, 黏度为4266.7 mPa·s, 对S.aureus和E.coli抑菌率分别为84.87%和84.63%, 具有良好的抑菌作用。

### 参考文献

- [1] 曾子君, 阮浩澜, 肖树雄, 等. 曲酸安全性评价及其化妆品法规管理现状[J]. 香料香精化妆品, 2021(4):94-97.
- [2] 陶文沂, 孙微, 许正宏, 等. 曲酸在食品中的应用[J]. 中国食品添加剂, 2000(2):26-31.
- [3] 苏国成, 汤风霞, 杨秋明, 等. 曲酸对常见食品污染菌的抑制作用[J].

- 食品与发酵工业, 2005, 31(3):47-51.
- [4] 侯温甫, 欧阳何, 吴忌, 等.曲酸对冷鲜鸭肉中优势腐败菌的抑制作用及其抑菌机理[J].食品科学, 2019, 40(1):278-285.
- [5] 李小曼, 王晓燕, 高学军, 等.溶菌酶与EDTA二钠的协同抑菌作用[J].北京大学学报(医学版), 2015, 47(1):52-56.
- [6] 涂华, 满瑞林, 陈卫萍.多功能两性表面活性剂椰油酰胺丙基甜菜碱[J].日用化学品科学, 2001, 24(1):44-46.
- [7] 张震, 张春燕, 孙珊瑚, 等.新型护肤抗菌型洗手液的试验研究[J].广州化工, 2015, 43(15):99-101.
- [8] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局.GB 15979-2002 一次性使用卫生用品卫生标准[S].北京:中国标准出版社, 2002:1-14.
- [9] 高园, 傅玄, 袁瑞, 等.茶皂素洗手液的制备及抑菌性能研究[J].日用化学工业, 2021, 51(1):28-31+37.
- [10] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局.GB/T 13173-2008 表面活性剂 洗涤剂试验方法[S].北京:中国标准出版社, 2008:10-12, 18-21.
- [11] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局.GB 19877.1-2005 特种洗手液[S].北京:中国标准出版社, 2005:1-3.
- [12] 于书平, 张正英, 樊西惊.酸性条件下泡沫的稳定性[J].油田化学, 1994, 11(1):70-73, 91.
- [13] 袁曼嘉, 董超, 沈珮琳, 等.两性与氨基酸型阴离子表面活性剂形成自增稠体系的性质研究[J].日用化学工业, 2015, 45(1):11-16.
- [14] 毛雪彬, 王家俊, 徐坤华, 等.一种氨基酸型浴液的研制[J].印染助剂, 2018, 35(11):37-40.
- [15] 龚盛昭, 陈庆生.日用化学品制造原理与工艺[M].北京:化学工业出版社, 2016:12-37.
- [16] 方云, 夏咏梅.两性表面活性剂(五)两性表面活性剂的生理活性[J].中国卫生检验杂志, 2001, 31(1):51-56.
- [17] 李军媛, 曹江, 韩薇, 等.椰油酰胺丙基甜菜碱的结构及其性能分析[J].化学工业与工程技术, 2007, 28(2):46-50.
- [18] 高雅博.茶树纯露抑菌洗手液的配方研制及其工艺研究[D].天津:天津大学, 2017: 11-17.
- [19] 于立权, 张祥涛, 姜自庆, 等.EDTA对壳聚糖的抑菌增效研究[J].黑龙江八一农垦大学学报, 2016, 28(3):95-98.
- [20] 刁春华.茶叶活性成分配伍抑菌洗手液研制[D].杭州:浙江农林大学, 2017:16-18.
- [21] 王培义, 闫铨钊, 梁晓军.三种不同类型甜菜碱表面活性剂的发泡及增稠性能研究[J].精细石油化工, 2003, (2):10-13.

## Development of Kojic Acid Hand Sanitizer

LI Zhenjiang<sup>1,2</sup>, YANG Zhigang<sup>1,2</sup>, YE Li<sup>1,2</sup>, ZHENG Youming<sup>3</sup>, RAO Hang<sup>2</sup>, ZENG Fangyuan<sup>2</sup>, CHEN Jing<sup>1,2</sup>, YANG Xuezhao<sup>1,2</sup>, JIANG Yuangang<sup>1,2</sup>, LI Xing<sup>2</sup>, TANG Xiaofang<sup>1,2</sup>

1. Sichuan Food and entation Industry Research Institute Co., Ltd., Chengdu, Sichuan 611130, China;

2. Chengdu Jinkai Biology Engineering Co., ltd., Chengdu, Sichuan 611130, China;

3. College of Biotechnology, Tianjin University of Science & Technology, Tianjin 300457, China

**Abstract:** The hand sanitizer with raw materials of kojic acid, AES, CAB-35 and APG was developed. Methods: The formulation of kojic acid hand sanitizer was optimized and screened by single factor test and orthogonal experiment with the performance and antibacterial effect of hand sanitizer as indexes. The results showed that the optimized formulation of kojic acid hand sanitizer was composed of 6% AES, 6% CBA-35, 9% APG, 0.1% EDTA-2Na, 1.0% glycerol, 1.25% kojic acid and 1.5% sodium chloride. The pH value of the hand sanitizer was 6. The foaming power of this formulation is 109.55 mm, the total active substance content is 12.33%, the viscosity is 4266.7 mPa·s, and it has bacteriostatic effect.

**Keywords:** hand sanitizer; antibacterial; orthogonal experimental design; kojic acid



# 聚氧乙烯醚型非离子表面活性剂的乳化性能的比较研究

王 坚<sup>1,2</sup> 刘建益<sup>1,2</sup> 钱 飞<sup>3</sup> 胡学一<sup>2</sup> 夏咏梅<sup>1,\*</sup>

1.江南大学食品科学与技术国家重点实验室, 江苏无锡, 214122;  
2.江南大学化学与材料工程学院, 江苏无锡, 214122;  
3.泰兴市凌飞化学科技股份有限公司, 江苏泰州, 225400

**摘要:**以环氧乙烷加成数接近9的烷基醇聚氧乙烯醚为研究对象, 比较性研究了壬基环己醇聚氧乙烯醚(9)、壬基酚聚氧乙烯醚(10)、异构十三醇聚氧乙烯醚(9)、仲醇聚氧乙烯醚(9)以及十二醇聚氧乙烯醚(9)五种非离子表面活性剂对几种日用化学品用油及其混合物的乳化力。实验结果表明, 支链化疏水基更有利于非离子表面活性剂对油的乳化, 壬基环己醇聚氧乙烯醚(9)具备替代壬基酚聚氧乙烯醚(10)在日用化学品中应用的潜力。

**关键词:**聚氧乙烯醚; 非离子表面活性剂; 油; 乳化力

**中图分类号:** TQ423.2   **文献标识码:** A   **文章编号:** 1672-2701 (2023) 01-29-08

烷基酚聚氧乙烯醚(APEO<sub>n</sub>)自20世纪40年代伊始投入商用, 凭借其良好的乳化性、润湿性、抗

静电性和洗涤等性能, 被广泛应用于农药、纺织、日用洗涤用品、化妆品等领域<sup>[1-4]</sup>。APEO<sub>n</sub>曾为全球第二大类非离子表面活性剂, 其中壬基酚聚氧乙烯醚(NPEO<sub>n</sub>)产量占比为80%<sup>[1]</sup>。然而, 由于NPEO<sub>n</sub>分子中的酚结构, 导致其生物降解性较差<sup>[5-7]</sup>; 并且

基金项目: 江苏省产学研合作项目 (BY2021552)。  
通信作者: 夏咏梅, E-mail: ymxia@jiangnan.edu.cn。

NPEO<sub>n</sub>及其短链降解产物等具有内分泌干扰性<sup>[8-11]</sup>。因此,自20世纪90年代起,NPEO<sub>n</sub>在不同国家和地区的使用和生产相继受到限制<sup>[12]</sup>。

目前市场上NPEO<sub>n</sub>的主要替代品为直链和支链脂肪醇聚氧乙烯醚,但在乳化尤其乳化硅油方面鲜有表面活性剂能够替代NPEO<sub>n</sub><sup>[13-14]</sup>。壬基环己醇聚氧乙烯醚(NCEO<sub>n</sub>)与NPEO<sub>n</sub>具有相似的结构<sup>[15]</sup>,但不含酚残基,因此NCEO<sub>n</sub>或具有良好的生物降解性和较小的水生毒性,而且可以利用NPEO<sub>n</sub>减产富余的C<sub>3</sub>和C<sub>4</sub>石油原料,既有利于碳中和,也有望成为NPEO<sub>n</sub>在日用化学品中的绿色替代品。

本文考察了壬基酚聚氧乙烯醚(10)(NPEO<sub>10</sub>)、壬基环己醇聚氧乙烯醚(9)(NCEO<sub>9</sub>)以及壬基酚聚氧乙烯醚常见替代品异构十三醇聚氧乙烯醚(9)(E1<sub>3</sub>O<sub>9</sub>)、仲醇聚氧乙烯醚(9)(S-90)和十二烷基聚氧乙烯醚(9)(AOE<sub>9</sub>)环氧乙烷加成数相似的非离子表面活性剂对几种日用化学品用油的乳化能力,从日用化学品用油的乳化应用方面探讨用NCEO<sub>9</sub>替代NPEO<sub>10</sub>的可能性。

## 1 实验部分

### 1.1 试剂与仪器

壬基环己醇、环氧乙烷、壬基酚聚氧乙烯醚(10),均为工业级,购自泰兴市凌飞化学科技股份有限公司;异构十三醇聚氧乙烯醚(9),工业级,购自沙索化学有限公司;C<sub>12</sub>-C<sub>14</sub>仲醇聚氧乙烯醚(9),工业级,购自江苏赛科化学有限公司;十二醇聚氧乙烯醚(9),工业级,购自巴斯夫股份有限公司;白油,化妆品级,购自杭州福达石化有限公司;辛

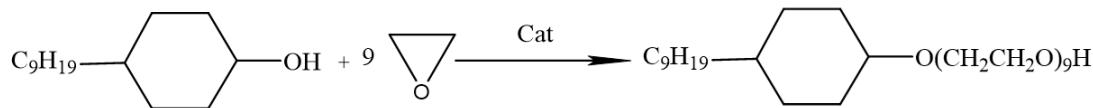
癸酸甘油脂,化妆品级,购自吉隆坡甲洞油脂化工集团;茶籽油,化妆品级,购自广东宝华农业科技有限公司;霍霍巴油,化妆品级,购自美国Vantage特种原料集团;二甲基硅油,化妆品级,购自陶氏化学有限公司;液体石蜡、氢化钠,均为分析纯,购自国药集团上海化学试剂有限公司;大豆油,购自嘉里粮油有限公司;甲醇,色谱级,购自国药集团上海化学试剂有限公司;实验用水均为去离子水(电导率σ=10 μS/cm)。

WHF-0.5压热反应釜,山东威海自控反应釜有限公司;T18 ULTRA TURRAX均质机,德国IKA;FILA2000-104型红外光谱仪,加拿大ABB Bome公司;ZMD4000型电喷雾质谱仪,美国Waters公司;VHX-1000C超景深三维显微镜,基恩士(香港)有限公司。

### 1.2 实验方法

#### 1.2.1 壬基环己醇聚氧乙烯醚(9)的合成

向500 ml压热反应釜中加入100 g壬基环己醇,500 r/min的转速下连续搅拌。将反应釜中混合物加热至50 °C,抽真空30 min,去除原料中的微量水分和其他低沸点杂质。接着使用氮气置换釜内空气3 min,随后立即加入0.5 g氢化钠。将釜内混合物加热至180 °C后,将环氧乙烷从一个小圆罐中压入反应器中,直到反应器内的表压达到0.4 MPa。釜内混合物温度保持在180 °C,直至压力降至0.1 MPa及以下。用循环水将反应混合物冷却至70 °C后,再次使用氮气吹除未反应的环氧乙烷。根据消耗环氧乙烷质量计算平均加成数。NCEO<sub>9</sub>的合成路线示意如下:



### 1.2.2 壬基环己醇聚氧乙烯醚(9)的结构表征

(1)红外光谱(FT-IR)分析：采用溶剂涂膜法将NCEO<sub>9</sub>样品均匀涂抹在碘化钾盐片上，测定其500~4000 cm<sup>-1</sup>范围内的红外光谱。

(2)电喷雾电离质谱(ESI-MS)分析：以甲醇(色谱级)为溶剂，样品浓度为0.1 mg/L，正离子模式分析。

### 1.2.3 表面活性剂亲水亲油平衡值的测定

聚氧乙烯醚型非离子表面活性剂的亲水亲油平衡值(HLB)按照下式计算<sup>[16]</sup>：

$$HLB = \frac{M_H}{M_n} \times 20 \quad \text{公式(1)}$$

式中， $M_H$ 为表面活性剂分子中亲水基的相对分子质量， $M_n$ 为表面活性剂平均相对分子质量。

### 1.2.4 O/W型乳状液的制备和表面活性剂乳化力的测定

所用表面活性剂均为HLB>10的乳化剂，所以在室温下所制备的乳状液均为O/W型。

参考文献<sup>[17]</sup>中的量筒手摇乳化并分水体积法，用分水体积法即以所试乳化剂稳定的乳状液破乳后分出一定体积水后的时间来表征表面活性剂的乳化力。由于文献中的乳状液制备为量筒手摇法，虽然所制备的乳状液可以非常稳定，但一则人为手摇的数据重现性有待商榷，二则非常稳定的乳状液的破乳时间(即分水时间)过长。因此，为了提高实验重现性和缩短实验时间，本实验对文献方法做了调整，其中的乳状液制备分别采用量筒手摇和机械均质法。

量筒手摇法：室温下量取40 ml表面活性剂溶液(1 g/L)于100 ml具塞量筒内。缓慢加入40 ml油，在1 min内上下振摇5次，静置1 min；再上

下振摇5次静置1 min，重复上述步骤5次。第5次振摇结束后立即启动秒表计时，此时油水两相开始分离，下层分出10 ml水相时所需时间即为破乳时间，破乳时间取7次平行实验的算术平均值。

机械均质法：室温下移液管量取4 ml表面活性剂溶液(1 g/L)于20 ml玻璃瓶内，缓慢加入4 ml油。以4000 r/min均质2 min，记录分出7 mm水相时间。破乳时间取7次平行实验的算术平均值。

## 2 结果与讨论

### 2.1 壬基环己醇聚氧乙烯醚(9)的结构表征

分别以红外光谱(FT-IR)和电喷雾质谱(ESI-MS)表征通过乙氧基化壬基环己醇所合成的NCEO<sub>9</sub>的分子结构。加成反应所消耗的环氧乙烷摩尔数为壬基环己醇的9倍。

NCEO<sub>9</sub>的红外谱图如图1所示。在3482 cm<sup>-1</sup>处出现的吸收峰为-OH伸缩振动，2936~2869 cm<sup>-1</sup>处的吸收峰为-CH<sub>3</sub>、-CH<sub>2</sub>和-CH中C-H键引起的伸缩振动。1100 cm<sup>-1</sup>处出现强而宽的吸收峰，为C-O-C的不对称伸缩振动峰，表明NC结构上增加了

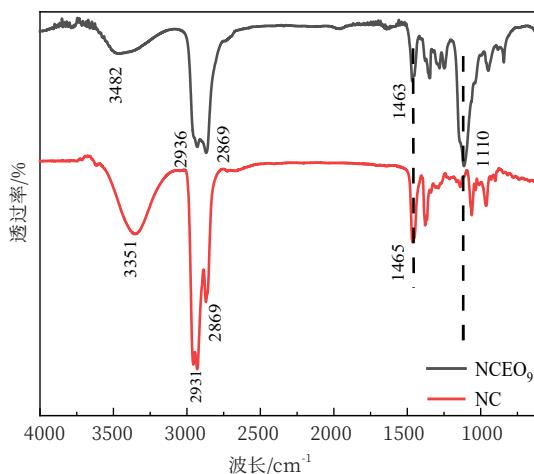


图1 壬基环己醇和壬基环己醇聚氧乙烯醚(9)红外谱图

一定数量的环氧乙烷长链。产物吸收峰与目标结构基本符合。

通过ESI-MS(正离子模式)对NCEO<sub>9</sub>的EO数分布进行表征(图2)。表明所合成的NCEO<sub>9</sub>的分子量以NCEO<sub>9</sub>的计算分子量(MW=622, [NCEO<sub>9</sub>+NH<sub>4</sub>]<sup>+</sup>的分子离子峰为640)为最高丰度,且呈正态分布;质荷比(m/z)主要集中在552~817,相邻碎片离子峰的荷质比相差为一个乙二醇的分子量44,分别对应于正离子模式下[NCEO<sub>n</sub>+NH<sub>4</sub>]<sup>+</sup>(n=7、8、9、10、11、12、13)的准分子离子峰。

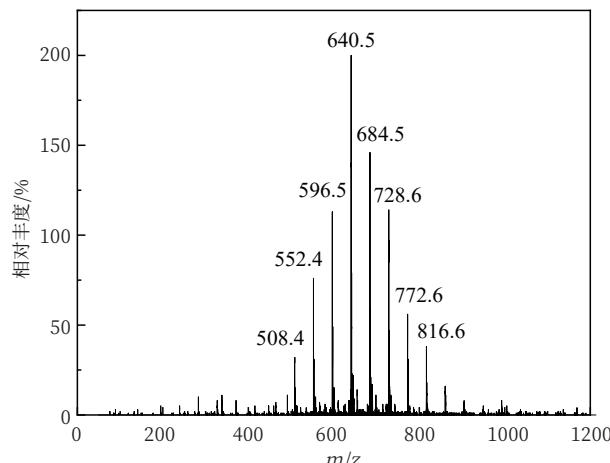


图2 廿基环己醇聚氧乙烯醚(9)的ESI-MS图

## 2.2 表面活性剂亲水亲油平衡值的测定

通常不同类型的乳液需要乳化剂HLB范围不同。W/O型乳液适用HLB值3~6, O/W型乳液适用HLB值8~18。用公式(1)计算出实验所用五种乙氧基数相似的表面活性剂的HLB值(表1)。

表1 表面活性剂HLB计算值

表面活性剂	HLB
NPEO <sub>10</sub>	13.3
NCEO <sub>9</sub>	12.7
AEO <sub>9</sub>	13.6
E130 <sub>9</sub>	13.3
S-90	13.3

由表1可知,五种表面活性剂虽然疏水基不同,但HLB值接近,均在12~14之间。说明它们可能具有相近的乳化性能,还待随后实验验证。

## 2.3 乳化力测定方法的改进

如前所述,为了寻求适合于日用化学品用油的乳化力测定方法,提高实验的重现性,首先通过测定NCEO<sub>9</sub>对两种不同极性油的乳化力来对两种方法进行评价(表2),通过测定乳液分出一定体积水相的时间来表征乳化力(n=7)。

由表2可以看出,测定NCEO<sub>9</sub>对不同极性油的乳化力时,机械均质法均比量筒手摇法所得数据的误差低;尤其是在测定NCEO<sub>9</sub>对非极性的液体石蜡的乳化力时,机械均质法测定的数据的标准偏差显著低于量筒手摇法的。

进一步通过超景深显微镜观察两种乳液的微观结构(图3、图4),发现量筒手摇法形成的乳液液滴更加均一。这表明虽然短时间的机械均质法制备的乳状液不如量筒手摇法反复多次、长时间震荡形成的乳液稳定,但由于其机械性,反而表现出相对较

表2 廿基环己醇聚氧乙烯醚(9)对两种油的乳化力

样品	测定方法	平均分水时间/min	标准偏差/min	相对标准偏差/%
液体石蜡	机械均质法	4.83	0.29	6.00
	量筒手摇法	9.97	1.22	12.24
大豆油	机械均质法	7.50	0.43	5.73
	量筒手摇法	16.99	1.19	7.00

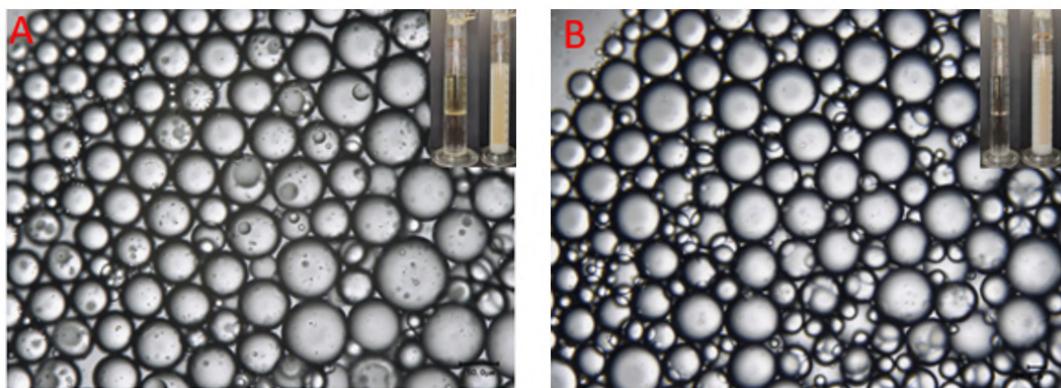


图3 量筒手摇法乳液的微观图像(A、B油相分别为大豆油、液体石蜡)

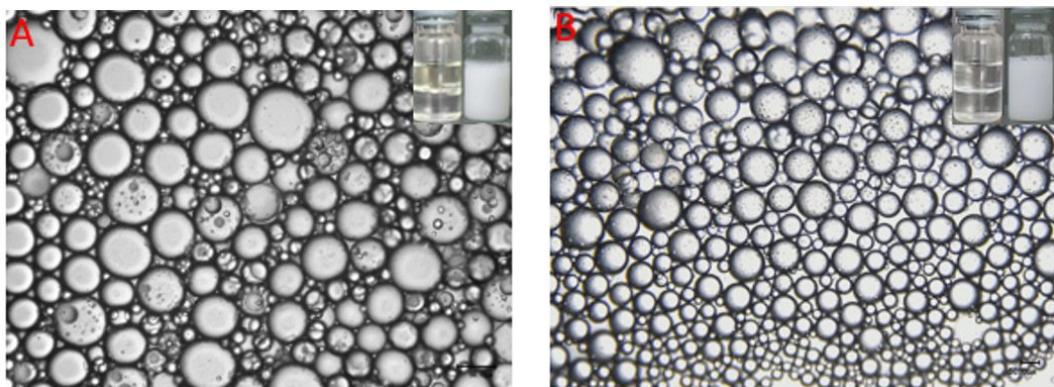


图4 机械均质法乳液的微观图像(A、B油相分别为大豆油、液体石蜡)

好的重现性。因此，以下实验中均采用机械均质法制备乳状液。

#### 2.4 非离子表面活性剂对日用化学品用油的乳化

目前工业上NPEO<sub>n</sub>的主要替代品为直链和支链脂肪醇聚氧乙烯醚，虽然它们可以替代部分应用，但乳化力却难以达到甚至超过NPEO<sub>n</sub>。NPEO<sub>n</sub>的优秀乳化性能源于NPEO<sub>n</sub>分子中独特的酚残基，既有利于分子中疏水碳链与亲水的EO链间极性的平稳过渡，又对各种不同分子结构和极性的油脂表现亲和性<sup>[18]</sup>。

为了进一步确定NCEO在日用化学品中替代NPEO的可行性，本实验测定NCEO<sub>9</sub>对白油、辛癸酸甘油脂、茶籽油、霍霍巴油和二甲基硅油的乳化

能力，并与乙氧基数相似的NPEO<sub>10</sub>、E1309、S-90和AOE<sub>9</sub>进行比较。

从图5A～C中可以看出，对于甘油酯矿物油白油、天然油脂茶籽油和中碳脂肪酸辛癸酸甘油酯，NPEO<sub>10</sub>和E1309均表现出优异的乳化力。NCEO<sub>9</sub>对二甲基硅油和液体蜡霍霍巴油乳化效果均优于NPEO<sub>10</sub>(图5D、E)。总体来说，对于5种日用化学品用油的乳化力，NPEO<sub>10</sub>、E1309和NCEO<sub>9</sub>优于S-90和AOE<sub>9</sub>，这可能在于疏水基支链化形成的界面膜强度更高，形成的乳液更加稳定<sup>[19]</sup>。

#### 2.5 非离子表面活性剂对混合油脂的乳化

日用化学品用油往往将多种油脂混合以期得到更好的效果，为了进一步模拟表面活性剂在日用化

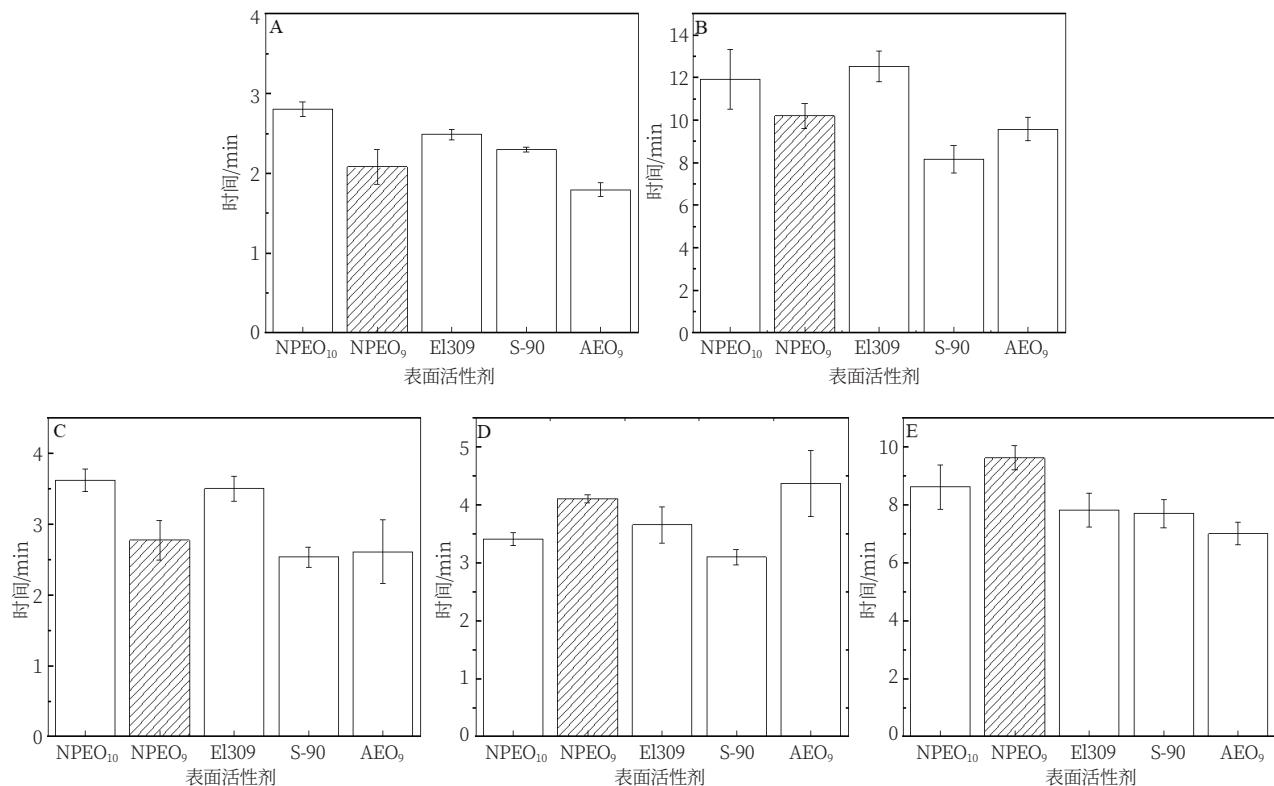


图5 非离子表面活性剂对日用化学品用油的乳化力( A、B、C、D、E分别为白油、辛癸酸甘油脂、茶籽油、霍霍巴油、硅油)

学品用中的乳化效果，将白油、GTCC、茶籽油、霍霍巴油和二甲基硅油按照质量比5:2:1:1:1配成混合油脂测定五种表面活性剂的乳化力。先通过上述乳化力数据使用质量加权法计算预测五种表面活性剂对混合油的乳化能力（表3）。

预测结果：五种表面活性剂对混合油的乳化力大小依次为NPEO<sub>10</sub>~E1309>NCEO<sub>9</sub>>S-90

~AEO<sub>9</sub>。随后，实际测定了五种表面活性剂对混合油的乳化力(图6)。

从图6中可以看出，与表3预测结果一致，五种聚氧乙烯醚表面活性剂对混合油脂的乳化力依次为NPEO<sub>10</sub>~E1309>NCEO<sub>9</sub>>S-90>AEO<sub>9</sub>。NPEO<sub>10</sub>和E1309对混合油脂的乳化力最好，再次表明支链化疏水基的结构提升了表面活性剂的乳化力。

表3 非离子表面活性剂对日用化学品用油的综合乳化力预测值

表面活性剂	白油	辛癸酸甘油酯	茶籽油	霍霍巴油	硅油	乳化力预测值/min
NPEO <sub>10</sub>	2.80	11.92	3.62	3.41	8.62	5.35
NCEO <sub>9</sub>	2.09	10.21	2.77	4.11	9.63	4.74
E1309	2.49	12.53	3.50	3.76	7.83	5.26
S-90	2.31	8.16	2.54	3.10	7.71	4.12
AEO <sub>9</sub>	1.80	9.58	2.35	4.37	7.01	4.19

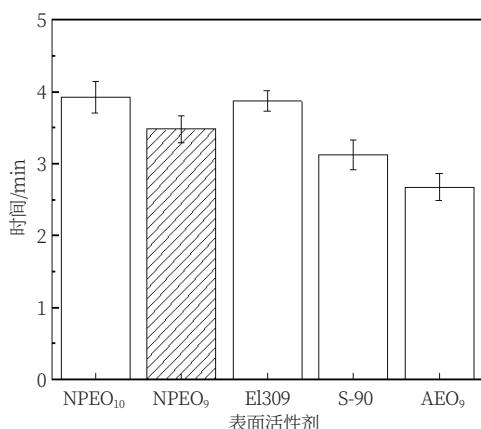


图6 非离子表面活性剂对日用化学品用混合油脂的乳化力

NCEO<sub>9</sub>乳化效果略次于NPEO<sub>10</sub>和E1309。

### 3 结论

比较性研究了壬基环己醇聚氧乙烯醚(9)、壬基酚聚氧乙烯醚(10)、异构十三醇聚氧乙烯醚(9)、仲醇聚氧乙烯醚(9)以及十二醇聚氧乙烯醚(9)五种环氧乙烷加成数接近9的烷基醇聚氧乙烯醚非离子表面活性剂对5种日用化学品用油及其混合物的乳化力。实验结果表明，对于甘油酯矿物油白油、天然油脂茶籽油和中碳脂肪酸辛癸酸甘油酯，NPEO<sub>10</sub>和E1309均表现出优异的乳化力；NCEO<sub>9</sub>对二甲基硅油和液体蜡霍霍巴油乳化效果均优于NPEO<sub>10</sub>。总体来说，对于5种日用化学品用油的乳化力，NPEO<sub>10</sub>、E1309和NCEO<sub>9</sub>优于S-90和AEO<sub>9</sub>的，这可能在于疏水基支链化形成的界面膜强度更高，形成的乳液更加稳定。

将上述5种油按照质量比5：2：1：1：1配成混合油脂，先以质量加权法计算了五种表面活性剂对混合油的乳化能力，预测五种表面活性剂对混合油的乳化力大小依次为NPEO<sub>10</sub>～E1309>NCEO<sub>9</sub>>S-90～AEO<sub>9</sub>，而后以实验证实了五种表面活性剂的

乳化力依次为NPEO<sub>10</sub>～E1309>NCEO<sub>9</sub>>S-90>AEO<sub>9</sub>，与计算结果接近，再次说明支链化疏水基的结构提升了表面活性剂的乳化力。NCEO<sub>9</sub>乳化效果略次于NPEO<sub>10</sub>和E1309，壬基环己醇聚氧乙烯醚(9)具备替代壬基酚聚氧乙烯醚(10)在日用化学品中应用的潜力。

### 参考文献

- TALMAGE S S. Environmental and human safety of major surfactants: Alcohol ethoxylates and alkylphenol ethoxylates [M]. Boca Raton:CRC Press,2020.
- CAO X, LIN M, WEI H, et al. Effect of the modification of magnetic graphene oxide with ionic liquid on the adsorption of nonionic surfactant NP10EO[J]. Environmental Science and Pollution Research, 2021, 28 (41): 58629-58639.
- BENEITO-CAMBRA M, HERRERO-MARTINEZ J M, RAMIS-RAMOS G. Analytical methods for the characterization and determination of nonionic surfactants in cosmetics and environmental matrices [J]. Analytical Methods, 2013, 5 (2): 341-354.
- CHADWICK S S. Ullmann's encyclopedia of industrial chemistry [J]. Reference Services Review, 1988, 16 (4): 31-34.
- YING G G, WILLIAMS B, KOOKANA R. Environmental fate of alkylphenols and alkylphenol ethoxylates - a review [J]. Environment International, 2002, 28 (3): 215-226.
- WHITE G F. Bacterial biodegradation of ethoxylated surfactants [J]. Pesticide Science, 1993, 37 (2): 159-166.
- TOPP E, STARRATT A. Rapid mineralization of the endocrine-disrupting chemical 4-nonylphenol in soil [J]. Environmental Toxicology and Chemistry, 2000, 19 (2): 313-318.
- CRANE J L. Distribution and toxic potential of alkylphenols, nonylphenol ethoxylates, and pyrethroids in minnesota, USA lake sediments [J]. Science of The Total Environment, 2021, 776: 145974.
- JOBLING S, SUMPTER J P. Detergent components in sewage effluent are weakly estrogenic to fish - an in-vitro study using rainbow-trout (*oncorhynchus-mykiss*) hepatocytes [J]. Aquatic Toxicology, 1993, 27 (3-4): 361-372.

- [10] HE X, QI Z, GAO J, et al. Nonylphenol ethoxylates biodegradation increases estrogenicity of textile wastewater in biological treatment systems [J]. Water Research, 2020, 184: 116137.
- [11] ISMAIL N A H, WEE S Y, ARIS A Z. Bisphenol a and alkylphenols concentrations in selected mariculture fish species from pulau kukup, johor, malaysian [J]. Marine Pollution Bulletin, 2018, 127: 536-540.
- [12] GROSHART C, OKKERMANN P, WASSENBERG W, et al. Chemical study on alkylphenols [J]. Rapportnr: 2001029, 2001.
- [13] 胡益涛. 壬基环己醇聚氧乙烯醚的合成与性能研究 [D]. 无锡: 江南大学, 2020.
- [14] ABD EL-GHAFFAR M, SHERIF M, TAHER EL-HABAB A. Synthesis, characterization, and evaluation of ethoxylated lauryl-myristyl alcohol nonionic surfactants as wetting agents, anti - foamers, and minimum film forming temperature reducers in emulsion polymer lattices [J]. Journal of Surfactants and Detergents, 2017, 20 (1): 117-128.
- [15] 任琼琳, 孟新宇, 胡益涛, 等. 壬基环己醇聚氧乙烯醚表面活性剂的性能研究 [J]. 日用化学工业, 2019, 49 (4): 209-213, 237.
- [16] PASQUALI R C, TAUROZZI M P, BREGNI C. Some considerations about the hydrophilic-lipophilic balance system [J]. International Journal of Pharmaceutics, 2008, 356 (1-2): 44-51.
- [17] ZHANG Y, LI Y, SONG Y, et al. Synthesis and aggregation behaviors of tail-branched surfactant guerbet-cetyl trimethyl ammonium chloride [J]. Colloid and Polymer Science, 2016, 294 (2): 271-279.
- [18] HU X Y, SUN M L, FANG Y, et al. Molecular design and structure-property investigation of n-dodecylbenzyloxy ethoxylates [J]. Langmuir, 2020, 36 (27): 7765-7774.
- [19] ZHANG Q, LI Y, SONG Y, et al. Properties of branched alcohol polyoxyethylene ether carboxylates [J]. Journal of Molecular Liquids, 2018, 258: 34-39.

## Comparative Study on Emulsifying Ability of Several Polyoxyethylene Ether Non-Ionic Surfactants

WANG Jian<sup>1,2</sup>, LIU Jianyi<sup>1,2</sup>, QIAN Fei<sup>3</sup>, HU Xueyi<sup>2</sup>, XIA Yongmei<sup>1,2\*</sup>

1. State Key Laboratory of Food Science and Technology, Jiangnan University, Wuxi, Jiangsu 214122, China;

2. School of Chemical and Material Engineering, Jiangnan University, Wuxi, Jiangsu 214122, China;

3. Taixing Lingfei Chemical Technology Co., LTD, Taizhou, Jiangsu 225400, China

**Abstract:** This experiment studied 5 nonionic surfactants, the polyoxyethylene ethers that possess 9 or 10 oxyethylene ether units, that is, nonylcyclohexanol polyoxyethylene ether(9), nonylphenol polyoxyethylene ether(10), isomeric alcohol ethers(9), secondary alcohol polyoxyethylene ether(9) and dodecylpolyoxyethylene ether(9) on their emulsifying ability towards several household chemical oils and their mixtures. The experimental results show that branched hydrophobic group is more conducive to the emulsification, and nonylcyclohexanol polyoxyethylene ether(9) has the potential to be used in daily chemicals as the alternative of nonylphenol polyoxyethylene ether(10).

**Keywords:** polyoxyethylene ether; nonionic surfactant; oil; emulsification



# 《表面活性剂化学与工艺学》课程思政设计与实施

王策 赵莉 刘畅瑶 张桂菊 徐宝财\*

北京工商大学轻工科学技术学院，北京，100048

**摘要：**加强课程思政是落实立德树人根本任务的重要举措。《表面活性剂化学与工艺学》是北京工商大学应用化学专业极具特色的专业核心课程，通过明确课程思政目标，梳理思政元素，将“知识线”与“思政线”有机融合，完善课程教学设计。依托实践教学，丰富教学方式，使学生在学习、实践中进一步强化课程思政教育，提升人才培养质量。

**关键词：**表面活性剂化学与工艺学；课程思政；立德树人

**中图分类号：**TQ423 **文献标识码：**A **文章编号：**1672-2701(2023)01-37-05

2016年，在全国高校思想政治工作会议上，习近平总书记指出“要坚持把立德树人作为中心环节，把思想政治工作贯穿教育教学全过程”。“要

基金项目：北京工商大学2021年教育教学改革研究项目。  
作者简介：王策，男，博士，汉族，北京工商大学轻工科学技术学院日化工程系主任，副教授，研究方向：表面活性剂。

通信作者：徐宝财，E-mail：xubaoc@btbu.edu.cn。

用好课堂教学这个主渠道，思想政治理论课要坚持在改进中加强，提升思想政治教育亲和力和针对性，满足学生成长发展需求和期待，其他各门课都要守好一段渠、种好责任田，使各类课程与思想政治理论课同向同行，形成协同效应”。2017年，教育部发布的《高校思想政治工作质量提升工程实施纲要》指出高校课程思政要“梳理各门专业课所蕴

含的思想政治教育元素和所承载的思想政治教育功能，融入课堂教学各环节，实现思想政治教育和知识体系教育的有机统一”<sup>[1]</sup>。北京工商大学应用化学专业旨在培养具有良好的政治素质和道德修养，适应国民经济建设和轻工行业发展需要的高素质应用型工程技术人才。因此，加强课程思政成为本专业当前教学改革的重点，也是实现立德树人根本任务的重要举措。

表面活性剂是一类重要的精细化学品，在清洁用品、化妆品、食品、药物、化工、能源等多个领域具有广泛应用<sup>[2-4]</sup>。北京工商大学应用化学专业立足学校轻工传统，在洗涤用品、化妆品等日化领域形成了鲜明特色，特此开设了《表面活性剂化学与工艺学》课程。本课程包括表面活性剂的概念与性质、合成工艺、作用原理和应用等内容，是核心专业课程<sup>[5]</sup>。作为专业课，以往的教学更多地注重专业知识的传授，课程思政内容较少，难以实现人才的全面培养。因此，课程教研组积极探索课程内容与思想政治教育的契合点，明确了课程思政的教学目标，梳理了课程相关的思政元素，开展丰富灵活的教学方式，并结合实践教学强化课程思政教育，将爱国教育、社会主义核心价值观、科学精神、工匠精神、创新创业精神等思政内容贯穿课程教学的全过程，进一步提高本专业人才培养水平。

## 1 课程思政目标

结合课程内容，进一步明确了课程思政目标，具体包括：①了解表面活性剂发展历程和我国表面活性剂行业发展现状，培养爱国热情，坚定文化自信；②结合我国国情与发展战略，了解表面活性剂行业发展趋势，树立可持续发展的科学理念，激发和培养学生的历史使命感和时代责任感；③了解表

面活性剂的前沿理论与先进技术，培养勇于探索的科学精神和精益求精的工匠精神；④通过了解表面活性剂在诸多领域的应用，培养学生奉献社会、服务人民的意识，培养创新创业精神。

## 2 课程思政的教学设计

(1) 回顾我国表面活性剂行业发展历程，增强民族自豪感和历史使命感。

本课程在绪论部分介绍表面活性剂的发展历程。我国在表面活性剂的开发和利用方面拥有悠久的历史。据史料记录，最晚在周代（公元前800年附近），人们已经学会利用草木灰水来洗涤衣物；从魏晋开始，人们便开始用皂角和澡豆来清洗衣物。这些案例让学生感受到我国古代劳动人民的勤劳智慧，增强民族自豪感和文化自信。近代以来，我国处在半殖民地半封建的社会环境中，科技发展缓慢，导致我国合成表面活性剂领域的发展严重滞后。中华人民共和国成立以来，我国表面活性剂行业迅速发展。“十二五”计划期间（2011—2015年），中国表面活性剂行业大力推进结构升级，减少高端表面活性剂产品的进口依赖程度。

“十三五”期间，继续推进表面活性剂行业的产业升级，包括绿色生产工艺开发、绿色产品开发、技术装备升级、表面活性剂安全评价机制的建立、国际影响力的提升等。本课程教研组的成员有幸参与两个五年计划的相关项目的研究工作。在授课过程中，将表面活性剂的发展史放在人类进步，尤其是国家发展的大背景中，激发学生的爱国热情，认识到自己的历史使命和时代责任，提高学习动力，树立为我国化学化工事业发展贡献力量的远大理想。

(2) 深刻理解新时代的社会矛盾，号召新时代学子为国家发展贡献力量。

中国特色社会主义进入新时代，我国社会主要矛盾已经转化为人民日益增长的美好生活需要和不平衡不充分的发展之间的矛盾。表面活性剂涉及化妆品、洗涤剂、食品、药品等与人民生活息息相关的领域，因此新时代的社会矛盾在表面活性剂行业的发展中有非常充分的体现。传统的表面活性剂已经难以满足人民日益增长的美好生活需求，开发功能优异且绿色安全的表面活性剂已经成为新的发展趋势。在应用方面，人民更加追求物美质优的产品，但目前我国市场上的高端洗护产品、化妆品大多为国外品牌。因此，开发优质产品、发展民族品牌也是新时代学子的重要责任，以此激发学生的创新创业热情，坚定为国家发展贡献力量的决心。

非离子表面活性剂烷基糖苷（APG）及其衍生物是一类性能优异的糖基表面活性剂。烷基木糖苷已被收录在国际化妆品目录（2015版）中，作为特殊功能助剂已经广泛应用于化妆品领域。鉴于木糖明确的食药保健功能，烷基糖苷类表面活性剂亦可应用于食品、药品、饲料等领域。国外关于烷基木糖苷的报道大多数是以酶催化或离子液体催化合成碳链长度小于10的木糖苷，以及酶催化的机理，对木糖苷的性能及应用鲜有报道，而国内尚未见该类产品的公开生产信息。受国内农产品深加工技术和产业快速发展的拉动，我国木糖产业总规模已处于国际领先地位，寻求木糖深加工技术以提升核心竞争力成为众多木糖企业的当务之急。因此，开发烷基木糖苷类表面活性剂的绿色制备工艺工程技术并应用示范，不仅是表面活性剂行业发展需要，同时可以延伸我国木糖产业链，为食品、药品、化妆品等应用行业提供高性价比的进口替代产品，提升相关企业的核心竞争力。“十三五”期间，中国日用化学研究院开发了由长链醇和木糖一步反应制备

烷基木糖苷的短流程绿色工艺，填补了国内空白。以该产业前沿领域作为课程内容的延伸，是非常好的思政教育的切入点，可以激发学生的学习兴趣，激起他们的爱国情怀。

#### （3）结合国家政策，密切关注行业发展动态。

2020年，国家主席习近平在第七十五届联合国大会上提出了“碳达峰”“碳中和”的目标。目前，绿色化学的理念也已深入表面活性剂行业，采用可再生的生物质代替石化原料，开发绿色合成工艺，得到功能丰富、环境友好的产品成为行业的发展趋势。因此，本课程在表面活性剂制备工艺的授课中，紧密结合国家政策，让学生树立可持续发展的科学理念，鼓励学生勇于探索，积极开发绿色产品和绿色工艺，培养精益求精的工匠精神。

在第三章“阴离子型表面活性剂的合成”部分，以当前备受关注的氨基酸表面活性剂为例，介绍其合成工艺的绿色化转型。“十三五”期间，北京工商大学徐宝财教授团队开发了以非食用油脂和氨基酸为原料制备氨基酸表面活性剂的绿色短流程制备工艺。非食用天然油脂和氨基酸都是可再生的生物质资源。教学过程中，通过这些内容的介绍，使学生充分了解到任课教师在科研一线的成果产出，有助于激发学生的自豪感和自信心，让学生了解科研过程中的具体困难与解决的方法、路径，有助于培养他们的科学探索精神和工匠精神。

#### （4）结合前沿理论与技术，培养学生科学精神。

对于专业性较强的课程，如何引入思政教育一直是教学改革的难点。专业课教师在授课过程中引入思政元素不仅花费较多的时间，而且思政内容引入方式往往较为生硬，反而影响了课程的顺利进行<sup>[1]</sup>。实际上，专业知识的形成与发展本身就可以启发学生的思考。本课程在授课过程中积极引导学

生思考，注重将本学科的前沿理论和技术引入教学当中，特别是结合本领域著名学者以及本专业教师的科研工作，不仅激发了学生的兴趣，也培养学生勇于探索的科学精神。自然而然地将“知识线”与“思政线”有机融合，达到良好的教学效果<sup>[6]</sup>。

在第六章“非离子型表面活性剂的合成”的学习中，讲授“脂肪酸单甘酯的合成”时介绍传统的制备方法，即天然油脂与甘油在碱催化剂的作用下，高温（220~260 °C）反应，产率不足50%。近年来开发的酶催化法则很好地改进了传统工艺。反应在80 °C以下进行，条件更温和，反应选择性高，产品质量更好。本课程教研组成员张桂菊老师在该领域做了许多研究，以此作为这些案例介绍给学生，极大地激发了学生的学习兴趣，有助于培养学生的科学探索精神。

### 3 实践教学中强化思政教育

表面活性剂是一类应用导向的物质，因此课程十分重视实验教学及应用实践性活动，这也为加强思政教育提供了新的平台和途径<sup>[7]</sup>。

本课程在已有的验证性实验及少量综合性实验基础上，增设探索性和创新性实验，引领学生深入认识本领域的前沿性课题，调动学生的学习兴趣。例如，《表面活性剂实验》中增设天然表面活性剂的提取分离、新型绿色安全表面活性剂的制备等内容，同学们能够在实验中加深对绿色、天然表面活性剂的认识，培养绿色环保的理念。在合成实验中，学生分别采用传统工艺和绿色工艺制备同一类表面活性剂，通过比较两种工艺的差异，学生能够切身体会到科技进步对我们生活的巨大影响，对可持续发展和“碳达峰”“碳中和”有更深刻的认识，激励学生利用专业知识为我国生态文明建设贡

献力量。通过这些实验，鼓励学生积极探索，培养发现问题、解决问题的能力，培养改革创新为核心的时代精神。

在专业实习过程中，学生能够进入企业实地考察表面活性剂在工业领域的应用情况，加强对表面活性剂行业发展的认识。例如，组织学生去北京洛娃日化有限公司驻厂实习，让学生全面了解洗涤用品的研发与生产过程，深入理解洛娃日化产品“绿色、环保、健康”的理念。在研发实验室、生产车间的实地体验和企业文化的熏陶，激发学生奉献社会、服务人民的意识，加深可持续发展的理念，增强学生对我国日化行业发展的使命感和责任感。

### 4 扩宽课程思政教育方式

课程思政教育还应积极探索教育方式。传统的单向灌输教学方式难以调动学生的积极性和主动性，因此很难达到课程思政教育的预期效果。为了改善课程思政教育的效果，本课程立足专业特色，结合学生的学习特点，探索了多种多样的教育方式。

本课程积极探索“案例”教学，结合讨论式、启发式互动，提高学生参与课堂的主动性。另外，指导学生通过市场调研、文献检索等方式了解表面活性剂发展现状及趋势、产品开发、安全生产等相关知识，并以主题汇报的方式呈现自己的认识和思考。这些不仅让学生加深对知识点的理解，还可以在主题汇报和课堂讨论中引发学生对课程思政的主动思考，提升思政教育效果。

依托学院定期举办的“轻工大讲堂”，邀请校外名师或行业专家进行专题讲座，围绕表面活性剂领域的基础研究、应用研究展开，介绍前沿成果及技术，激发学生的学习兴趣，鼓励学生积极思考、勇于探索，培养科学精神。

另外，本课程还结合创业类课程以及“互联网+”大学生创新创业大赛、“挑战杯”中国大学生创业计划竞赛等竞赛项目，鼓励学生依托本课程的内容，积极探索，勇于创新。例如，《精细化学品创业导论》课程作业之一是让学生基于表面活性剂的知识，完成相关日化产品创业项目的设计和商业计划书的撰写。学生在“互联网+”竞赛中，设计利用生物基表面活性剂开发多功能、温和无刺激的清洁用品和化妆品，满足消费者对高效、绿色、安全型产品的需求。课程与竞赛活动的结合可以加强对学生的科学精神和工匠精神教育，培养学生的创新精神和创业意识。

## 5 结语

《表面活性剂化学与工艺学》课程内容丰富，思政元素多样，不仅在知识与能力方面给予了学生充分的锻炼，还是立德树人的重要平台。积极推进

思政元素与本课程内容的融合，探索更佳的融合方式，真正做到润物细无声地全方位育人，对于提高人才培养水平具有重要意义。

## 参考文献

- [1] 肖敏.高校课程思政的特点、难点及对策[J].学校党建与思想教育,2022,(14): 52-54.
- [2] 宋昭峥,张安合,蒋庆哲.表面活性剂课程的研讨式教学改革[J].教育现代化,2020,7(36): 184-186.
- [3] 方银军,孔令鸟,周大鹏,等.日化用表面活性剂的研究与发展[J].中国洗涤用品工业,2013(2): 41-48.
- [4] 白利松,赵勇.表面活性剂的绿色化及研究进展[J].中国洗涤用品工业,2017(8): 48-54.
- [5] 张桂菊,赵莉,徐宝财,等.《表面活性剂化学与工艺学》课程教学改革与探索[J].广东化工,2017,44(2): 123+38.
- [6] 刘万强,刘鑫微,张崇华.物理化学课程思政教学设计与实施——以“界面现象”为例[J].大学化学,2022,37(10): 2205064-0. doi: 10.3866/PKU.DXHX202205064.
- [7] 蔡业政,胡思江.精细化学工艺课程思政提高人才培养的教学改革[J].化工管理,2021(12): 29-31.

# Ideological and Political Design and Implementation of the Course Surfactant Chemistry and Technology

WANG Ce, ZHAO Li, LIU Changyao, ZHANG Guiju, XU Baocai  
School of Light Industry Science and Technology, Beijing Business University, Beijing 100048, China

**Abstract:** Strengthening courses with ideological-political elements is an important measure to carry out the fundamental task of moral cultivation. Surfactant Chemistry and Technology are core courses of applied chemistry in Beijing Technology and Business University. The ideological and political objectives of the curriculum were clarified, the ideological and political elements were sorted out, the "knowledge line" and "ideological and political line" was organically integrated, and the curriculum teaching design was improved. Relying on practical teaching, enrich teaching methods, so that students can further strengthen ideological and political education in the course of learning and practice, and improve the quality of talent training.

**Keywords:** surfactant chemistry and technology; courses with ideological-political elements; fostering virtue through education



## 弱碱性油污清洁剂的研究与应用

陈源明 何佳兴 马 铃

广东蒂姆森大健康科技有限公司，广东广州，510000

**摘要：**对几种油污组成及其不溶颗粒微观状态进行测试分析，研究不同浓度弱碱性助剂三乙醇胺（TEA）、碳酸钠（ $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ）、碳酸氢钠（ $\text{NaHCO}_3$ ）、二异丙醇胺（DIPA），螯合剂乙二胺四乙酸二钠（EDTA-2Na）、乙二胺四乙酸四钠（EDTA-4Na）、谷氨酸二乙酸四钠（GLDA）、N,N-二羧甲基丙氨酸三钠（MGDA）对不同类型油污的去污效果，并与强碱性助剂NaOH进行去污力和腐蚀性对比。结果表明：在弱碱性条件下，有机碱剂具有更出色的清洁效果和低腐蚀性，四种螯合剂具备不同程度的去污增效作用。不同场景的油污在成分组成方面有很大的差异，应针对不同场景设计和考察配方。

**关键词：**厨房；油污清洁剂；油污组成；弱碱性助剂；螯合剂；去污力；腐蚀

**中图分类号：**TQ649.5   **文献标识码：**A   **文章编号：**1672-2701(2023)01-42-08

在日常生活烹饪过程中，食用油和食物中的油脂在长时间高温加热条件下，一部分直接气化，一部分发生氧化和聚合反应，冷凝后附着于油烟机、燃气灶、墙壁、门窗等物体表面，再吸附空气中的浮尘、纤维等物质，形成黏腻牢固的厨房污垢<sup>[1]</sup>。污垢的成分非常复杂，主要由油性聚合物、烹饪过

---

作者简介：陈源明，本科，工程师，主要研究方向为家居洗涤用品的开发。E-mail：chenyuanming@adolph.cn。

程中形成的油烟沉积物、食物残渣、尘埃和器具本身产生的污染物构成<sup>[2]</sup>。厨房污垢不仅影响厨房环境的整洁美观，而且易滋生细菌和产生异味，有损人体健康。

对厨房污垢的清洁需要用到厨房油污清洁剂，一般由表面活性剂、溶剂、碱性助剂、螯合剂等成分组成。表面活性剂通过降低表面张力，润湿，乳化、分散油污和尘埃。溶剂可以渗透、溶解、分散

油污。碱性助剂能与油脂中的脂肪酸发生皂化反应，生成脂肪酸盐，同时还能对不饱和油脂聚合物形成的树脂状物产生溶胀作用，使油垢与固体表面的结合力和污垢的致密性下降<sup>[3]</sup>。螯合剂可以螯合水中及器具产生的各类金属离子，防止污垢沉积。

市售厨房油污清洁剂大多是强碱性配方，能有效去除厨房重油污，但是对厨房器具的腐蚀性较强。随着生活水平的提高，消费者对厨房油污清洁剂的品质有了更高的要求，产品除了具有高效的除油污能力，还应具备不伤器具、低刺激性等特性。因此，低碱性配方的开发和应用很有必要。

## 1 实验部分

### 1.1 原料和设备

#### 1.1.1 原料

三乙醇胺（TEA）、N, N-二羧甲基丙氨酸三钠（MGDA）、烷基糖苷（APG），均为工业级，巴斯夫化学品有限公司；碳酸钠（Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>），工业级，连云港碱业；碳酸氢钠（NaHCO<sub>3</sub>），分析纯，西陇化工有限公司；氢氧化钠（NaOH），工业级，TOSOH；二异丙醇胺（DIPA）、乙二醇单丁醚（BCS），工业级，陶氏化学有限公司；乙二胺四乙酸二钠（EDTA-2Na）、乙二胺四乙酸四钠（EDTA-4Na）、谷氨酸二乙酸四钠（GLDA），均为工业级，诺力昂化学品有限公司；脂肪醇聚氧乙烯醚硫酸钠（AES），工业级，湖南丽臣实业有限公司；

真实油污：收集自不同家庭、餐馆的抽油烟机集油盒、管道油污。人工油污：参考《厨房油污清洁剂》GB/T 35833—2018中A.4.1方法制备。

#### 1.1.2 设备

CIX 100奥林巴斯清洁度检测系统，奥林巴斯株式会社；RH BX-II型金属清洗摆洗机，中国日用

化学工业研究院；数显恒温水浴锅，深圳市三莉科技有限公司；分析天平，德国赛多利斯；鼓风干燥箱，德国BINDER；紫外恒温老化箱，北京中科博达仪器有限公司；RW20 Digital电动搅拌器，德国IKA；GM-0.33A抽滤机，天津津腾实验设备有限公司。

### 1.2 实验方法

#### 1.2.1 市售产品的分析

依据GB/T 35833—2018《厨房油污清洁剂》中规定进行。

#### 1.2.2 油污成分分析测试

操作过程主要为提取、过滤、检测三个步骤。

提取：将收集的油污混合均匀，称取相同质量，使用醇醚溶剂与油污按照10：1的比例置于70 °C水浴中加热并搅拌30 min。

过滤：使用抽滤设备过滤油污溶解液，使污垢颗粒均匀分布在滤膜表面。将过滤膜置于120 °C烘箱中干燥30 min、干燥器中冷却30 min。

检测：使用CIX 100奥林巴斯清洁度检测系统，调节使用10×物镜观测，根据系统设定的4个粒径范围区间，分别标记金属颗粒与非金属颗粒，统计颗粒物的种类、数量和粒径大小等信息。

#### 1.2.3 家庭油污去污力测定

参考GB/T 35833—2018《厨房油污清洁剂》标准附录A要求，使用家庭油污制作污片，在120 °C下经过烘干30 min，冷却后进行摆洗测试，并计算去污力。去污力计算见式1。

$$\text{去污力} (\%) = \frac{\text{污片洗前的质量} - \text{污片洗后的质量}}{\text{污片洗前的质量} - \text{试片的质量}} \times 100\% \quad \text{式1}$$

#### 1.2.4 人工油污去污力测定

参考GB/T 35833—2018《厨房油污清洁剂》标准附录A要求进行测试，为使油污更牢固，将老化时间由3 h延长至6 h。

### 1.2.5 腐蚀量测试

根据QB/T 2117—1995《通用水基金属净洗剂》中5.6测定方法。

## 2 结果与讨论

### 2.1 市售产品分析

收集部分市售重油污清洁剂产品，并按GB/T 35833—2018进行分析，结果见表1。

目前国内市售的重油污清洁剂大多是强碱型配方，主要添加氢氧化钠或氢氧化钾等强无机碱，对厨房重油污具有良好的去除效果，但缺点是对器具

腐蚀性较大，对使用者皮肤刺激性较强。

### 2.2 油污成分分析

经取样发现，不同环境下的真实厨房油污成分有很大不同，大多数家庭抽油烟机集油盒油污杂质较少；餐馆使用的大型抽油烟机集油槽和内壁油污大颗粒杂质较多；人工油污经过紫外灯光老化加热以后呈黏稠糊状。油污经醇醚溶剂处理，小分子油脂和水溶性物质被溶解，剩下的不溶颗粒通过CIX 100清洁度检测系统进行分析，测试结果见表2，不溶颗粒微观图片见图1、图2和图3。

从表2可以看出，三种油污的不溶颗粒物粒径集

表1 市售产品分析

产品	pH	碱度/%	活性物含量/%	国标去污力/%	腐蚀量/mg
A	13.1	0.86	3.40	85.46	28.96
B	13.8	2.32	8.67	99.23	30.18
C	11.5	1.53	1.20	95.15	1.58
D	11.7	1.59	1.10	90.84	1.77
E	11.0	0.52	15.52	78.53	0.88
F	12.2	0.74	5.62	86.28	16.08
G	12.4	0.11	0.30	99.91	22.21
H	10.8	0.30	1.33	70.71	0.67
I	13.1	0.85	3.36	75.96	26.95

表2 油污不溶颗粒分析结果

类别	最大直径/ $\mu\text{m}$	绝对数目/个	比例/%	非金属颗粒/个	金属颗粒/个
家庭油污	K 20.00~100.00	2232.00	93.08	2232.00	0.00
	A 100.00~500.00	164.00	6.83	164.00	0.00
	B 500.00~1000.00	2.00	0.08	2.00	0.00
餐馆油污	C $\geq 1000.00$	0.00	0.00	0.00	0.00
	K 20.00~100.00	24715.00	89.66	24673.00	42.00
	A 100.00~500.00	2682.00	9.73	2681.00	1.00
人工油污	B 500.00~1000.00	121.00	0.44	121.00	0.00
	C $\geq 1000.00$	45.00	0.16	45.00	0.00
	K 20.00~100.00	24939.00	95.38	24939.00	5.00
	A 100.00~500.00	1208.00	4.62	1206.00	1.00
	B 500.00~1000.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	C $\geq 1000.00$	0.00	0.00	0.00	0.00

中分布在20.00~100.00  $\mu\text{m}$ , 家庭油污大多为可溶组分, 仅含有少量的不溶颗粒; 餐馆油污含有大量的大粒径颗粒, 且存在部分粒径大于1000  $\mu\text{m}$ 的颗粒; 人工油污不溶颗粒全部在20.00~500.00  $\mu\text{m}$ 。此外, 三种类型污垢都只含有微量的金属颗粒。

图1为家庭油污不溶颗粒微观图片, 不溶颗粒物主要是由不饱和油脂聚合而成的油性聚合物, 其由不饱和脂肪酸在高热条件下发生一系列复杂的化学反应, 形成大粒径的难溶性凝胶, 并伴随黏度增加和颜色加深<sup>[4]</sup>。可以推测厨房油污主要成分为含不饱和脂肪酸较多的植物油。

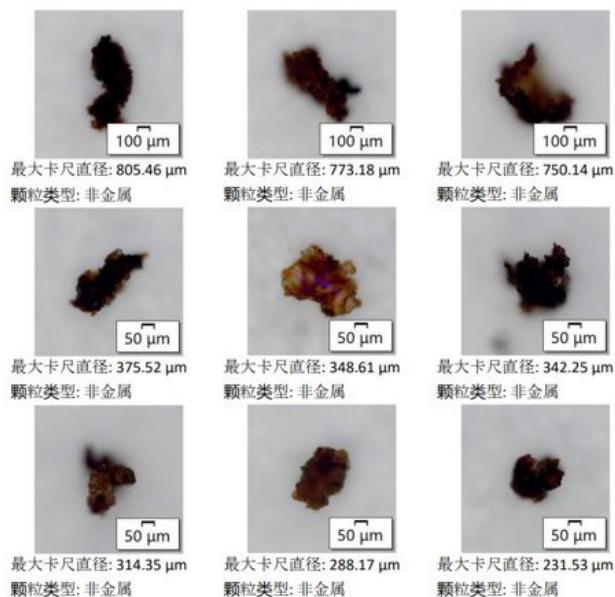


图1 家庭油污不溶颗粒

图2为餐馆油污不溶颗粒微观图片, 由于烹饪习惯和油污收集系统的差异, 餐馆油污中不溶颗粒物含量较多, 除了由植物油形成的油脂聚合物, 还含有较多的食物残渣。

图3为人工油污不溶颗粒微观图片。黑色颗粒是部分淀粉经高温变性形成的碳化颗粒, 黄褐色颗粒为不饱和脂肪酸形成的油脂聚合物。人工油污植

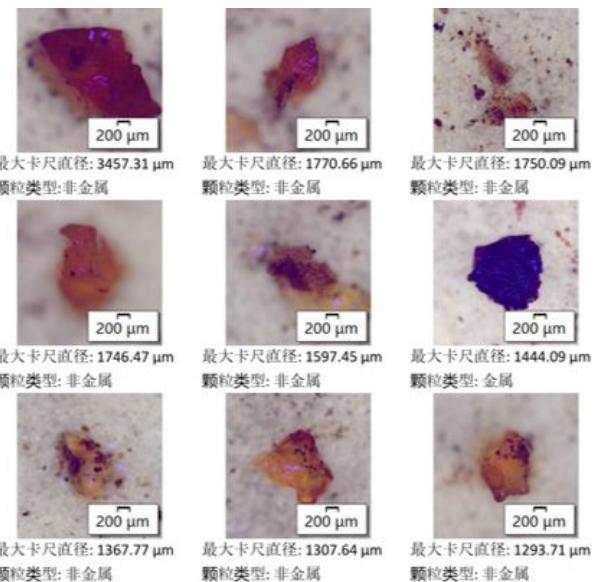


图2 餐馆油污不溶颗粒

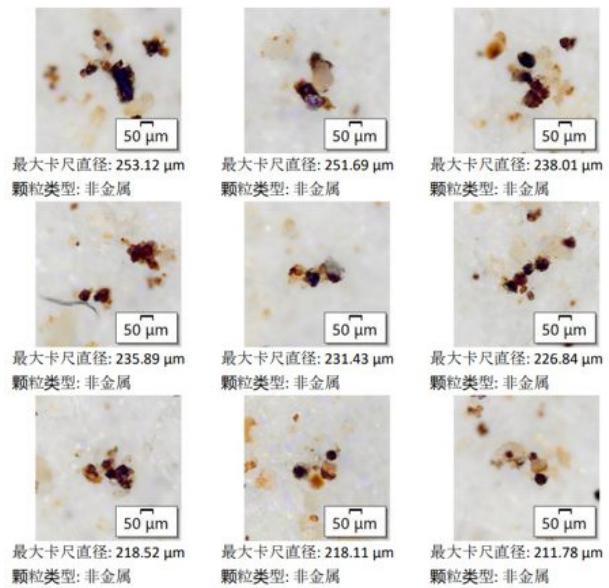


图3 人工油污不溶颗粒

物油含量较低, 动物油含量较高, 而动物油为饱和脂肪酸, 不易形成大粒径油性聚合物<sup>[5]</sup>。

### 2.3 弱碱性助剂性能考察

选择行业常用的表面活性剂和溶剂, 基础配方设计如下: 2%脂肪醇聚氧乙烯醚硫酸钠、1%烷基糖苷、5%乙二醇单丁醚, 碱性助剂与螯合剂为实验

测试变量，余量为纯水（注：百分比含量以产品计算）。

### 2.3.1 弱碱性助剂单因素性能测试

将TEA、 $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 、 $\text{NaHCO}_3$ 、DIPA四种弱碱性助剂和NaOH，分别设置1%、3%、5%三个梯度，加入基础配方中，测试对家庭油污和人工油污的去污力和对硬铝腐蚀量，结果见表3。

由表3可知：对于高脂肪酸含量的家庭油污，有机弱碱性助剂TEA和DIPA具有更好的去污力。而对于含混合油、淀粉的人工油污，NaOH的去污效果更好。

动、植物油的主要成分是脂肪酸，碱性助剂能与脂肪酸发生皂化反应生成脂肪酸盐<sup>[6]</sup>。随着添加量的增加，TEA、DIPA、 $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 和 $\text{NaHCO}_3$ 对两种油污的去污力呈先快速增加后下降的变化规律，存在一个峰值。因为随着碱剂添加过量，弱碱性助剂体系的pH值增幅较小，油污表面形成了大量水溶

性较差的脂肪酸皂，导致剩余油脂与碱的相互接触变得越来越困难，从而影响体系的去污力<sup>[7]</sup>。由于有机碱的皂盐比钠皂水溶性好，故TEA和DIPA体系的去污力降幅更小。NaOH的含量与去污力成正相关关系，因为在强碱性条件下，更有利于难溶颗粒油性聚合物凝胶溶胀、分解。

腐蚀量： $\text{NaOH} > \text{Na}_2\text{CO}_3 > \text{NaHCO}_3 > \text{DIPA} \approx \text{TEA}$ 。腐蚀性与配方的pH值有关，无机碱剂腐蚀量较大，有机碱剂的腐蚀量较低。TEA和DIPA通过N、O等亲核活性位点与金属表面形成配位键，而分子中的C原子可与金属表面的电子形成反馈键，形成稳定的吸附膜，改变双电层的结构，提高金属离子化过程的活化能，降低腐蚀离子对金属的溶解<sup>[8]</sup>，具有缓蚀作用。

### 2.3.2 弱碱性助剂复配性能测试

分别对TEA、 $\text{NaHCO}_3$ 、 $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 和DIPA进行四个因素三水平考察，根据因素水平数，选取L9 ( $3^4$ )

表3 碱性助剂的实验结果

样品	家庭油污去污力/%	人工油污去污力/%	pH (原液)	硬铝腐蚀量/mg
0%	29.41	4.52	5.1	0.03
TEA-1%	94.78	57.54	9.3	0.17
TEA-3%	99.87	55.27	9.7	0.25
TEA-5%	97.32	51.62	9.9	0.31
$\text{NaHCO}_3$ -1%	63.62	56.96	8.4	0.45
$\text{NaHCO}_3$ -3%	68.87	43.03	8.4	0.40
$\text{NaHCO}_3$ -5%	58.44	39.10	8.3	0.36
$\text{Na}_2\text{CO}_3$ -1%	91.65	64.82	11.2	1.59
$\text{Na}_2\text{CO}_3$ -3%	86.56	49.67	11.4	3.10
$\text{Na}_2\text{CO}_3$ -5%	81.66	41.21	11.4	3.29
DIPA-1%	98.89	66.41	10.3	0.11
DIPA-3%	94.49	69.68	10.7	0.30
DIPA-5%	89.63	64.47	10.9	0.41
NaOH-1%	79.25	66.34	13.2	8.45
NaOH-3%	85.48	92.70	13.5	19.61
NaOH-5%	90.33	94.31	13.7	25.28

正交表开展家庭油污去污力测试，正交实验因素水平表、正交实验结果与极差分析见表4、表5。

根据各因素极差数的大小可以看出，在复配体系下，对去污力最主要影响因素是 $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 和DIPA的用量， $\text{NaHCO}_3$ 和 $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 对洗净力的贡献呈现先增大后降低的趋势，TEA和DIPA对洗净力的贡献与添加量成正相关。单一添加TEA或DIPA时，去污效果优于复配组合，是由于 $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 或 $\text{NaHCO}_3$ 与油污形成的难溶脂肪酸钠沉积于作用表面，不利于复配体系中TEA和DIPA与油污的进一步反应。

#### 2.4 豪合剂性能测试

将EDTA-2Na、EDTA-4Na、GLDA、MGDA共4款豪合剂，分别设置0.1%、0.3%、0.5%三个

梯度，加入含0.2%三乙醇胺的基础配方中，测试对家庭油污和人工油污去污力。结果见表6。

根据表6可知，对家庭油污去污力：  
 $\text{MGDA} \approx \text{GLDA} > \text{EDTA-4Na} > \text{EDTA-2Na}$ ；对人工油污去污力： $\text{MGDA} \approx \text{GLDA} \approx \text{EDTA-4Na} > \text{EDTA-2Na}$ 。

在动植物油污中，脂肪酸易结合高价金属离子形成难清洗污垢。螯合剂一方面与金属离子作用会形成可溶性金属离子螯合物，另一方面通过物理吸附、螯合作用将附着在表面的灰尘以及皂类污垢基底表面去除<sup>[9]</sup>。可以发现在两种油污测试条件下，加入螯合剂能有效提升去污力水平。但是随着螯合剂的过量加入，去污力未明显增加，多添加的螯合

表4 正交试验因素水平表

水平	因素			
	(A) TEA用量/%	(B) $\text{NaHCO}_3$ 用量/%	(C) $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 用量/%	(D) DIPA用量/%
1	0	0	0	0
2	1	1	1	1
3	3	3	3	3

表5 正交实验结果

编号	TEA	$\text{NaHCO}_3$	$\text{Na}_2\text{CO}_3$	DIPA	pH	去污力/%
1	0	0	0	0	4.9	32.10
2	0	1	1	1	10.1	82.91
3	0	3	3	3	10.1	74.30
4	1	0	1	3	11.6	80.65
5	1	1	3	0	10.3	72.35
6	1	3	0	1	9.1	70.45
7	3	0	3	1	11.6	76.83
8	3	1	0	3	9.9	80.76
9	3	3	1	0	9.4	74.59
均值1	63.10	63.19	61.10	59.68		
均值2	74.48	78.67	79.38	76.73		
均值3	77.39	73.11	74.49	78.57		
极差	14.29	15.48	18.28	18.89		

表6 融合剂的实验结果

原料样品	家庭油污去污力/%	人工油污去污力/%	pH (原液)
0%	65.63	27.05	9.2
EDTA-2Na-0.1%	78.62	27.57	9.0
EDTA-2Na-0.3%	82.38	29.18	8.7
EDTA-2Na-0.5%	84.19	32.19	8.4
EDTA-4Na-0.1%	70.79	31.23	9.8
EDTA-4Na-0.3%	84.49	37.83	10.4
EDTA-4Na-0.5%	85.05	40.44	10.6
GLDA-0.1%	78.56	32.78	9.7
GLDA-0.3%	87.53	38.97	10.2
GLDA-0.5%	90.90	39.87	10.4
MGDA-0.1%	85.15	34.42	9.9
MGDA-0.3%	89.16	41.80	10.6
MGDA-0.5%	90.62	42.68	10.9

剂并未在去污中发挥明显作用，去污力不再增加。因此，需要根据清洗的实际情况添加融合剂<sup>[10]</sup>。

pH值是影响融合剂作用的重要因素，EDTA-4Na的融合能力随着pH的增加线性增加<sup>[11]</sup>，故在碱性条件下具有良好的去污力。EDTA-2Na在pH=5时融合能力最强，在弱碱性环境下融合能力较低<sup>[11]</sup>。GLDA与MGDA的融合能力随pH增加先上

升后下降，在pH≈11时融合性能达到峰值<sup>[12]</sup>，在pH=9~11的范围内对于人工油污和真实油污的去污力增效明显。

### 3 结论

(1) 人工油污和不同环境中厨房油污的成分以及不溶物颗粒的数量和粒径分布有很大差异。



(2) 添加碱性助剂可显著提高对油污的去除效果, NaOH的浓度与去污力成正相关,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 、 $\text{NaHCO}_3$ 、DIPA和TEA在特定的浓度具有最佳的去污效果。在弱碱性条件下, 有机碱剂DIPA和TEA具有更出色的清洁效果和低腐蚀性。

(3) 融合剂对于油污的去污效果具有增效作用, 在弱碱性条件下, EDTA-4Na、MGDA和GLDA比EDTA-2Na具备更好的去污增效。

(4) 由于烹饪和饮食习惯的差异, 厨房油污的成分存在差异, 在产品配方开发应用时, 应针对不同场景设计和考察配方。

## 参考文献

- [1] 张咪, 王金平. 国内厨房水基清洗剂的现状及发展趋势[J]. 现代盐化工, 2018, 45(3): 13-14.
- [2] 李国祥, 王正德, 郑永智. 厨房油污的形成及其清洗[J]. 内蒙古石油化工, 2004(4): 23-24.
- [3] 雷亮, 于文. 国内厨房清洗剂的现状及发展趋势[J]. 日用化学品科学, 2015, 38(10): 14-15.
- [4] 王同珍, 余林, 邱思聪. 气相色谱-质谱技术结合化学计量学对6种植物油进行判别分析[J]. 分析测试学报, 2015, 34(1): 50-55.
- [5] 王同珍, 陈孝建, 安爱. 气相色谱-质谱技术结合化学计量学对5种动物油进行判别分析[J]. 分析测试学报, 2016, 35(5): 557-562.
- [6] 异丙醇胺的性质和用途[J]. 石油与天然气化工, 1977(1): 28-30.
- [7] 山谷. 油脂的连续皂化[J]. 日用化学品科学, 1986(1): 26-32.
- [8] 何楚斌. 三乙醇胺对镁合金在氯化钠溶液中的缓蚀作用及机理研究[D]. 桂林: 桂林理工大学, 2017.
- [9] 蒋泽文, 任蕙岚, 何家伟. 脱脂技术研究进展[J]. 电镀与精饰, 2020, 42(11): 29-38.
- [10] 乐晓光, 许雅棋, 罗文姬. 几种螯合剂在CIP碱性清洗中的应用研究[J]. 中国洗涤用品工业, 2021(5): 33-38.
- [11] 刘惠玉. 多孔膜的污染研究[D]. 天津: 天津工业大学, 2004.
- [12] RAINER D, 宋文晶. MGDA, 满足可持续清洗方案的创新选择[J]. 中国洗涤用品工业, 2014(7): 48-53.

# Research and Application of Weak Alkaline Oil Stain Cleaner

CHEN Yuanming, HE Jiaxing, MA Ling  
Guangdong Timson Health Technology Co., Ltd., Guangzhou, Guangdong, 510000, China

**Abstract:** In this paper, several oil pollution compositions and microscopic states of insoluble particles were tested and analyzed. To study the decontamination effects of weak basic additives of different concentrations, such as triethanolamine (TEA), the sodium carbonate ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ), sodium bicarbonate ( $\text{NaHCO}_3$ ), diisopropanolamine (DIPA), chelating agents, such as disodium ethylenediaminetetraacetate (EDTA-2Na), tetrasodium ethylenediaminetetraacetate (EDTA-4Na), tetrasodium glutamate diacetate (GLDA), and trisodium N, N-dicarboxymethylalanine (MGDA), on different types of oil pollution. The results show that the organic alkali agent has better cleaning effect and lower corrosion under weak alkaline condition, and four chelating agents have different decontamination synergistic effect. There are great differences in the composition of oil contamination in different scenes, so the formulation should be designed and investigated according to different scenes.

**Keywords:** kitchen; grease cleaner; oil composition; alkaline additives; chelating agent; detersity; corrosion



# 酿脓链球菌生物学特性及其检测方法应用进展

刘爽<sup>1</sup> 姚粟<sup>2</sup> 李婷<sup>2</sup> 翟磊<sup>2</sup> 姚晨之<sup>1\*</sup>

1.中国日用化学工业研究院有限公司，山西太原，030001；

2.中国食品发酵工业研究院有限公司，北京，100015

**摘要：**酿脓链球菌 (*Streptococcus pyogenes*) 是引起人类细菌感染最重要的病原之一，也是主要食源性致病菌之一。该菌含有多种毒力因子，可引起人的多种疾病。近年来，由酿脓链球菌引起的猩红热和全身侵袭性感染发病率有所上升，引起了世界各国对该类细菌感染的更多关注。综述了酿脓链球菌的生物学特性和检测方法的核心技术特征及应用，包括传统分离鉴定方法、分子生物学方法及免疫学方法等，以便对这一菌种的毒力因子、致病机制进行深入了解，为酿脓链球菌更快速、便捷、灵敏的检测方法的建立及预防相关感染的日化产品的开发提供参考。

**关键词：**酿脓链球菌；生物学特性；快速检测；分子生物学技术；免疫学检测

**中图分类号：**TS207.4   **文献标识码：**A   **文章编号：**1672-2701(2023)01-50-09

酿脓链球菌 (*Streptococcus pyogenes*) 属于链球菌属，是乙型溶血性链球菌的一种，常存在于水、空气及人的口腔、鼻腔和咽喉。酿脓链球菌为兼性厌氧菌，在培养环境中添加5%二氧化碳

**作者简介：**刘爽，硕士研究生，主要研究方向为日化产品质量控制。E-mail:15071259228@163.com。

**通信作者：**姚晨之，E-mail: yaochenzhi@sohu.com。

有助于其生长及溶血性。酿脓链球菌致病机制较为复杂，能引起人的多种疾病，引起的相对轻微的非侵袭性疾病一般包括咽炎、急性扁桃体炎、急性输卵管炎<sup>[1]</sup>、脓包病、猩红热；也可能引起侵袭性疾病，如坏死性筋膜炎、菌血症和链球菌中毒休克综合征；还可以造成严重的非化脓性后遗症，如风湿性心脏病和急性肾小球炎<sup>[2-3]</sup>。呼吸道飞沫被认为是

酿脓链球菌的主要传播途径，同时，接触该菌感染引起的溃疡或者被其污染的材料、器械也可能引起传播，食源性传播也有报道<sup>[4]</sup>。流行病学显示，酿脓链球菌感染的常见环境为医院、幼儿园、收容所等人群密集场所，具有时空聚集性<sup>[5]</sup>，个人和手卫生不良会加剧传播风险<sup>[6]</sup>，因此加强个人手部卫生和公共环境消毒来切断酿脓链球菌的传播是有效的预防措施。

对于酿脓链球菌的检测，目前最常用的是传统分离技术，但其过程烦琐、耗时较长，较为依赖肉眼观察结果，难以应对突发的公共卫生安全事件，也难以满足相关食品、用品快速流通的需求。本文对酿脓链球菌生物学特性及致病机制进行介绍，指出该菌的关键毒力因子，并总结了目前常见的酿脓链球菌检测方法，对寻找新的检测靶点，建立更准确、高效的酿脓链球菌快速检测方法，进一步加强对酿脓链球菌感染的预防有重要意义。

## 1 生物学特性

### 1.1 形态特性

酿脓链球菌为革兰氏阳性菌，菌体形态呈圆形或卵圆形，直径为0.5~1 μm。通常呈链状排列，不形成芽孢，有荚膜，无鞭毛，不运动。其菌毛具有抗原性，常应用于T血清型鉴定<sup>[7-8]</sup>。

### 1.2 培养特性

酿脓链球菌为兼性厌氧菌，初代培养需要5% CO<sub>2</sub>的环境以促进生长。最适生长温度为35~37 °C，生长的pH为7.4~7.6。对营养要求较高，通常需要在普通培养基上补充血清、血液、腹水等。在液体培养基中易成长链，于管底呈絮状或颗粒状沉淀生长。在血琼脂平板上形成灰白色、透明或半透明、表面光滑或略粗糙、边缘整齐的圆形凸起细小菌

落，菌落周围形成透明的溶血环<sup>[9]</sup>。有研究表明，酿脓链球菌的菌落形态有明显的M蛋白分型特异性<sup>[10]</sup>。此外，高浓度还原糖会抑制溶血<sup>[11]</sup>。

其液体培养基包括TSB肉汤（tryptic soy broth）、THB肉汤（todd-hewitt broth）和BHI肉汤（brain heart infusion broth）。THB肉汤通常用于酿脓链球菌血清学分型的培养。

### 1.3 生化特性

酿脓链球菌具有葡萄糖、乳糖和苹果酸摄取途径，优先使用葡萄糖作为主要能量来源<sup>[12]</sup>。不分解尿素，杆菌肽和链激酶实验呈阳性。过氧化氢酶活性为阴性。酿脓链球菌对青霉素、氨苄青霉素等抗生素敏感。L-吡咯烷酮芳胺酶实验可将酿脓链球菌与无乳链球菌区分开，奥普托欣耐药实验呈阳性可分辨其与肺炎链球菌。

### 1.4 酿脓链球菌致病机制

酿脓链球菌主要定植于咽喉和皮肤的黏膜，导致各种形式的非侵入性或侵入性的感染及并发症。这些感染涉及呼吸道、皮肤和软组织以及血液，严重时甚至危及生命<sup>[13]</sup>。因此，了解酿脓链球菌的致病机制以及对其引起的疾病的监督非常重要，有利于为这些疾病的控制和预防奠定基础。流行病学调查结果显示不同菌株之间不仅存在通用的致病机制，还会因为具有不同遗传背景而具有独特的致病机制。本文对酿脓链球菌的通用致病机制进行概述。

#### 1.4.1 酿脓链球菌的黏附定植

人类皮肤是一种不适宜细菌定植的环境，包括角质层的物理屏障、酸性表面pH值以及天然防御因子（如抗菌肽、蛋白酶、溶菌酶、细胞因子和趋化因子）的积极合成，这些因子共同用于募集免疫细胞和启动适应性免疫反应<sup>[14]</sup>。为了成功地在皮肤或

咽喉中定植或建立感染，酿脓链球菌会依赖某些特异性的黏附因子，使得在定植过程中与组织上正常的常在菌群竞争时处于有利地位。在皮肤的黏附定植过程中，皮肤存在的伤口使酿脓链球菌更容易克服第一道屏障，同时酿脓链球菌也可以分泌某些毒力因子对咽喉上皮细胞或者皮肤上皮细胞造成直接损伤。研究表明，广谱半胱氨酸蛋白酶 (*SpeB*) 基因广泛存在于酿脓链球菌中，该酶可以降解宿主表面蛋白，破坏组织屏障，方便酿脓链球菌入侵宿主并建立感染。此外，有研究认为酿脓链球菌在不同的环境下会表达不同的黏附素以促进其进入皮肤深层组织，如介导了酿脓链球菌对上皮细胞黏附能力60%的脂磷壁酸 (lipoteichoic acid, LTA)。

目前对酿脓链球菌黏附过程的代表性理论是两步法模型，即第一步是通过LTA介导细菌克服和宿主之间的静电斥力，这一黏附过程作用相对较弱，是可逆性黏附。第二步通过菌毛、M蛋白或血清混浊因子形成较为稳定的、非可逆的黏附。

#### 1.4.2 入侵上皮细胞

酿脓链球菌具有一定的入侵上皮细胞的能力，主要依赖于M蛋白和纤连蛋白结合蛋白的表达。纤连蛋白是一种多结构域糖蛋白，由约250 kDa单体的二聚体组成，存在于人体体液、细胞表面和各种组织的细胞外基质<sup>[15]</sup>，酿脓链球菌通过纤连蛋白结合蛋白与纤连蛋白结合，并利用纤连蛋白与宿主整合素之间的亲和力，此处纤连蛋白的作用类似于酿脓链球菌黏附到宿主细胞的桥梁，进而激活包括磷酸肌醇3-激酶和整合素连接激酶等在内的信号通路，从而导致细胞骨架肌动蛋白的重排及形态变化，并通过几种不同的机制诱导细菌内化到宿主细胞中<sup>[16-17]</sup>。有研究从无法根治链球菌咽炎的患者扁桃体中发现侵入细胞内的酿脓链球菌，证明了酿脓

链球菌入侵上皮细胞的现象<sup>[18]</sup>。

#### 1.4.3 免疫逃逸

进入机体之后的酿脓链球菌还要克服各种不利的体内环境，主要包括宿主的固有免疫应答以及感染过程遇到的各种细胞。酿脓链球菌主要依赖自身多种毒力因子逃避宿主攻击以便于在新的体内环境存活，这些毒力因子主要包括M蛋白、DNA酶sda1以及荚膜多糖。

当细菌侵入宿主后，宿主中性粒细胞会分泌一种由DNA、组蛋白、颗粒蛋白酶和抗菌肽组成的中性粒细胞胞外诱捕网 (neutrophil extracellular trap, NET)，用以清除感染的细菌。某些酿脓链球菌中含有sda1基因，其编码DNA酶并分泌到细菌外部降解NET框架，从而使酿脓链球菌逃避NET的清除杀伤作用。此外，酿脓链球菌表面的M蛋白也可以通过抑制吞噬细胞的吞噬作用帮助其免疫逃逸。还有一些强毒力的酿脓链球菌表面具有荚膜包裹，荚膜主要由透明质酸多糖组成，与宿主结缔组织中的多糖类似，因此可能利用该机制逃避宿主免疫作用。

#### 1.4.4 细胞损伤与炎症反应

进入机体后，酿脓链球菌通过各种胞外产物和毒素使宿主产生细胞损伤和炎症反应。酿脓链球菌可以分泌两种链球菌溶血素，分别是链球菌溶血素O (streptolysin O, SLO) 和链球菌溶血素S (streptolysin S, SLS)。SLO是一种依赖胆固醇的溶细胞素，它通过诱导中性粒细胞和巨噬细胞凋亡来保护细菌免受吞噬性杀伤<sup>[19-20]</sup>。SLS是一种由9个连续基因编码修饰的多肽性细胞溶素，除了溶解红细胞以外还可以损害多种细胞，如淋巴细胞、肿瘤细胞、角质细胞和白细胞等，在酿脓链球菌致病过程中发挥重要作用<sup>[21]</sup>。

链球菌致热性外毒素家族由 $speA$ 、 $speB$ 、 $speC$ 、 $speJ$ 、 $speH$ 和 $speK$ 基因编码，属于超抗原。它们能够刺激定植生物体的T淋巴细胞和B淋巴细胞的活性，导致强烈的免疫反应，进而使炎症因子过度释放，引起猩红热等<sup>[22]</sup>。 $speB$ 基因广泛存在于酿脓链球菌中，与侵袭性和非侵袭性感染都有关系。而在酿脓链球菌菌株中检测到 $speA$ 或 $speJ$ 基因可能与侵袭性感染的潜在发展有关，Kittang等<sup>[23]</sup>证明了这些基因与感染侵袭性之间的关系，分离出携带这些基因的酿脓链球菌菌株的患者分别发生了以下感染：坏死性筋膜炎、中毒休克综合征、肺炎、脑膜炎和腹膜炎。

## 2 酿脓链球菌的检测方法

### 2.1 传统检测方法

目前我国食品中酿脓链球菌的传统检测方法为GB 4789.11—2014《食品安全国家标准 食品微生物学检验 β型溶血性链球菌检验》，标准中使用前增菌、平板分离、革兰氏染色镜检的方法，并增加了触酶试验以及生化鉴定。吴福平等<sup>[24]</sup>利用胰蛋白胨大豆肉汤TSB增菌液、哥伦比亚CNA血平板厌氧培养酿脓链球菌，发现增菌、分离效果优于葡萄糖肉浸液肉汤和普通血琼脂平板，且使用生化鉴定能有效简化实验操作，缩短检测周期。谯林等<sup>[25]</sup>采用在血平板中加入10%结晶紫的方法培养酿脓链球菌咽拭子，阳性率从2%~8.33%提高至30.7%~40.1%。

### 2.2 免疫学检测方法

#### 2.2.1 酶联免疫吸附技术 (enzyme-linked immunosorbent assay, ELISA)

ELISA是以免疫酶技术为基础发展起来的一种新的免疫测定技术<sup>[26]</sup>，其基本原理是先将抗原或抗

体与固相载体结合，当加入酶标抗体或抗原时，会经过反应形成酶标免疫复合物，用洗涤液将未反应的游离酶标抗原抗体洗掉，再加入酶底物进行显色反应，便于进行定性定量分析。王万相等<sup>[27]</sup>建立了ELISA法诊断酿脓链球菌，其检测结果与传统培养法一致且用时更短。近年来，ELISA技术的不断改进以及全自动酶标仪的发明，使其灵敏度和特异度都有了显著提高<sup>[28]</sup>。

#### 2.2.2 免疫层析技术

免疫层析技术最早出现于20世纪80年代，1990年Beggs<sup>[29]</sup>首次报道了使用斑点层析技术检测孕妇尿液中的人绒毛膜促性腺激素，用于判定孕情。目前免疫层析技术主要分为胶体金免疫层析技术和荧光微球免疫层析技术，常见的免疫层析试纸包括4个部分：样本垫、结合垫、层析膜和吸水垫。当样品滴加到试纸条上时，会利用毛细作用在纤维膜上泳动，随后与结合垫上的特定配体结合，继续泳动直至与纤维膜上的着色标记物或酶反应，显示出颜色变化，便于肉眼观察结果。传统的胶体金免疫层析技术仅能对样品进行定性或半定量分析，相比而言，荧光微球技术便于进行定量检测，且荧光微球具有结构稳定、可重复利用等优点。李泓馨等<sup>[30]</sup>对比了胶体金法和传统培养方法检测酿脓链球菌，胶体金法的敏感度为90.5%，特异度为94.8%，证实该方法可用于儿童链球菌感染性疾病的快速诊断，但也有文献报道<sup>[31]</sup>该方法对成人酿脓链球菌咽炎的检测灵敏度和特异度高于儿童，在用于儿童的病情检测时应加以辅助手段。Vanesa等<sup>[32]</sup>采用Monte BIO Strep A®免疫层析试剂盒对儿童医院的患儿样本进行检测，得到的试剂盒敏感度为97.1%，特异度为97.8%，但是在唾液链球菌分离的血液培养样本中获得了假阳性结果，说明尽管免疫层析技术具

有高特异度、敏感度，但仍需后续培养和鉴定来确认鉴定结果。

### 2.3 分子生物学检测方法

#### 2.3.1 普通PCR方法

聚合酶链式反应 (polymerase chain reaction, PCR) 是一种对特定DNA片段在体外进行快速扩增的方法，近年来，PCR作为一种快速检测病原的分子生物学方法得到了广泛的应用。目前，该技术主要运用于酿脓链球菌的*spy1528*、*speB*以及*Dnase B*基因<sup>[33-35]</sup>。也有文献报道以荚膜多糖*Cps2J*基因为靶点进行序列扩增<sup>[36]</sup>。杨学明等<sup>[37]</sup>针对已公布的13株酿脓链球菌设计了7对引物，其中*spyM*引物具有高度特异性，检测限可达10 cfu/g样品。杜海燕等<sup>[38]</sup>针对链球菌延伸因子*EF-Tu*基因设计合成了一对通用引物用于链球菌的检测，其PCR扩增产物与酿脓链球菌有高度同源性。Ramalingam<sup>[39]</sup>在化脓性链球菌的种特异性标记开发过程中，发现了一条419 bp的单形条带MB，通过对试验菌株进行鉴定，证实了MB的存在，且MB与酿脓链球菌具有高度特异性，相似性达到98%，在同一属的其他物种中不存在。此外，有研究<sup>[40]</sup>报道链球菌的*tuf*基因（编码延伸因子*Tu*）可作为开发针对链球菌检测的内部探针，*tuf*序列数据与基于16S rRNA基因数据确定的系统发育基本一致，有望为链球菌感染的快速准确诊断提供分子诊断工具。

基于常规PCR技术建立和发展的多重PCR是一种新型PCR技术，在一对反应体系中加入多对引物，同时扩增出多个核酸片段。与普通PCR相比，多重PCR不仅特异性强、灵敏度高，而且更加经济便捷。Anna等<sup>[41]</sup>开发了一种方法，可以同时检测四个低容量多重PCR反应中的20种酿脓链球菌毒力因子 (*spd3*、*sdc*、*sdaB*、*sdaD*、*speB*、

*spyCEP*、*scpA*、*mac*、*sic*、*speL*、*K*、*M*、*C*、*I*、*a*、*H*、*G*、*J*、*smeZ*和*ssa*)，且反应体系只有5 μl，试剂成本明显较低。

#### 2.3.2 实时荧光定量PCR

荧光定量PCR技术基本原理是在PCR反应体系中加入荧光基团，利用荧光信号监测PCR过程，摆脱了凝胶电泳和紫外成像等步骤，因此该技术不仅具有PCR技术的高特异度和高灵敏度，还具有光谱技术的高精确定量等优点<sup>[42]</sup>。王远洋等<sup>[43]</sup>采用TaqMan探针法，针对酿脓链球菌*Dnase B*基因设计引物探针，对肉类中酿脓链球菌的最低检出限为23 pg/μl。

#### 2.3.3 恒温核酸扩增技术

传统的PCR技术由于热循环的需要，必须依赖电源和PCR仪，从而限制了这一技术脱离实验室应用，为了克服这一缺点，恒温扩增技术逐渐发展起来。蔡妙森等<sup>[44]</sup>基于重组酶聚合酶等温扩增技术 (recombinase polymerase amplification, RPA) 原理，选择酿脓链球菌致热外毒素B基因 (*speB*基因) 和无乳链球菌表面免疫蛋白基因 (*SIP*基因) 分别设计RPA引物和探针，该两重RPA检测体系结果准确、检测时间短、操作简单，具有较强的应用价值。

环介导等温扩增技术 (loop-mediated isothermal amplification, LAMP) 是近年来新兴的一种快速检测技术，具有灵敏度高、特异性强、耗时短和操作简便等优点。周勇等<sup>[45]</sup>将实时荧光技术与LAMP结合，建立了针对*spy1258*基因设计的荧光LAMP反应体系，与传统国标法检测结果一致，但大幅缩减了检测时间。并且该体系最低检测浓度为100 pg/μl，菌检测限低至9.8 cfu/ml，相比尹欢等<sup>[46]</sup>针对*scpA*基因设计的检出限为16.7

cfu/ml的LAMP体系，具有更高的灵敏度。

#### 2.3.4 基因芯片技术与生物传感器

基因芯片又称为DNA微阵列，近年来作为一种高通量快速检测新技术逐渐兴起，其基本原理是以核酸序列杂交进行序列测定。由于基因芯片技术将大量探针固定在支持物上，所以可以同时检测和分析大量样品序列，弥补了传统核酸技术操作复杂、检测效率低的缺陷。生物传感器是一类以生物活性单元（如酶、抗体、核酸、细胞等）作为生物敏感单元，对目标测物具有高度选择性的特殊传感器，具有高度自动化、微型化与集成化的特点。Swati等<sup>[47]</sup>通过将单链DNA探针固定在金纳米枝修饰的复合电极上，开发了阻抗式mga基因特异性DNA传感器，用于快速检测风湿性心脏病患者咽拭子样本中的酿脓链球菌。经验证，该传感器对酿脓链球菌具有高度特异性，仅在30 min内就能检测到6 μl样本中低至0.01 ng的单链DNA。Natalia等<sup>[48]</sup>研究了一种新型阻抗式传感器，通过碳二亚胺化学将商用抗体修饰到金盘电极表面，检测限为9.3 cfu/ml，检测时间约为3 min。

#### 2.4 全基因组测序（whole-genome sequencing, WGS）

在过去数十年，WGS方法的快速进步正在改变临床实验室将基因组学应用于生物学监测的方式，从而协助对传染病病原体的临床和公共卫生事件的处理。WGS能更好地研究菌株间的亲缘关系，用于传统流行病学具有局限性的不寻常的传播环境下公共卫生事件分析。通常认为酿脓链球菌引起的侵袭性疾病是由于接触了侵入性酿脓链球菌感染的人群或者感染但无症状的医护人员，而有研究<sup>[49]</sup>通过WGS确认2例通过相互无症状接触获得的侵入性酿脓链球菌患者的非典型点源传播情况，不仅能

通过患者分离出的菌株间单核苷酸多态性（single nucleotide polymorphisms, SNPs）来判断传播途径，而且可以通过比较毒力因子基因或者进一步测定转录组来判断菌株致病性。Tagini等<sup>[50]</sup>对侵袭性酿脓链球菌感染患者分离的11株酿脓链球菌进行全基因组测序，在较短时间内区分密切相关的菌株，以及查明毒力因子，包括其调节机制以及抗生素耐药性，为临床治疗提供参考。

#### 2.5 基于蛋白质的检测方法（基质辅助激光解吸电离飞行时间质谱）

基质辅助激光解吸电离飞行时间质谱（matrix-assisted laser desorption ionizer time-of-flight mass spectrometry, MALDI-TOF-MS）是一种于20世纪80年代末问世的新技术，其基本原理是依据菌体蛋白质的质谱图，与现有数据库比对，从而获得鉴定结果。MALDI-TOF-MS具有操作简便、鉴定迅速的优点，被广泛应用于临床微生物鉴定<sup>[51]</sup>。Hercules等<sup>[52]</sup>使用酿脓链球菌ATCC 700294作为实验菌株，改变鉴定过程中使用的前处理方法、基质以及菌液浓度和培养基类型，得到的MALDI-TOF-MS图谱在一组重复样本内和一段时间内都是可重复的，表明该方法具有灵敏、特异和可靠的分析酿脓链球菌的潜力。Wang等<sup>[53]</sup>评估了MALDI Biotyper 2.0用于酿脓链球菌的快速检测和聚类分析，对照生化鉴定的结果，MALDI-TOF-MS的准确率为93.85%，聚类分析中，其匹配率为67.69%。这说明，MALDI-TOF-MS具有替代传统分离鉴定方法的潜力，但在分类方面还需要数据库的扩大以及MALDI-TOF-MS技术的进展来提高准确性。

### 3 酿脓链球菌感染的预防和治疗

酿脓链球菌在自然界中分布较广，人群携带

率高，主要通过呼吸道飞沫传播。由于还未有有效的链球菌疫苗开发上市，目前对于酿脓链球菌的预防和治疗主要靠给予抗生素药物，对青霉素普遍敏感，对于青霉素过敏的患者，可使用红霉素或新的大环内酯类抗生素。

近年来，酿脓链球菌通过环境表面进行传播的方式引起了广泛关注，有研究<sup>[54]</sup>表明在干燥的环境下酿脓链球菌存活率有所提高，环境表面可能成为其传播载体，并在感染和再感染中发挥作用。手部是生活中接触物品较多的部位，做好手部卫生有利于阻断病菌传播途径，有研究<sup>[55]</sup>表明经聚六亚甲基双胍盐酸盐（PHMB）处理的非无菌医用手套对接触表面的酿脓性链球菌有较好的抑制效果，可应用于医院等特殊场所。对于日常手部清洁，洗手液是较好选择，目前市面上宣称对酿脓链球菌有抑制作用的洗手液较少，开发对酿脓链球菌有良好杀菌效果的绿色环保型抗抑菌洗手液具有较好的实用价值和广阔的市场前景。此外，洗手液在生产和使用过程中，也可能受酿脓链球菌污染而成为传播载体，因此建立适用于日化行业的酿脓链球菌快速检测技术对于洗手液的质量控制具有重要意义。

#### 4 结语

酿脓链球菌广泛存在于自然界中，能分泌多种毒力因子，致病机制较为复杂，是人类健康的一大威胁。近年来，酿脓链球菌的检测技术已从传统的分离培养方法发展到免疫学方法检测及核酸分子方法检测，毫无疑问，高通量、高特异性的检测方法是未来的发展趋势。高效的检测方法不仅有利于菌株感染的快速鉴定和及时提供治疗方案，还有利于相关食品、日化产品的快速、安全流通。本文通过研究酿脓链球菌生物学特性及检测方法，为寻找新

的酿脓链球菌检测靶点、开发用于预防酿脓链球菌感染的日化产品提供理论基础和思路。

#### 参考文献

- [1] BLOT M, DE CURRAIZE C, SALMON-ROUSSEAU A, et al. Streptococcus pyogenes: an unusual cause of salpingitis. Case report and review of the literature[J]. Infection, 2017, 45(5): 697-702.
- [2] NIKOLAI S, RUDOLF L. Streptococcus pyogenes ("Group A Streptococcus"), a highly adapted human pathogen—potential implications of its virulence regulation for epidemiology and disease management[J]. Pathogens, 2021, 10(6): 776.
- [3] 王澎, 杨启文, 周翔, 等. 成人酿脓链球菌导致中毒休克综合征临床分析[J]. 中华医院感染学杂志, 2016(10): 2251-2253.
- [4] AVIRE N J, WHILEY H, ROSS K. A Review of Streptococcus pyogenes: public health risk factors, prevention and control[J]. Pathogens, 2021, 10(2): 248.
- [5] RAO H X, LI D M, ZHAO X Y, et al. Spatiotemporal clustering and meteorological factors affected scarlet fever incidence in mainland China from 2004 to 2017[J]. Science of the Total Environment, 2021, 10:777.
- [6] LEBOWITZ D, MULLER C A, BALAGUE N, et al. Staphylococcus aureus versus Streptococcus pyogenes in hand infection[J]. Infectious Diseases, 2015, 47(10): 747-748.
- [7] MORA M, BENSI G, CAPO S, et al. Group A Streptococcus produce pilus-like structures containing protective antigens and Lancefield T antigens[J]. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 2005, 102(43): 15641-15646.
- [8] NAKATA M, KREIKEMEYER B. Genetics, structure, and function of group A streptococcal Pilis[J]. Frontiers in Microbiology, 2021, 12: 616508.
- [9] ZOMORDIAN K, RAHIMI M J, SAFAEI A, et al. Analysis of beta-hemolysis in human blood agars by Streptococcus pyogenes[J]. Journal of Microbiological Methods, 2011, 85(3): 233-234.
- [10] 欧阳霖, 王小光, 宋驰萍, 等. 不同emm基因型化脓性链球菌的菌落形态[J]. 复旦学报(医学版), 2021(4): 558-561.
- [11] KINKEL T L, MCIVER K S. CcpA-mediated repression of streptolysin S expression and virulence in the group a streptococcus[J]. Infection and Immunity, 2008, 76(8): 3451-3463.
- [12] 宋英莉, 王胜钰, 陈竑量, 等. 化脓性链球菌碳水化合物代谢及毒力影响研究进展[J]. 微生物学杂志, 2021(4): 84-90.

- [13] MUNAZZA I, FUAD A, ABD A Y, et al. Dissecting Streptococcus pyogenes interaction with human[J]. Archives of microbiology, 2020, 202(8): 2023-2032.
- [14] COGEN A L, NIZET V, GALLO R L. Skin microbiota: a source of disease or defence?[J]. The British journal of dermatology, 2008, 158(3): 442-455.
- [15] CHRISTIAN F, STEWART K M, WEAVER V M. The extracellular matrix at a glance[J]. Journal of cell science, 2010, 123(Pt 24): 4195-4200.
- [16] BEINAN W, YURECKO R S, SHOUKAT D, et al. Integrin-linked kinase is an essential link between integrins and uptake of bacterial pathogens by epithelial cells[J]. Cellular microbiology, 2006, 8(2): 257-266.
- [17] MOLINARI G, ROHDE M, CHHATWAL G , et al. Two distinct pathways for the invasion of Streptococcus pyogenes in non-phagocytic cells[J]. Cellular microbiology, 2000, 2(2): 145-154.
- [18] OSTERLUND A, POPA R, NIKKILA T, et al. Intracellular reservoir of Streptococcus pyogenes in vivo: A possible explanation for recurrent pharyngotonsillitis[J]. Laryngoscope, 1997, 107(5): 640-647.
- [19] TIMMER A M, TIMMER J C, PENCE M A, et al. Streptolysin O promotes group A streptococcus immune evasion by accelerated macrophage apoptosis[J]. Journal of Biological Chemistry, 2009, 284(2): 862-871.
- [20] UCHIYAMA S, DOHRMANN S, TIMMER A M, et al. Streptolysin O rapidly impairs neutrophil oxidative burst and antibacterial responses to group A streptococcus[J]. Frontiers in Immunology, 2015, 6: 581.
- [21] 王虹, 彭爽, 陈德芳. 链球菌毒力因子溶血素S的研究进展[J]. 中国兽共患病学报, 2017(3): 287-292.
- [22] TOMASZ B, ALICJA D, ZUZANNA D, et al. Assessment of the relationship between clinical manifestation and pathogenic potential of Streptococcus pyogenes strains-distribution of genes and genotypes of toxins[J]. Biomedicines. 2022, 10(4): 799.
- [23] KITTANG B R, BRUUN T, LANGELAND N, et al. Invasive group A, C and G streptococcal disease in western Norway: virulence gene profiles, clinical features and outcomes[J]. Clinical Microbiology and Infection, 2011, 17(3): 358-364.
- [24] 吴福平, 邵景东, 姚卫蓉, 等. 食品中 $\beta$ -溶血性链球菌检验技术的研究[J]. 中国国境卫生检疫杂志, 2010(1): 47-49.
- [25] 谢林, 刘德馨, 余斌, 等. 影响咽部A组溶血性链球菌检出率的因素[J]. 四川医学, 1996(2): 91-93.
- [26] 范孝英, 李芳. 酶联免疫吸附(ELISA)法在食品微生物检测中的应用分析[J]. 食品安全导刊, 2021(9): 152.
- [27] 王万相, 童明庆, 戴传箴. 酶联免疫吸附试验检测A群链球菌[J]. 临床检验杂志, 1990(4): 194.
- [28] 石良, 王锡昌, 刘源, 等. 食物过敏原免疫学检测技术研究进展[J]. 分析测试学报, 2010, 29(9): 981-986.
- [29] BEGGS M, NOVOTNY M, SAMPEDRO S J C C. A self performing chromatographic immunoassay for the qualitative determination of human chorionic gonadotrophin(HCG) in urine and serum[J]. Clinical Chemistry, 1990, 36(6): 1084-1085.
- [30] 李泓馨, 周林, 徐婧, 等. A族溶血性链球菌抗原检测的应用及药敏分析[J]. 北京医学, 2019(11): 1010-1012.
- [31] STEWART E H, DAVIS B, CLEMANS-TAYLOR B L, et al. Rapid antigen group A Streptococcus test to diagnose pharyngitis: a systematic review and meta-analysis[J]. PLoS One, 2014, 9(11): e111727.
- [32] REIJTMAN V, EVAGARCIA M, MASTROIANNI A, et al. Evaluation of a rapid diagnostic test for the detection of Streptococcus pyogenes in invasive infections[J]. Revista Argentina De Microbiología, 2020, 52(4): 261-265.
- [33] DUNNE E M, MARSHALL J L, BAKER C A, et al. Detection of group a streptococcal pharyngitis by quantitative PCR[J]. Bmc Infectious Diseases, 2013, 13: 312.
- [34] SLINGER R, GOLDFARB D, RAJAKUMAR D, et al. Rapid PCR detection of group A streptococcus from flocked throat swabs: a retrospective clinical study[J]. Ann Clin Microbiol Antimicrob, 2011, 10: 33.
- [35] 赵青, 凤晓博. 食品中A族乙型溶血性链球菌的PCR检测[J]. 四川畜牧兽医, 2015(7): 32-33.
- [36] 李春节, 胡庭俊, 邢亚丽, 等. 一种食源性溶血链球菌cps2J毒力基因特异性PCR检测方法的建立[J]. 基因组学与应用生物学, 2017, 36(7): 2880-2883.
- [37] 杨学明, 巢强国, 葛宇, 等. 食品中化脓链球菌的PCR检测方法的建立[J]. 食品工业, 2008(5): 71-74.
- [38] 杜海燕, 李基棕, 周碧君, 等. 链球菌通用PCR检测方法的建立及应用[J]. 贵州农业科学, 2009(12): 152-154.
- [39] THENMOZHI R, BALAJI K, KANAGAVEL M, et al. Development of species-specific primers for detection of Streptococcus pyogenes from throat swabs[J]. Fems Microbiology Letters, 2010, 306(2): 110-116.
- [40] PICARD F J, KE D B, BOUDEREAU D K, et al. Use of tuf sequences for genus-specific PCR detection and phylogenetic analysis of 28 streptococcal species[J]. Journal of Clinical Microbiology, 2004, 42(8): 3686-3695.
- [41] BOREK A L, OBSZANSKA K, HRYNIEWICZ W, et al. Detection of Streptococcus pyogenes virulence factors by multiplex PCR[J]. Virulence, 2012, 3(6): 529-533.

- [42] 吴任之, 胡欣洁, 韩国全, 等. 食源性金黄色葡萄球菌快速检测方法的研究进展[J]. 食品与发酵工业, 2021(10): 291-296.
- [43] 王远洋, 刘钟栋, 兰全学. 应用实时荧光PCR法检测食品中的酿脓链球菌[J]. 中国食品添加剂, 2018(5): 161-166.
- [44] 蔡妙森, 许少坚, 兰全学. 一种可快速检测食品中酿脓链球菌和无乳链球菌的RPA方法的建立[J]. 基因组学与应用生物学, 2021, 40(2): 663-670.
- [45] 周勇, 周臣清, 张娟, 等. 一种检测β溶血性链球菌的荧光环介导等温扩增方法的建立[J]. 食品安全质量检测学报, 2021(10): 3936-3941.
- [46] 尹欢, 李琦, 陈江源, 等. 溶血性链球菌LAMP检测方法的建立[J]. 食品科学, 2010(22): 311-314.
- [47] SINGH S, KAUSHAL A, GUPTA S, et al. Gene specific impedimetric bacterial DNA sensor for rheumatic heart disease[J]. Indian Journal of Microbiology, 2017, 57(1): 112-115.
- [48] MALINOWSKA N, BIAŁOBRZESKA W, LEGA T, et al. Antibody modified gold electrode as an impedimetric biosensor for the detection of *Streptococcus pyogenes*[J]. Sensors, 2020, 20(18): 5324.
- [49] GALLOWAY-PENA J, CLEMENT M E, KUINKEL B K S, et al. Application of whole-genome sequencing to an unusual outbreak of invasive group A streptococcal disease[J]. Open Forum Infectious Diseases, 2016, 3(1): ofw042.
- [50] TAGINI F, AUBERT B, TROILLET N, et al. Importance of whole genome sequencing for the assessment of outbreaks in diagnostic laboratories: analysis of a case series of invasive *Streptococcus pyogenes* infections[J]. European Journal of Clinical Microbiology & Infectious Diseases, 2017, 36(7): 1173-1180.
- [51] 孟令缘, 牛沁雅, 廉鲁昕, 等. 基于16S rDNA序列、MALDI-TOF-MS 和VITEK的沙门氏菌和金黄色葡萄球菌的鉴定[J]. 中国食品学报, 2021(10): 197-205.
- [52] MOURA H, WOOLFITT A R, CARVALHO M G, et al. MALDI-TOF mass spectrometry as a tool for differentiation of invasive and noninvasive *Streptococcus pyogenes* isolates[J]. Fems Immunology and Medical Microbiology, 2008(3): 333-342.
- [53] WANG J, ZHOU N, XU B, et al. Identification and cluster analysis of *Streptococcus pyogenes* by MALDI-TOF mass spectrometry[J]. PLoS One, 2012, 7(11): e47152.
- [54] MENSCHNER L, FALKE U, KONRAD P, et al. Survival of group A streptococcus (GAS) is enhanced under desiccated culture conditions[J]. Current Microbiology, 2020, 77(8): 1518-1524.
- [55] ALI S, WILSON A P R. Effect of poly-hexamethylene biguanide hydrochloride (PHMB) treated non-sterile medical gloves upon the transmission of *Streptococcus pyogenes*, carbapenem-resistant E-coli, MRSA and Klebsiella pneumoniae from contact surfaces[J]. BMC Infect Dis, 2017, 17(1): 574.

## Biological Characteristics and Application Progress of Detection Methods of *Streptococcus Pyogenes*

LIU Shuang<sup>1</sup>, YAO Su<sup>2</sup>, LI Ting<sup>2</sup>, ZHAI Lei<sup>2</sup>, YAO Chenzhi<sup>1\*</sup>

1.China Research Institute of Daily Chemical CO., Ltd., Taiyuan 030001, Shanxi, China;

2.China National Research Institute of Food & Fermentation Industries, Beijing 100015, China

**Abstract:** *Streptococcus pyogenes* is one of the most important pathogens causing bacterial infections in humans. The bacteria possess virulence that can cause a wide range of human illnesses. In recent years, the incidence of scarlet fever and systemic invasive infections caused by *Streptococcus pyogenes* has increased, drawing increased attention to these bacterial illnesses from countries all over the world. The biological characteristics of *Streptococcus pyogenes* and the core technical characteristics and applications of detection methods, including traditional isolation and identification methods, molecular biological methods and immunological methods, are reviewed in order to provide an in-depth understanding of the virulence factors and pathogenic mechanisms of this species. We hope to provide a reference for the establishment of more rapid, convenient and sensitive detection methods for *Streptococcus pyogenes* and the development of daily chemical products for the prevention of related infections.

**Keywords:** *streptococcus pyogenes*; biological properties; rapid detection; molecular biology technology; immunological detection



## 辛烷基磺酸钠在有机酸体系中的增稠性能应用研究

梁水娇 宋晶晶 卢宇毅

广州市盛邦化工科技有限公司，广东广州，510620

**摘要：**辛烷基磺酸钠是一种水溶助长剂，在合适的使用条件下也可作为增稠剂使用。研究了酸性增稠剂、有机酸种类（草酸、柠檬酸）及其添加量对配方黏度的影响。结果表明，4.5%柠檬酸，2.5%酸性增稠剂L-70，1.6%辛烷基磺酸钠的配比配方可获得较高的黏度，同时也具有良好的稳定性。

**关键词：**辛烷基磺酸钠；有机酸；柠檬酸；增稠；洁厕剂

**中图分类号：**TQ649   **文献标识码：**A   **文章编号：**1672-2701(2023)01-59-08

国内市售液体洁厕剂有选择盐酸类无机酸，复配脂肪胺聚醚类表面活性剂和助剂制成黏稠产品，也有选择使用柠檬酸、草酸等有机酸，复配黄原胶等多糖类增稠剂和助剂解决挂壁和铺展问题<sup>[1-2]</sup>。多糖类增稠剂通常会面临需预分散、加热溶解等复杂配方工艺，在有机酸洁厕剂体系中有可快速分散且

**作者简介：**梁水娇，技术工程师，主要从事日化洗涤产品的研发工作。Email：lsj@gzsunborn.com。

有效增稠的原料则可为实际生产提供便利性。

辛烷基磺酸钠具有良好的铺展润湿性能，与配方中的助剂、漂白剂相容，在强酸、强碱体系中有良好的溶解性和稳定性。辛烷基磺酸钠、二甲苯磺酸钠等常见于洗涤剂中作为水溶助长剂，用来改善体系的透明度，降低配方黏稠度<sup>[3]</sup>。增稠与降黏本是相互矛盾的，如何在配方中平衡是配方设计时的一大考验。

本文主要考察了辛烷基磺酸钠在有机酸体系中的增稠性能，也初步进行了酸性增稠剂在有机酸体系中的稳定性试验，为后续实际的配方应用提供一定的参考价值。

## 1 实验部分

### 1.1 主要试剂与仪器

辛烷基磺酸钠PAS-8S（斯泰潘）；酸性增稠剂L-70（阳离子和特殊表活复配物、广州市盛邦化工）；油胺聚氧乙烯（2）醚Fentacare O02（索尔维）；酸性增稠剂LT-302（阳离子和特殊表活复配物、广州启正化工）；柠檬酸，草酸等有机酸均为市售工业品；IKA RW 20 搅拌器，IKA公司；旋转

黏度计NDJ-5S，上海越平科学仪器。

#### 1.1.1 黏度测试

参照GB/T 15357—2014《表面活性剂和洗涤剂旋转黏度计测定液体产品的黏度和流动性质》，设定测试温度为25℃，采用2号转子12转。

#### 1.1.2 实验配方设计

辛烷基磺酸钠在有机酸体系中的增稠性能，设计了四种配方类型进行考察。第一种如表1使用4.5%柠檬酸，调整酸性增稠剂的量，添加适量的PAS-8S，观察黏度变化；第二种如表2使用2.5%L-70，调整柠檬酸的添加量，添加适量的PAS-8S，观察黏度变化；第三种如表3保持同等添加量的有机酸，更换有机酸的类型，添加适量的PAS-8S，观

表1 保持有机酸量不变，变化酸性增稠剂L-70用量

配方组别	A	B	C
去离子水	To 100	To 100	To 100
柠檬酸	4.5	4.5	4.5
L-70	1.5	2.5	3.5
PAS-8S	适量	适量	适量

表2 酸性增稠剂的量保持不变，变化柠檬酸用量

配方组别	D	B	E
去离子水	To 100	To 100	To 100
柠檬酸	2.5	4.5	6.5
L-70	2.5	2.5	2.5
PAS-8S	适量	适量	适量

表3 不同的有机酸对比

配方组别	B	F
去离子水	To 100	To 100
柠檬酸	4.5	—
草酸	—	4.5
L-70	2.5	2.5
PAS-8S	适量	适量

察黏度变化；第四种如表4保持同等添加量的酸性增稠剂，更换酸性增稠剂的类型，添加适量的PAS-8S，观察黏度变化。

## 2 结果与讨论

测试过程中发现PAS-8S在体系中逐渐提高添加量会出现混浊现象，静置后分层。发现该现象的后续添加量不作为考察对象。为方便整理，当黏度低于20cps时，黏度记录为0。

### 2.1 酸性增稠剂量对黏度的影响

由表5可知，L-70的量为1.5%时，PAS-8S的添

加量为0.4%时呈透明液体，达到0.6%时会有兼容性问题。L-70的量为2.5%时，PAS-8S的添加量为1.8%时呈透明液体，添加量达到2.0%时会有兼容性问题。L-70的量为3.5%时，PAS-8S的添加量为1.4%时呈透明液体，添加量达到1.6%时会有兼容性问题。PAS-8S在体系中的兼容性与L-70的量有关，无线性关系。由表6、图1可知，PAS-8S添加量较低时，对体系黏度无帮助；随着PAS-8S的添加量增加，体系黏度有提升，但过量后会有下降趋势。L-70的量为2.5%，PAS-8S的添加量为1.6%时黏度达到高峰。

表4 不同的酸性增稠剂对比

配方组别	B	G	H
去离子水	To 100	To 100	To 100
柠檬酸	4.5	4.5	4.5
L-70	2.5	—	—
O02	—	2.5	—
LT-302	—	—	2.5
PAS-8S	适量	适量	适量

表5 保持有机酸量不变，PAS-8S添加量对配方体系外观的影响

PAS-8S 添加量/%	0.0	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0
A组	透明	透明	透明	混浊	—	—	—	—	—	—	—
	液体	液体	液体	液体	—	—	—	—	—	—	—
B组	透明	混浊									
	液体										
C组	透明	混浊	—	—							
	液体	—	—								

表6 保持有机酸量不变，PAS-8S添加量对配方体系黏度的影响

PAS-8S 添加量/%	0.0	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0
A组	0	0	95	0	—	—	—	—	—	—	—
B组	0	0	0	0	0	0	865	1515	76	0	—
C组	0	0	0	0	22	1009	995	268	0	—	—

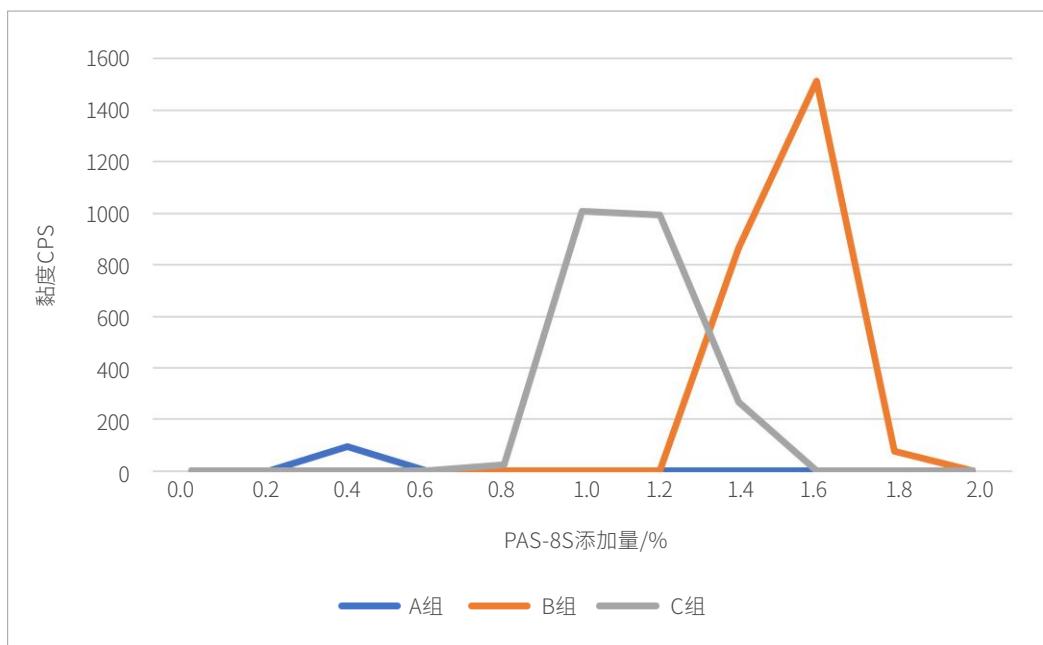


图1 保持有机酸量不变，不同PAS-8S添加量时黏度变化情况

这一现象是由于L-70含有阳离子表面活性剂，添加阴离子PAS-8S，在溶液中形成了阴阳离子表面活性剂混合体系中，由于分子间正/负离子的强静电吸引作用，相互复配后容易形成棒状胶团，使黏度增加<sup>[4-5]</sup>。当PAS-8S过量即浓度超过CMC后发生聚集，出现混浊、分相等情况<sup>[6]</sup>。

## 2.2 有机酸添加量对黏度的影响

由表7可知，柠檬酸的量为2.5%时，PAS-8S的添加量达到或超过1.2%时会有兼容性问题。柠檬酸

的量为4.5%时，PAS-8S的添加量达到或超过2.0%时会有兼容性问题。柠檬酸的量为6.5%时，PAS-8S的添加量达到或1.2%时会有兼容性问题。PAS-8S在体系中的兼容性跟柠檬酸的量有关，无线性关系。

由表8、图2可知，PAS-8S添加量较低时，对体系黏度无帮助；随着PAS-8S的添加量增加，体系黏度有提升，但过量后会有下降趋势。柠檬酸的量为4.5%，PAS-8S的添加量为1.6%时黏度达到高峰。

表7 酸性增稠剂的量保持不变，PAS-8S添加量对配方体系外观的影响

PAS-8S 添加量/%	0.0	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0
D组	透明	透明	透明	透明	透明	透明	混浊	—	—	—	—
	液体	—	—	—	—						
B组	透明	混浊									
	液体										
E组	透明	透明	透明	透明	透明	透明	混浊	—	—	—	—
	液体	—	—	—	—						

表8 酸性增稠剂的量保持不变，PAS-8S添加量对配方黏度的影响

PAS-8S 添加量/%	0.0	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0
D组	0	0	0	85	719	278	0	—	—	—	—
B组	0	0	0	0	0	0	0	865	1515	76	0
E组	0	0	0	118	698	202	0	—	—	—	—

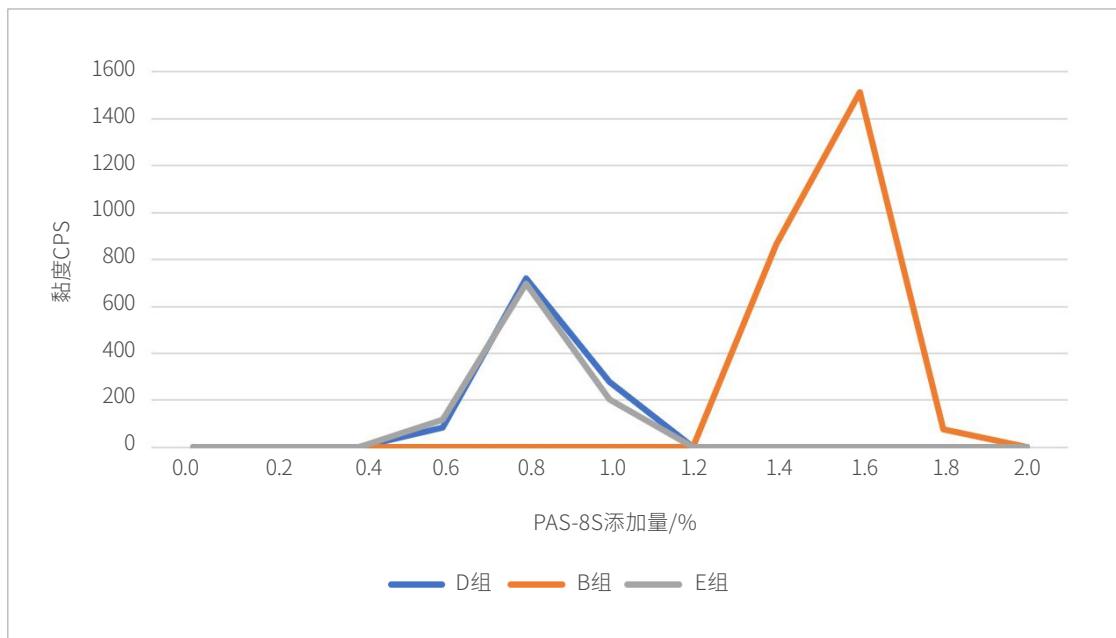


图2 酸性增稠剂的量保持不变，不同PAS-8S添加量时黏度变化情况

## 2.3 不同有机酸对黏度的影响

### 2.3.1 兼容性及增稠情况

由表9可知，有机酸为柠檬酸时，PAS-8S的添加量为1.8%时保持透明。有机酸为草酸时，PAS-8S的添加量为1.2%时保持透明。

从表10、图3可知，PAS-8S添加量较低时，对体系黏度无帮助；随着PAS-8S的添加量增加，体系黏度有提升，但过量后会有下降趋势。有机酸为柠檬酸时，PAS-8S的添加量为1.6%黏度达到高峰。PAS-8S对体系黏度影响程度与有机酸种类有

表9 更换有机酸，PAS-8S添加量对配方体系外观的影响

PAS-8S 添加量/%	0.0	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0
B组（柠檬酸）	透明	混浊									
	液体										
F组（草酸）	透明	透明	透明	透明	透明	透明	混浊	—	—	—	—
	液体	—	—	—							

表10 更换有机酸，PAS-8S添加量对配方黏度的影响

PAS-8S 添加量/%	0.0	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0
B组（柠檬酸）	0	0	0	0	0	0	0	865	1515	76	0
F组（草酸）	0	0	0	0	0	87	643	0	—	—	—

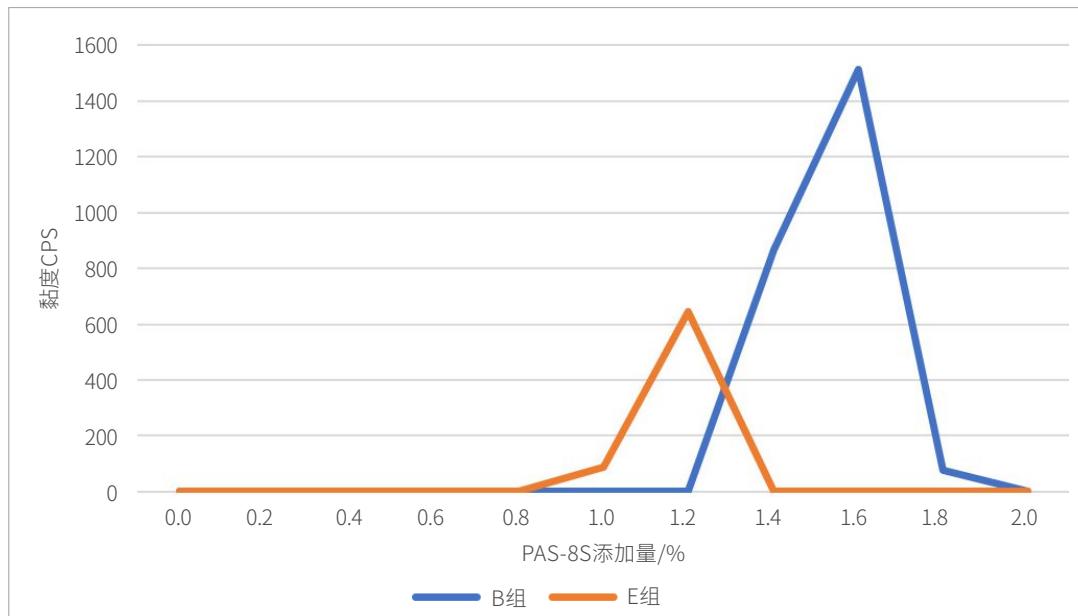


图3 更换有机酸，不同PAS-8S添加量时黏度变化情况

关，相同添加量的有机酸，柠檬酸体系黏度提升的幅度更大。

### 2.3.2 稳定性

表11为柠檬酸和草酸体系添加PAS-8S的黏度在

第1、15、30、90天时变化情况，B组（柠檬酸）在1.4%、1.6%、1.8%时变化曲线见图4，F组（草酸）在1.4%、1.6%、1.8%时变化曲线见图5，由表11和图4、图5可知，草酸体系中，黏度下降的趋

表11 更换有机酸，不同PAS-8S添加量时黏度稳定性情况

PAS-8S添加量/%	0.0	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0
B组（柠檬酸）	第1天	0	0	0	0	0	0	865	1515	76	—
	第15天	0	0	0	0	0	0	1139	1632	77	—
	第30天	0	0	0	0	0	0	1020	1697	84	—
	第90天	0	0	0	0	0	0	767	1460	92	—
F组（草酸）	第1天	0	0	0	0	87	643	—	—	—	—
	第15天	0	0	0	0	35	813	—	—	—	—
	第30天	0	0	0	0	0	491	—	—	—	—
	第90天	0	0	0	0	0	345	—	—	—	—

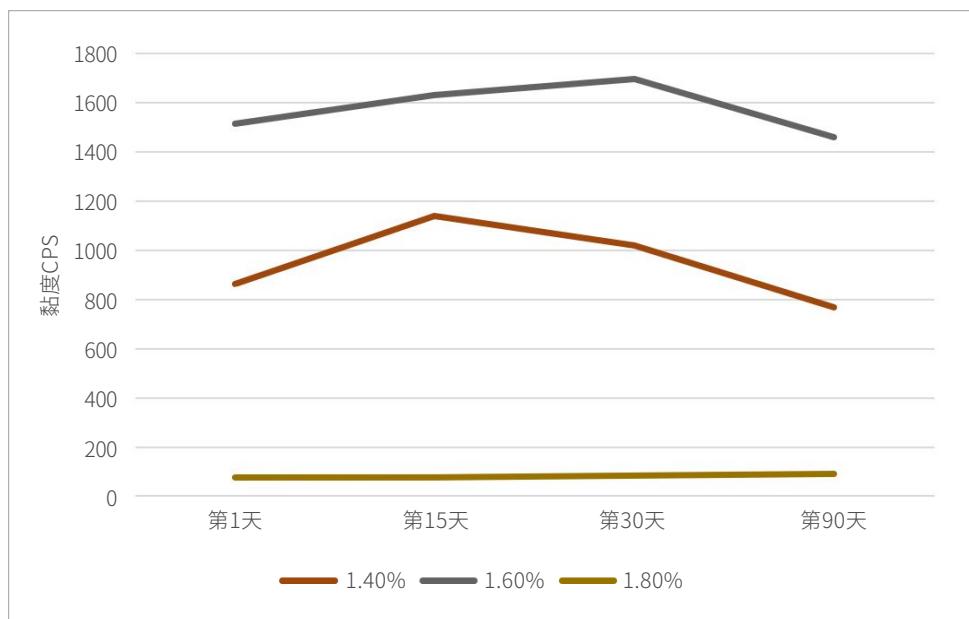


图4 更换有机酸，不同PAS-8S添加量时B组黏度稳定性情况

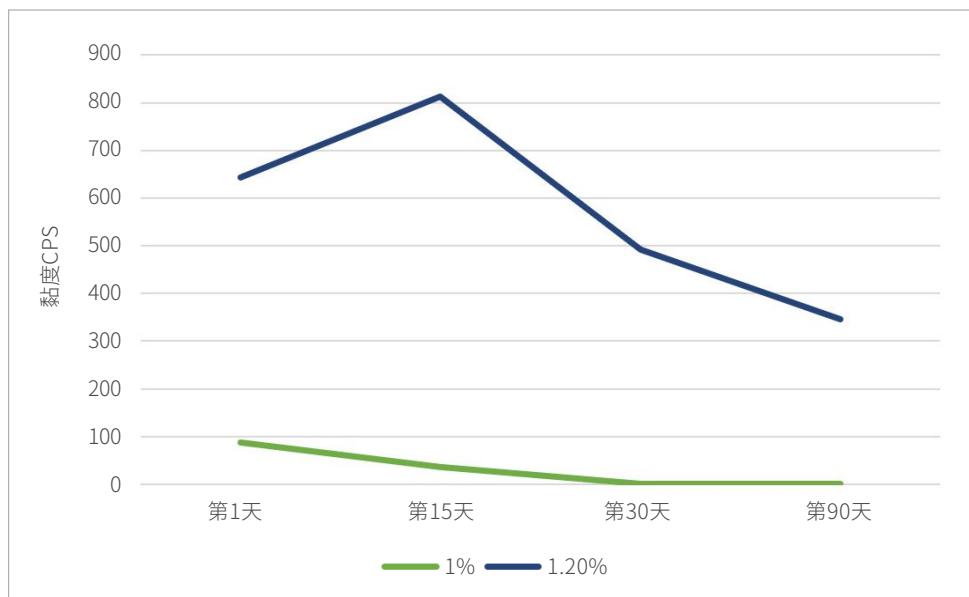


图5 更换有机酸，不同PAS-8S添加量时F组黏度稳定性情况

势更明显。除了黏度有下降的趋势，其样品外观颜色也随时间变黄程度加深，草酸具有较强的氧化性影响含胺类产品的稳定性，最终影响样品的黏度及外观。使用L-70酸性增稠剂时添加PAS-8S，柠檬酸的稳定性更好。

## 2.4 酸性增稠剂对黏度的影响

由表12可知，在PAS-8S添加量为1.4%~1.8%时，外观都呈透明，此时兼容性良好。由表13可知，不同的酸性增稠剂，PAS-8S对配方体系的黏度影响不一致。在实际配方测试中可根据具体需求选

表12 更换酸性增稠剂，不同PAS-8S添加量时外观情况

PAS-8S 添加量/%	1.4	1.6	1.8
L-70	透明液体	透明液体	透明液体
O02	透明液体	透明液体	透明液体
LT-302	透明液体	透明液体	透明液体

表13 更换酸性增稠剂，不同PAS-8S添加量时黏度变化情况

PAS-8S 添加量/%	1.4	1.6	1.8
L-70	865	1515	76
O02	0	0	391
LT-302	0	0	1782

择合适的酸性增稠剂对比。

具体符合市场的产品还需综合考虑成本、清洁力、挂壁性及铺展性。

### 3 结论

本论文研究了不同条件下，辛烷基磺酸钠/有机酸（柠檬酸、草酸）/增稠剂体系的增稠性能，结果表明，配方为4.5%柠檬酸、2.5%L-70、1.6%PAS-8S时可获得较高的黏度，同时也有良好的稳定性。

除PAS-8S外，经实验测试其他短碳链的磺酸盐，如二甲苯磺酸钠、异丙苯磺酸钠等在有机酸体系中也有增稠性能。无论选择哪种短碳链磺酸盐都需要考虑酸性增稠剂、有机酸的种类及其用量。如

### 参考文献

- [1] 宋晶晶. 用于洁厕产品的增稠剂[J]. 中国洗涤用品工业, 2012(6): 37-39.
- [2] 毛仁杰, 徐迅, 张丽阳, 等. 一种黄原胶增稠的快干洁厕液的研制[J]. 中国洗涤用品工业, 2021(11): 44-48.
- [3] 廖文胜. 洗涤剂原料及配方精选[M]. 北京: 化学工业出版社, 2006: 21.
- [4] 闫于元. 清洗剂中阳离子表面活性剂的增稠作用[J]. 日用化学品科学, 1993(6): 20-24.
- [5] 郭拥军, 李健. 复合表面活性剂体系: 一种新型流变控制剂[J]. 西南石油学院学报, 1999(3): 56-59.
- [6] 杜志平, 王万绪. 阴离子表面活性剂与阳离子表面活性剂的相互作用(II)-稀溶液性质[J]. 日用化学工业, 2006(4): 247-250.

## Study on Application of Sodium Octanesulfonate in Thickening of Organic Acid System

LIANG Shuijiao, SONG Jingjing, LU Yuyi  
SunBorn Chemical Technology CO., LTD, Guangzhou, Guangdong 510620, China

**Abstract:** Sodium capryl sulfonate is a hydrotrope and can also be used as a thickener under suitable conditions of use. The effects of acid thickeners, organic acids (oxalic acid, citric acid) and their additive amounts on the viscosity of the formulation were studied. The results showed that the formula was 4.5% citric acid, 2.5% acidic thickener L-70, and 1.6% Sodium capryl sulfonate. Higher viscosity can be obtained, but also has good stability.

**Keywords:** sodium capryl sulfonate; organic acids; citric acid; thickening; toilet cleaners



## 基于伪三元相图的壬二酸微乳液的制备与评价

郭田田 解晓冬 张潞艳 石亮

山西振东制药股份有限公司，山西长治，047100

**摘要：**制备稳定的壬二酸祛痘微乳。方法：借助伪三元相图，通过不同表面活性剂的复配筛选壬二酸微乳区，并进行处方筛选及工艺优化。选取3种壬二酸微乳体系进行粒径、理化性质、稳定性及试用评价。结果：筛选出3种壬二酸微乳的粒径分别为 $(1247.6 \pm 13.29)$  nm、 $(381.85 \pm 0.92)$  nm、 $(520.8 \pm 16.97)$  nm，经过稳定性测试表明制备的壬二酸微乳均一稳定，粒径及PDI差异无统计学意义。试用人群77%反馈有祛痘效果，基本无刺激性。结论：本研究通过筛选出壬二酸微乳液区域并成功制备了6%壬二酸微乳液，开发并优化了微乳纳米体系，可作为壬二酸的载体，提高其治疗效果。

**关键词：**壬二酸；微乳；伪三元相图；稳定性

**中图分类号：**TQ658.2   **文献标识码：**A   **文章编号：**1672-2701(2023)01-67-09

壬二酸是一种天然存在的饱和直链C<sub>9</sub>二元羧酸，常存在于黑麦、大麦、小麦这一类的谷物中<sup>[1]</sup>，同时也可由存在于人体皮肤表面的一种真菌产生<sup>[2]</sup>。壬二酸作为玫瑰痤疮的首选外用治疗药物之一，话

作者简介：郭田田，硕士，技术员，主要研究方向为纳米制剂的研发。E-mail:guotiantian@zdjt.com

题热度持续上升，成为国内护肤成分界的明星成分，与其他酸相比，主要有以下优点：①对皮肤没有剥脱性，敏感肌也可使用；②早晚皆可使用，无须避光；③无耐药性，可以长期使用。更多的研究发现壬二酸不仅有祛痘控油效果，还有美白淡斑、治疗色素性皮肤疾病、抗老育发等作用，可成为痘

痘肌的美白“救星”<sup>[2]</sup>。

目前，限制壬二酸使用主要有以下问题：本身呈现酸性，刺激性强，浓度难以提高，且在水中的溶解度仅为2.4 g/L (25°C)<sup>[3]</sup>，溶解性差，同时还存在熔点高、配伍性差等<sup>[4]</sup>。市场上壬二酸的外用皮肤产品主要有15%凝胶(FINACEA<sup>®</sup>)和20%乳膏(Skinoren<sup>®</sup>)<sup>[5-7]</sup>常出现析出、肤感差、质量不稳定及透皮吸收效果差等问题，影响用户体验感。

微乳(ME)由于其增强药物溶解度、热力学稳定性、易于制备、成本低等独特优势，在农用化学品、药物、食品、饮料、化妆品等的广泛用途中得到了广泛的应用<sup>[8]</sup>。微乳具有易于制备和可扩展性，提高生物利用度，增加亲脂性化合物的溶解度，显著的热力学稳定性等优点，目前已实现一系列化妆品类的微乳研制，如熊果苷微乳、β-胡萝卜素、维生素A、维生素D、维生素E、维生素K等难溶于水的不饱和脂肪酸等物质或无乙醇水溶性香精微乳液<sup>[9-10]</sup>。文献中首次发表的壬二酸微乳液由pH 3.0的壬二酸、水、丙二醇、十二醇、吐温20、丁醇和卡波醇934组成，但采用DMSO作为增强剂存在安全问题<sup>[11-13]</sup>，后续相关研究壬二酸微乳主要采用较多的表面活性剂或较多的乙醇来实现壬二酸更高的溶解性<sup>[7]</sup>。

本研究的目的在于将微乳作为壬二酸的载体，提高稳定性，为痘痘患者带来福音，进而实现更高的价值。

## 1 仪器与材料

### 1.1 仪器

G-18磁力搅拌器(巩义予华仪器有限公司)；循环水浴(Grant)；pH计(赛多利斯有限公司)；电导率仪(上海仪电科学仪器股份有

限公司)；DelsaTM Nano C纳米粒度仪(美国Beckman Coulter, Inc.)；电子天平(上海梅特勒-托利多仪器)

### 1.2 材料

二甘醇单乙醚、聚氧乙烯蓖麻油(Cremophor<sup>®</sup> EL, HLB=14~15.5)购自湖北汉达飞生物科技有限公司；肉豆蔻酸异丙酯(IPM)，购自上海科因实业有限公司；丁氧基双甘醇购自武汉华翔科洁生物技术有限公司；壬二酸购自CORUM；聚乙二醇辛基苯基醚(OP-10, HLB=13.3~14)、十六烷基三甲基溴化铵(CTAB, HLB=15.5~15.8)购自安徽泽升科技有限公司；聚乙二醇400(PEG 400, HLB=20)购自天津市光夏精细化工研究所；丙二醇辛酸酯(Capryol 90)购自广州天润药业有限公司；PEG-40氢化蓖麻油(HLB=13~14)、1,3-丙二醇购自上海麦克林生化科技有限公司；无水乙醇为分析纯；所有实验均使用纯化水。

## 2 方法

### 2.1 不同微乳的制备

#### 2.1.1 空白微乳的制备

3种微乳的处方见表1。按表1所示，将表面活性剂和助表面活性剂混合，称为混合表面活性剂(Smix)加热至60~65 °C，磁力搅拌混匀，持续半小时至清晰透亮，放置室温备用，加入油相(IPM)，在上述混合液中逐滴加入纯化水，磁力搅拌形成浅蓝色乳光的澄清透明溶液，室温放置即为空白微乳。

#### 2.1.2 壬二酸微乳的制备

将6%壬二酸溶解于Smix和油相的混合液中，搅拌至澄清透明状态，在上述混合液中逐滴加入纯化水，磁力搅拌形成浅蓝色乳光的澄清透明溶液，

室温放置即为壬二酸微乳。

## 2.2 伪三元相图筛选微乳区

为了研究现有微乳边界下各组分的浓度范围，采用水滴定法构建了伪三元相图，3种微乳的处方见表1。

微乳1按表面活性剂和助表面活性剂比例为3:1的重量比制备相图，其次将油相的重量比和Smix按1:9、2:8、3:7、4:6、5:5、6:4、7:3、8:2和9:1比例混合，将壬二酸溶解于Smix和油相的混合液中，搅拌至澄清透明状态。在混合液中逐滴加入纯化水，磁力搅拌形成浅蓝色乳光的澄清透明溶液，记录加水量，统计各组分临界点的百分比，以Smix、water、oil为伪三元相图的顶点绘制<sup>[14]</sup>。按处方2和处方3将表面活性剂：助表面活性剂按Km=2:1混合，制备微乳2和3，微乳区的筛选方法同微乳1。

## 2.3 粒径测定

室温条件下，选择制备足够浓度的壬二酸微乳样品，其次选择正确的样品池，将制备的样品注入样品池中，点击软件进行测量。

## 2.4 微乳的理化性质考察

室温下测定微乳的电导率，pH值。

## 2.5 稳定性考察

### 2.5.1 高、低温稳定性考察

在温度(4±2)℃，相对湿度70%±5%和温度(60±2)℃，相对湿度70%±5%条件下测试稳定性。

### 2.5.2 恒温稳定性考察

在温度(25±2)℃，相对湿度70%±5%的条件下放置3个月，根据其外观、粒径和多分散性指数(PDI)评估微乳配方的物理稳定性。

## 2.6 皮肤测试评价

选取健康志愿者30名，分别使用微乳1、2和3，从涂抹性、祛痘效果及刺激性三方面评价本实验制备的壬二酸微乳。

## 2.7 统计分析

采用SPSS 7.0软件分析所有统计数据，采用单因素方差分析(方差分析)，Origin 2022b绘制伪三元相图。

## 3 结果

### 3.1 辅料的选择及溶解性研究

制备壬二酸微乳的辅料初步筛选和配方优化应基于以下标准：①配方组成应简单和安全(如使用

表1 3种壬二酸微乳的配方组成

种类	处方1	处方2	处方3
表面活性剂	IPM	Capryol 90	Capryol 90
	聚氧乙烯蓖麻油	聚氧乙烯蓖麻油	聚氧乙烯蓖麻油
	PEG-40氢化蓖麻油	PEG-40氢化蓖麻油	PEG-40氢化蓖麻油
助表面活性剂	PEG-400	PEG-400	PEG-400
	乙醇	乙醇	乙醇
溶剂	丙二醇	OP-10	CTAB
	丁氧基双甘醇	丙二醇	丙二醇
		丁氧基双甘醇	丁氧基双甘醇

最少的表面活性剂和助表面活性剂制备微乳) ; ②在相图中应提供较大的微乳面积; ③应能够实现高载药、小而均匀的液滴尺寸<sup>[15]</sup>。

本研究中尝试采用以下辅料考察壬二酸的溶解性: 油相选择IPM、Capryol 90、棕榈酸异辛酯、辛酸癸酸甘油三脂<sup>[16]</sup>; 表面活性剂选择聚氧乙烯蓖麻油、PEG-40氢化蓖麻油、OP-10、PEG-400; 助表面活性剂选择二甘醇单乙醚、乙醇、丙二醇, 首先考察壬二酸在不同体系中的溶解性。结合文献[12]及实验研究发现壬二酸在不同辅料中的溶解性如下: 油相: Capryol 90>IPM>辛酸癸酸甘油三脂>棕榈酸异辛酯; 表面活性剂: PEG-400>

OP-10>PEG-40氢化蓖麻油>聚氧乙烯蓖麻油; 助表面活性剂: 乙醇>二甘醇单乙醚>丙二醇。

鉴于壬二酸的低溶解性以及较易析出等问题, 本研究采用多种表面活性剂进行复配<sup>[17]</sup>, 以达到协同增效的作用。

### 3.2 伪三元相图的绘制

3种壬二酸微乳的各组分体系见表2~表4, 统计各组分含量绘制伪三元相图(图1), 并在室温下放置2周后观察。

根据图1中得到壬二酸ME区域, 选择各分量的范围如下: Smix(20%~88%)、water(0%~21%)、oil(10%~74%)(图1a),

表2 壬二酸微乳体系1不同组分配比含量及外观

微乳试样 (m:m)	IPM (oil)	质量分数	纯化水 (water)	质量分数	混合表面活性剂 (Smix)	质量分数	总质量	放置2周后外观
1:9	1.508	0.100	0.268	0.018	13.269	0.882	15.045	澄清透明
2:8	3.081	0.162	4.000	0.211	11.916	0.627	18.997	澄清透明
3:7	4.426	0.257	2.446	0.142	10.367	0.601	17.239	半透明液体
4:6	5.972	0.333	3.000	0.168	8.927	0.499	17.899	半透明液体
5:5	7.420	0.416	2.940	0.165	7.466	0.419	17.826	半透明液体
6:4	10.349	0.581	3.000	0.168	4.460	0.251	17.809	分层
7:3	11.711	0.743	1.000	0.063	3.046	0.194	15.757	分层

表3 壬二酸微乳体系2不同组分配比含量及外观

微乳试样 (m:m)	Capryol 90 (oil)	质量分数	纯化水 (water)	质量分数	混合表面活性剂 (Smix)	质量分数	总质量	放置2周后外观
1:9	1.017	0.069	4.530	0.308	9.144	0.622	14.691	澄清透明
2:8	2.026	0.148	3.500	0.256	8.120	0.595	13.646	澄清透明
3:7	3.073	0.196	5.500	0.351	7.091	0.453	15.664	半透明液体
4:6	4.161	0.281	4.500	0.304	6.148	0.415	14.809	半透明液体
5:5	5.311	0.416	2.340	0.183	5.112	0.401	12.763	半透明液体
6:4	6.128	0.499	2.130	0.173	4.025	0.328	12.283	白色液体, 分层
7:3	7.011	0.571	2.000	0.163	3.258	0.266	12.269	白色液体, 分层
8:2	8.027	0.674	1.760	0.148	2.123	0.178	11.910	白色液体, 分层
9:1	9.121	0.788	1.325	0.114	1.134	0.098	11.580	白色液体, 分层

表4 壬二酸微乳体系3不同组分配比含量及外观

微乳试样 (m : m)	Capryol 90 (oil)	质量分数	纯化水 (water)	质量分数	混合表面活性剂 (Smix)	质量分数	总质量	放置2周后外观
1 : 9	1.052	0.055	9.000	0.469	9.135	0.476	19.187	澄清透明
2 : 8	2.153	0.141	5.000	0.327	8.152	0.533	15.305	澄清透明
3 : 7	3.015	0.213	4.000	0.283	7.116	0.504	14.131	澄清透明
4 : 6	4.023	0.293	3.617	0.264	6.086	0.443	13.726	半透明液体
5 : 5	5.173	0.411	2.364	0.188	5.059	0.402	12.596	半透明液体
6 : 4	6.066	0.493	2.130	0.173	4.118	0.334	12.314	半透明液体
7 : 3	7.108	0.575	2.130	0.172	3.121	0.253	12.359	分层
8 : 2	8.012	0.660	2.130	0.175	2.000	0.165	12.142	分层
9 : 1	9.102	0.751	2.000	0.165	1.019	0.084	12.121	分层

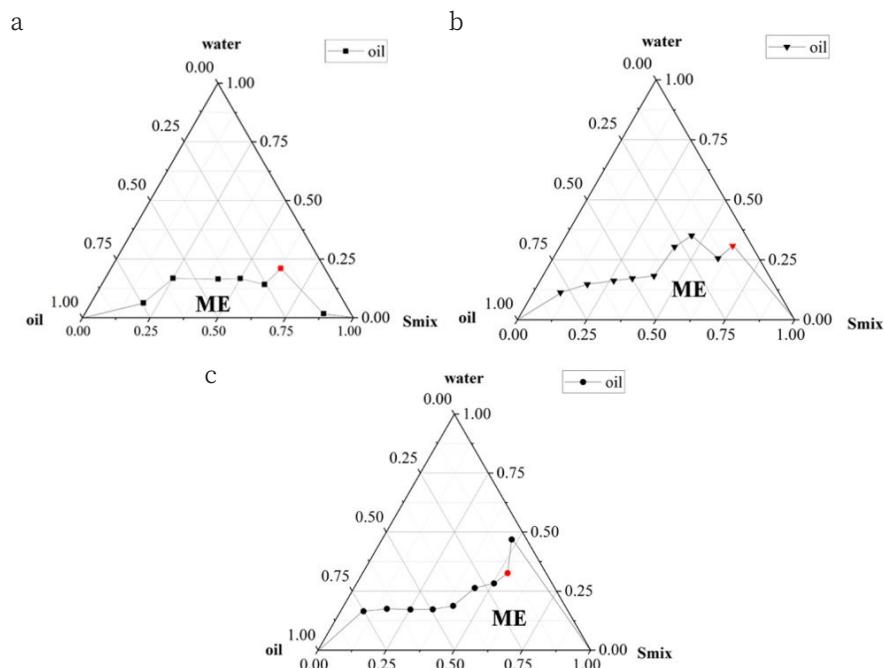


图1 统计各组分含量绘制d 伪三元相图

a. 用IPM和多种表面活性剂复配制备壬二酸微乳液1的伪三元相图; b. 用Capryol 90和多种表面活性剂(添加OP-10)复配制备壬二酸微乳液2的伪三元相图; c. 用Capryol 90和多种表面活性剂(添加CTAB)复配制备壬二酸微乳液3的伪三元相图。ME代表微乳区, 最终微乳处方选择以红色标记。

Smix (10%~62%)、water (11%~30%)、oil (7%~79%) (图1b), Smix (8%~53%)、water (17%~47%)、oil (6%~75%) (图1c), 微乳区面积c >b>a。

结合表2、表3、表4中各配比体系外观, 综合考虑水相比例、粒径大小以及澄清度等因素确定最终微乳液配方, 如下: 壬二酸微乳1选择oil : Smix (m : m) = 2 : 8, 最佳ME由62.7% Smix、

21.1%水和16.2% IPM组成；壬二酸微乳2选择 oil : Smix (m : m) =1 : 9，最佳ME由62.2% Smix、30.8%水和6.9% Capryol 90组成；壬二酸微乳3选择oil : Smix (m : m) =2 : 8，最佳ME由53.3% Smix、32.7%水和14.1% Capryol 90组成。在制备乳状液时，除根据欲得乳状液的类型选择表面活性剂外，所用油相性质不同对表面活性剂的HLB值也有不同要求，并且表面活性剂的HLB值应与被乳化的油相所需相近。

复配表面活性剂的HLB值计算见式1。

$$\text{HLB}_{\text{混}} = \frac{X_1 \times \text{HLB}_1 + X_2 \times \text{HLB}_2}{(X_1 + X_2)} \quad \text{式1}$$

HLB<sub>1</sub>、HLB<sub>2</sub>分别为表面活性剂1、2的HLB值，X<sub>1</sub>、X<sub>2</sub>为表面活性剂1、2的质量分数<sup>[18]</sup>。计算得出：壬二酸微乳1 HLB=18.9，壬二酸微乳2 HLB=18.4，壬二酸微乳3 HLB=14，而文献表明IPM所需的HLB值为12<sup>[19]</sup>，Capryol 90所需的HLB值为15<sup>[19]</sup>，乳化Capryol 90所需的HLB值更接近微乳3的HLB值，因此较易形成微乳。后续对其粒径、稳定性、物理性质及皮肤试用效果进行进一步探究。

### 3.3 粒径

3种微乳样品的粒径见表5，由表中可见，微乳1粒径较大，微乳2粒径最小，且均一度较高。

### 3.4 理化性质

3种微乳样品的理化性质见表6，由表中可见，3种微乳及的pH为4.5±0.2，微乳1和2电导率较

表5 所选微乳剂粒径（平均±SD, n=3）

样品编号	粒径/nm	PDI
微乳1	1247.60±13.29	0.290±0.326
微乳2	381.85±0.92	0.165±0.050
微乳3	520.80±16.97	0.202±0.009

低，主要和表面活性剂的复配有关，微乳3中由于添加了CTAB（一种阳离子表面活性剂），因此电导率升高。

表6 所选微乳剂电导率及pH（平均±SD, n=3）

样品编号	电导率/(μs·cm <sup>-1</sup> )	pH
微乳1	14.74±4.34	0.290±0.326
微乳2	25.47±5.50	0.165±0.050
微乳3	318.67±6.51	0.202±0.009

### 3.5 稳定性

#### 3.5.1 高、低温稳定性

在温度（4±2）℃，相对湿度70%±5%和温度（60±2）℃，相对湿度70%±5%条件下外观，粒径及PDI没有明显变化（表7），制备的壬二微乳样品图见图2。



图2 壬二酸微乳样品图（从左至右依次为微乳1、2、3）

表7 所选微乳剂外观及粒径（平均±SD, n=3）

样品编号	外观	粒径/nm	PDI
微乳1	澄清透明	1271.25±11.01	0.283±0.057
微乳2	澄清透明	373.00±8.49	0.089±0.019
微乳3	澄清透明	548.00±3.39	0.148±0.019

#### 3.5.2 恒温稳定性考察

优化后的ME配方在（25±2）℃，相对湿度70%±5%条件下保存3个月保持稳定，在此期间，视觉外观无明显变化。同时，在3个月内，液滴大小和PDI没有明显变化（表8）。

表8 所选微乳剂外观及粒径 (平均±SD, n=3)

样品编号	外观	粒径/nm	PDI
微乳1	澄清透明	1257.75±20.09	0.259±0.094
微乳2	澄清透明	378.70±6.79	0.070±0.002
微乳3	澄清透明	524.50±5.52	0.126±0.035

### 3.6 皮肤测试评价

从试用效果可以看出, 93%认为易涂抹, 77%认为有祛痘效果, 极少部分反馈有热感, 但均未出现红肿痒痛等刺激现象, 在使用效果上无明显差异(表9)。

综上, 本实验通过不同比例筛选出壬二酸的微乳区, 并对比研究3种微乳的稳定性及理化性质等, 结合皮肤测试反馈本实验制备的壬二酸微乳, 粒径小, 稳定性高, 无刺激性。随着微乳技术的进

一步开发, 对于难溶解药物扩宽了微乳化技术在化妆品的应用范围, 提高化妆品质量及用户体验感, 具有广阔的应用前景。

### 4 讨论

目前, 壬二酸在治疗轻度至中度寻常痤疮方面已有较多成功案例, 具有很高的市场前景。

微乳是光学各向同性和热力学稳定的水相、油相和两亲性的纳米结构混合物<sup>[20]</sup>。其已被证明具有增加亲脂性、亲水和两亲性物质穿透皮肤的明显潜力, 促进药物的吸收, 进一步提高药物的生物利用度<sup>[9, 21]</sup>。本实验将微乳作为壬二酸的载体具有很高的使用价值, 研究发现影响微乳区的因素主要有以下几点。

表9 壬二酸微乳试用反馈评价

	涂抹性		祛痘效果		红肿痒痛	
	易涂抹	难涂抹	明显	无效	有	无
微乳1	27	3	23	7	0	30
微乳2	28	2	22	8	0	30
微乳3	27	3	25	5	1	29



(1) 油相的选择：油相的选择应考虑以下几点，第一，安全性，对人体及环境无毒；第二，考虑油相对于原料的溶解性；第三，分子与界面膜分子保持适宜的关系，油相分子的大小对微乳的形成较为重要。油相分子越小，越易形成微乳，但增加油相的链长可提高油相的溶解性，因此实验过程中需综合考虑以上因素。

(2) 表面活性剂的选择与复配：微乳制备中常选择非离子型表面活性剂，因其可以与多种类型的助表面活性剂合用，且单独使用也具有很好的增溶作用。非离子型表面活性剂有聚氧乙烯及多元醇类，pH使用范围广，受溶液中离子浓度、酸及碱影响较小，应用广泛。本研究采用多种表面活性剂非离子性以及阳离子表面活性剂复配有助于降低界面膜的表面张力，进一步提高微乳剂的稳定性。

(3) 表面活性剂与助表面活性剂的K<sub>m</sub>值：微乳液体系中，表面活性剂主要分布在界面膜中，助表面活性剂通常是中等长度或短链的醇和适宜HLB值的非离子表面活性剂。而醇除进入界面膜外，还可溶解于水相和油相中，另外，醇类能提高载药量，增加微乳液体系的增溶能力，因此所形成的微乳区范围更大<sup>[22]</sup>。表面活性剂与助表面活性剂的K<sub>m</sub>值不同，相当于改变了表面活性剂的HLB值，以至于所形成的微乳粒径有所差异，在微乳1基础上增加OP-10，进一步缩小了微乳的粒径（图1b）<sup>[23]</sup>，添加阳离子表面活性剂（CTAB）<sup>[17]</sup>，也达到了相同的效果（图1c）。

(4) 混合表面活性剂与油相比例：改变混合表面活性剂与油相比例，也相当于改变了油相所需的HLB值，当表面活性剂的HLB值与油相所需的HLB值相近时，更易形成微乳。3.2结果也印证了这一点。当油相由IPM更换为Capryol 90时，更易

形成微乳。

(5) 水相比例：在相关研究中，水相在微乳中的比例也对微乳的稳定性有一定的影响，水相过大微乳易析出或分层，过少易造成肤感油腻，影响产品体验。

## 5 结论

本研究发现微乳是壬二酸的有效载体，具有热力学稳定性，制备了一定含量安全有效的壬二酸微乳，也为开发其他难溶解类化妆品的新剂型提供了一条新思路。一方面，该壬二酸微乳可以和其他祛痘类产品混合使用，提高祛痘效果，另一方面，可以加入其他的有效成分，如美白、抗氧化等，从而制备出具有较多功能的化妆品用微乳复合物。

## 参考文献

- [1] FRAMPTON J E, WAGSTAFF A J. Azelaic acid 15% gel: in the treatment of papulopustular rosacea[J]. Am J Clin Dermatol. 2004, 5(1):57-64.
- [2] VARGAS-DIEZ E, HOFMANN MA, BRAVO B, et al. Azelaic acid in the treatment of acne in adult females: case reports[J]. Skin Pharmacol Physiol. 2014, 27 Suppl 1:18-25.
- [3] 彭冠杰, 李扬思, 何水莲, 等. 纳米级超分子包含壬二酸及其应用[P]: 中国, CN114569487A. 2022.06.03.
- [4] TÖPERT M, RACH P, SIEGMUND F. Pharmacology and toxicology of azelaic acid[J]. Acta Derm Venereol Suppl (Stockh). 1989, 143:14-19.
- [5] 汪敏燕, 朱纲, 李卫兵, 等. 壬二酸乳膏及其制备方法[P]: 中国, CN1611212A. 2005.05.04.
- [6] 周丽娟. 一种新型壬二酸凝胶剂及其制备方法[P]: 中国, CN113813224A. 2021.12.21.
- [7] MA H, YU M, TAN F, et al. Improved percutaneous delivery of azelaic acid employing microemulsion as nanocarrier: formulation optimization, in vitro and in vivo evaluation[J]. RSC Advances, 2015, 5(37):28985-28995.
- [8] JALALI-JIVAN M, GARAVAND F, JAFARI S M. Microemulsions as nano-reactors for the solubilization, separation, purification

- and encapsulation of bioactive compounds[J]. *Adv Colloid Interface Sci.*, 2020, 283:102227.
- [9] 董红宾. 熊果苷微乳的研制[D]. 西北农林科技大学, 2007.
- [10] 王勇, 高阳, 马毓霞. 微乳化技术及其在化妆品中的应用[J]. 中国化妆品: 专业版, 2004, (14):2.
- [11] GASCO M R, GALLARATE M, PATTARINO F. In vitro permeation of azelaic acid from viscosized microemulsions[J]. *Int. J. Pharm.*, 1991, 69(3): 193-196.
- [12] 周慧睿, 闻萍, 姚欣, 等. 一种包含壬二酸的皮肤局部给药组合物[P]: 中国, CN111544381A. 2020.08.18.
- [13] 宋永华. 微乳化环保型护肤乳液及制备方法 [P]: 中国, CN102068389A, 2011.05.25.
- [14] IDREES M, RAHMAN N, AHMAD S, et al. Enhance transdermal delivery of flurbiprofen via microemulsions: Effects of different types of surfactants and cosurfactants[J]. *Daru.* 2011, 19(6):433-439.
- [15] ZHAO Y, WANG C, CHOW AH, et al. Self-nanoemulsifying drug delivery system (SNEDDS) for oral delivery of Zedoary essential oil: formulation and bioavailability studies[J]. *Int J Pharm.* 2010, 383(1-2):170-177.
- [16] AZEEM A, KHAN ZI, AQIL M, et al. Microemulsions as a surrogate carrier for dermal drug delivery[J]. *Drug Dev Ind Pharm.* 2009, 35(5):525-547
- [17] 陈兴波. CTAB微乳液相图及其应用[D]. 苏州大学, 2014.
- [18] 田建文, 张小林, 赵磊, 等. 复配乳化剂制备乳化柴油的研究[J]. 南昌大学学报 (工科版), 2005, 027(002): 77-79.
- [19] MONICA R. P. Rao,1 Shital Aghav, et al. Determination of required HLB of Capryol 90[J]. *J. Dispersion Sci. Technol.* 2014, 35: 161-167.
- [20] 谭贤勇, 王兴林. 化妆品微乳化技术及其研究进展[J]. 精细与专用化学品, 2014(2): 4.
- [21] ADNAN, AZEEM, IQBAL Z, et al. Microemulsions as a surrogate carrier for dermal drug delivery[J]. *Drug Dev Ind Pharm.* 2009, 35(5):525-547.
- [22] 井小莲, 孟庆络, 曾一文, 等. OP-10 拟三元体系微乳区域相图研究 [J]. 材料化学前沿, 2020, 8(3): 43-54.
- [23] 杨宝. 非离子表面活性剂OP-10形成的微乳液的超增溶性能研究 [D]. 山东师范大学, 2011.

## Preparation and Evaluation of Azelaic Acid Microemulsion Based on Pseudo Ternary Phase Diagram

GUO Tiantian, XIE Xiaodong, ZHANG Luyan, SHI Liang  
Shanxi Zhendong Pharmaceutical Co., Ltd, Shanxi Changzhi, 047100, China

**Abstract:** Objective: To prepare stable azelaic acid( AzA) anti-acne microemulsion(ME). Methods: Through the distribution of different surfactants, with the aid of pseudo ternary phase diagram screening of azelaic acid microemulsion area, and three azelaic acid microemulsion systems were selected for particle size, physical and chemical properties, stability and trial evaluation. Results: The particle sizes of three azelaic acid microemulsions were screened out to be  $1247.6\pm13.29$  nm,  $381.85\pm0.92$  nm and  $520.8\pm16.97$  nm. The preparation process of a new formulation of AzA microemulsions is feasible and its quality could be stable. There were no significant differences in appearance, particle size and PDI. And results suggested that the optimal ME exhibited a prominent therapeutic effect, without any irritant response. Conclusion: In this study, the microemulsion region of AzA was screened out, and 6% azelaic acid microemulsion was successfully prepared. As a topical carrier for AzA, the development and optimization of a microemulsion (ME) Nano carrier system could improve its therapeutic efficacy..

**Keywords:** azelaic acid; microemulsion; pseudo-ternary phase diagram; stability



## 全新硬表面微生物清洁方案

郭静妍 伍举 黄文琪 高楠

诺维信（中国）投资有限公司，北京，100085

**摘要：**微生物与人类拥有密不可分的关系，人类在几百年前就开始利用微生物。随着科技的发展，人类在不断拓展对于微生物的应用。介绍了有益微生物在家居硬表面清洁领域的先锋应用，简述了微生物清洁技术的原理、优势及应用。

**关键词：**微生物；微生物清洁；硬表面清洁

**中图分类号：**TQ649   **文献标识码：**A   **文章编号：**1672-2701(2023)01-76-03

微生物是难以用肉眼直接观察到的微小生物总称，包括细菌、真菌、放线菌、原生动物、藻类等有细胞结构的微生物，以及病毒、支原体、衣原体等无完整细胞结构的生物。微生物无处不在，且相互紧密结合，是生态环境稳定和人类健康的重要保障。人类在微生物上的探索已超过百年，越来越多的研究表明了微生物在人类生产和生活中的重要作用。近些年，基于有益微生物清洁的技术正成为“绿色清洁”中的

---

作者简介：郭静妍，本科，高级科学家，主要研究方向为家居护理产品的开发。Email: jggu@novozymes.com。

先锋产品，被应用于家居环境硬表面清洁中。作为传统化学溶剂的补充或替代品，可以在减少刺激性化学品使用的同时提供深度、持久清洁，有效控制异味以及帮助建立健康微环境<sup>[1]</sup>。

### 1 微生物清洁技术简介

#### 1.1 常见的微生物清洁技术中使用的菌种

目前在清洁剂中使用的有细菌和酵母菌，并且细菌更为常见<sup>[2]</sup>。在众多的微生物清洁制剂中，芽孢杆菌是一类最为流行的菌种，它们来源广泛。芽孢杆菌可以形成内生孢子（图1），在孢子状态下

可以抵御外界的不利环境，也正是因为芽孢杆菌的这个特点，它们更容易被添加到洗涤剂及表面清洁剂配方中，进而在配方中存活下来。当芽孢杆菌遇到合适的生长环境，会开始萌发为杆状（图2），进而分解有机污渍。微生物清洁技术的配方中通常包含多重菌株，来满足针对不同污渍底物的清洁作用，如对油脂、淀粉及蛋白质等常见污渍底物的分解。另外，对于用于表面清洁的微生物菌株，需要进行严格的微生物风险评估，确认对人类和环境都无不利影响。

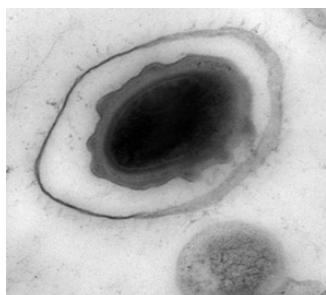


图1 芽孢杆菌的孢子状态



图2 芽孢杆菌的杆状状态

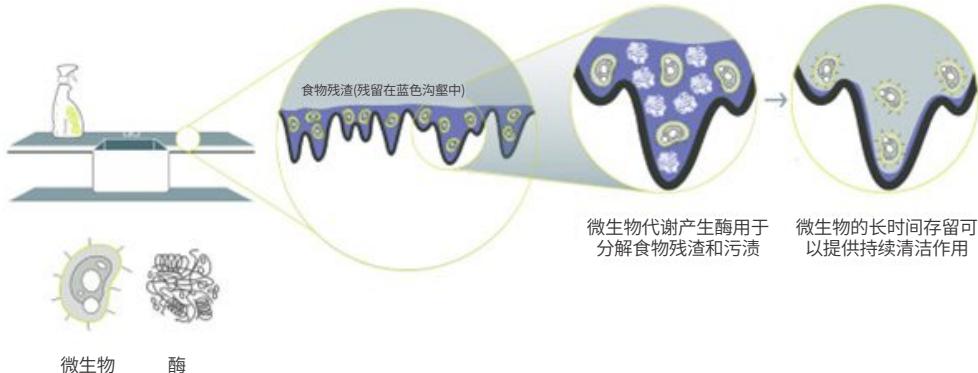


图3 微生物清洁技术示意图

## 1.2 微生物清洁技术原理

细菌的生长需要营养源，通常为碳源、氮源、水分与无机盐，存在于家居环境硬表面的有机污渍恰恰可以被细菌利用。以芽孢杆菌为例，孢子跟随表面清洁剂配方的喷洒和擦拭附着在家居表面，当这些表面存在有机污渍，芽孢杆菌会利用这些有机物萌发和生长，萌发后进入活跃的芽孢杆菌状态会分泌多重酶，作用于污渍底物，将污渍底物分解。例如蛋白质酶分解蛋白污渍，脂肪酶分解油脂。微生物制剂中也包含多重细菌，力求达到最佳配比以产生多元酶，有效分解污渍。因为酶的存在，大分子污渍会被分解成小分子，更容易被清除。微生物也因为自身微小的特点，更容易存活在家居硬表面的细小缝隙和沟壑，以及容易藏污纳垢的死角区域，持续作用于污渍达到长效清洁的作用。图3为微生物作用于硬表面清洁的示意图。

## 1.3 微生物清洁技术优势

传统清洁剂通常依靠化学试剂加以机械力去除家居硬表面的污渍。由于家居硬表面缝隙、沟壑及死角区域的存在，留存在这些区域的污渍和食物残渣仍然难以清理。微生物清洁产品中所富含的微生物恰恰可以留存深入这些区域，随着微生物的萌发和生长持续不断地分解污渍以到达深度和持久清洁的效果。伴随污渍的清洁，可以有效控制由残留食

物产生的异味。越来越多的研究表明，微生物清洁技术中使用的有益微生物可以帮助平衡家居表面的菌群环境，提供健康保护。

## 2 微生物清洁市场洞察

虽然微生物清洁剂是一个相对较新的产品概念，但是在过去的两年，全球家清市场含有微生物的硬表面清洁剂的比例上升了3倍。根据Mintel数据库显示，2020—2021年共有45支微生物清洁剂产品上市，主要集中在欧洲及北美地区（两地占比72%），目前亚太地区产品相对较少。随着新冠疫情的影响，亚太地区消费者对于清洁剂的健康及安全的属性需求显著增强，根据诺维信公司市场调研，消费者接受相关普及后，75%的受访者对微生物清洁有了良好的认知并有强烈购买意愿，主要购买原因是可以享受其“长效清洁”的作用，受访者最愿意使用含有微生物清洁的场景是厨房和卫生间。

## 3 微生物清洁技术在家居硬表面的应用示例

芽孢杆菌复合菌株清洁液产品中富含多种芽孢杆菌致力于产生多元酶，满足厨房常见污渍的需求。图4展示的是含有芽孢杆菌复合菌株清洁液与

对照组对于蛋黄污渍的清洁效果对比，用于模拟残留在不锈钢水槽沟壑中的食物残渣。

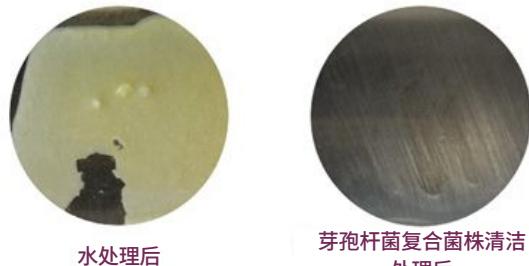


图4 蛋黄污渍去除效果对比

## 4 小结

伴随科技发展的脚步，人类正在不断地拓展对于微生物领域的认知以及重新审视我们与这种存活于地球几十亿年的生命体的密不可分的关系，随之而来的是不断拓展微生物在不同领域的应用。我们也希望借助微生物这种强大的自然力量为我们的美好生活赋能。

## 参考文献

- [1] D'ACCOLTI M, SOFFRITTI I, BINI F, et al. Pathogen control in the built environment: a probiotic-based system as a remedy for the spread of antibiotic resistance[J]. Microorganisms, 2022, 10(2): 225.
- [2] OECD. Biosafety and the environmental uses of micro-organisms : conference proceedings[EB/OL]. 2015. [https://www.oecd-ilibrary.org/environment/biosafety-and-the-environmental-uses-of-micro-organisms\\_9789264213562-en](https://www.oecd-ilibrary.org/environment/biosafety-and-the-environmental-uses-of-micro-organisms_9789264213562-en)

# Microbial-based Cleaning Solution for Hard Surface Cleaning

GUO Jingyan, WU Ju, HUANG Wenqi, GAO Nan  
Novozymes (China) Investment Co. Ltd., Beijing 100085, China

**Abstract:** Microorganisms and humans have an inseparable relationship, and humans began to use microorganisms hundred of years ago. With the development of science and technology, human beings are constantly expanding the application of microorganisms. This article introduces the pioneering application of beneficial microorganisms in the field of household hard surface cleaning, and briefly describes the principles, advantages and applications of microbial cleaning technology.

**Keywords:** microorganisms; microbial cleaning; hard surface cleaning

# 《中国洗涤用品工业》杂志稿约

## 1 《中国洗涤用品工业》杂志简介

《中国洗涤用品工业》杂志创刊于1984年，是中国洗涤用品工业协会的会刊。杂志经科技部和国家新闻出版总署批准出版，国内外公开发行，目前为月刊。其中，单月刊报道工业与公共设施清洁，双月刊报道个人与家居清洁护理。经过创刊30多年来的不懈努力，《中国洗涤用品工业》已发展成为向行业内外全面展示中国洗涤用品工业发展状况的权威媒体，分别被美国化学文摘（CA）、《中国知网》和《万方数据·数字化期刊群》收录，并在中国知识资源总库和中国核心期刊（遴选）数据库全文上网。

本刊主要栏目有：行业报道、综述、科技创新、研究与应用、技术与市场、政策法规、消费者教育。

本刊致力于宣传国家有关行业发展政策，密切关注洗涤用品行业及相关行业的技术进展，追踪行业发展的热点问题和焦点问题并提供深度分析，反映整个行业的发展方向，反映企业和企业家的声音。同时，介绍会员企业最新生产情况和经营管理经验，为会员之间的信息沟通和技术交流服务。《中国洗涤用品工业》与行业共同成长、共同发展，在中国日化行业特别是洗涤用品行业内外具有很高的影响力。此外，本刊也报道洗涤用品消费的科普知识，引导消费者安全、合理地使用洗涤用品。

## 2 《中国洗涤用品工业》投稿须知

### 2.1 稿件内文顺序

稿件的组成部分和排列顺序为：中文题名、作者署名、作者单位、摘要（100~300字）和关键词；中图分类号和文献标识码；正文；参考文献；英文摘要（英文题名、英文作者署名、英文作者单

位、英文摘要、英文关键词）。

### 2.2 题名

题名一般不超过20个汉字，必要时可加副题名。题名应避免使用缩写词、字符、代号、标点符号。英文题名一般不宜超过10个实词。

### 2.3 作者署名

包括作者姓名、工作单位、所在省市名称及邮政编码，不同单位的作者应在姓名右上角及工作单位前用阿拉伯数字标明。外国作者的姓名应遵从国际惯例。英文的作者署名应与中文的一一对应。

### 2.4 摘要

包括研究的目的、方法、结果和结论，宜用“介绍了……、探讨了……、对……进行了……、结果表明……”等表述方式，而不用“本文、本作者”等第一人称。摘要以100~300个汉字为宜。英文摘要与中文摘要要文意一致，一般不宜超过250个实词。

### 2.5 关键词

关键词对文献索引和检索起着重要作用，应选取能反映文章主题内容的词或词组，一般选3~5个关键词，每个关键词间以“；”分隔，最后一个关键词后不加标点符号。英文关键词与中文关键词要一致。

### 2.6 中图分类号

在中文关键词的下方，按《中国图书分类法》给出本篇文章的“中图分类号：”。

### 2.7 基金项目

获得基金资助产出的文章，要有基金项目名称，并在圆括号内注明该项目批准文号。如：基金项目：国家自然科学基金资助项目（29373110）；“九五”国家科技攻关项目（96-553-03-02）。

## 2.8 正文

正文的标题应控制在三级或四级以内；一级标题按1、2、3…排序，二级标题按1.1、1.2…、2.1、2.2…排序，三级标题按1.1.1、1.1.2…排序，依此类推，前言不排序。正文总字数一般不超过6000字，最多不超过8000字（包括图、表）；图表均应编排序号。图、表及正文中的字母变量均用斜体表示。文中应使用国家标准法定计量单位。

## 2.9 参考文献

采用顺序编码制著录。文献作者3名以内全部列出；4名以上列前3名，后加等；姓名之间用“，”分隔。著录格式如下：

- a. 专著 [序号] 作者.书名[M].出版地：出版者，出版年：起止页码。
- b. 期刊 [序号] 作者.文题名 [J].刊名，年，卷(期)：起止页码。
- c. 论文集 [序号] 作者. 文题名[C]// 责任者.论文集名. 出版地：出版者，出版年：起止页码。
- d. 专利 [序号] 专利所有者.题名：专利国别，专利号 [P]. 公告日期或公开日期[引用日期].获取和访问路径。
- e. 学位论文 [序号] 作者.题名[D].保存地：保存单位，年份：起止页码。
- f. 技术标准 [序号] 主要责任者.标准代号 标准顺序号—发布年 标准名称 [S]. 出版地：出版者，出版年：起止页码。

## 2.10 对表的要求

(1) 表应以易于理解的方式提供信息，每张表在正文中都应明确提及，如“表1给出”或“见表1”等。

(2) 表应从1开始的阿拉伯数字编号，该编号应独立于章和任何图的编号。

如果只有一张表，则应标明“表1”。

(3) 每张表都应有表题，表题应放在表的上面，居中排。

(4) 按国标和国内科技编辑界的作法，表格统一采用三线表。

(5) 表要随文排，先见文字后见表。

## 2.11 对图的要求

(1) 论文对每幅图在正文中都应明确提及。

(2) 图应该用从1开始的阿拉伯数字编号，该编号应独立于文章和任何表的编号，如只有一幅图，则应标明“图1”。

(3) 每幅图都应有图题，图题应放在图的下面居中排。图序与图题间空一字符，如果有分图应在每一幅分图的正下方标注分图图序a、b、c……。如图1a、图1b。

## 2.12 联系方式

电话：(010) 65262961-8002 张丽莉

(010) 65262961-8013 吕秀媛

E-mail: linda@ccia-cleaning.org

claralv@ccia-cleaning.org

本刊所发表的论文均属作者观点，编辑部对来稿有修改权。来稿文责自负，文章、图片所涉侵犯他人版权和其他权利，本刊恕不承担任何连带责任。论文一经刊登，版权归《中国洗涤用品工业》杂志社所有，未经版权所有人书面许可不得以任何形式转载或复制。作者著作权使用费已与本刊稿酬一次性给付，本刊可以授权有关合作单位使用。作者向本刊提交文章发表的行为即视为同意我社上述声明。如有异议，请来稿说明，本刊将做适当处理。来稿请尽量使用电子邮件，请写清第一作者的姓名、单位、职称、邮编、地址、电话等联系方式。来稿时请注明投稿《中国洗涤用品工业》，欢迎提出宝贵意见和建议。

欢迎赐稿！谢谢合作！

# 天然的 低泡沫 性能



## NatraSense™ LF8

**NatraSense LF8** 是一款100%来源天然的泡沫抑制剂，容许配方师在应用像烷基聚葡萄糖苷一类高泡沫多功能表面活性剂的时候，既实现其洗涤功能，又能兼顾到具低泡要求的配方应用。

**NatraSense LF8** 能减少水在多种厨房表面上的接触角，例如：玻璃、陶瓷、不锈钢和塑料，从而达致更快的干燥。

**Eurofins**公司所进行的独立自动洗碗机测试结果显示，**NatraSense LF8** 的性能与提炼自传统石化类的低泡烷氧基产品的性能相同。作为一款冲洗助剂，它减少残留和油膜，令餐具展露闪亮光泽。

禾大中国  
网址：[www.homecare.crodadirect.com](http://www.homecare.crodadirect.com)  
上海：86 21 2315 9399 北京：86 10 6486 2705  
广州：86 20 8502 9599 香港：852 2559 3856

Innovation you can build on™

### 特性 / 益处

- 出众的泡沫控制
- 优良的冲洗特性
- 100%天然来源

### 建议应用

- 自动洗碗机洗涤
- 低泡沫硬表面清洗
- 家居和工业用清洗



**CRODA**

重庆市化工研究院有限公司成立于1958年，是国家最早定点从事天然气化工技术研发与精细化工新技术、新产品研发的科研机构和中间试验基地，长期从事特殊功能单体及聚合物的开发和生产。

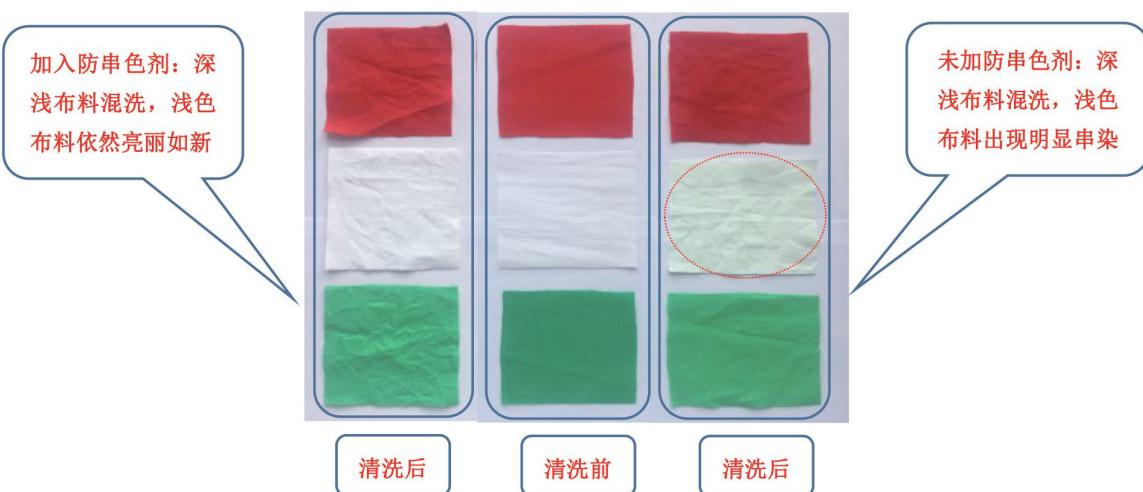
## 洗涤用品专用功能添加剂——染料转移抑制剂

染料转移抑制剂（又名防串色剂），是一种多元芳香族特殊聚合单体共聚物，可与衣物表面上的色素形成络合物，使衣物上的染料不易溶入水中，达到固色作用；又能吸附水中游离的各种活性染料离子和部分有害物如螨虫等，从而防止深色衣物与浅色衣物之间的串色。

该产品有固体和液体两种形式，水溶性、分散性、助溶性、助流性良好，和其他表面活性剂相容性好，使用方便。

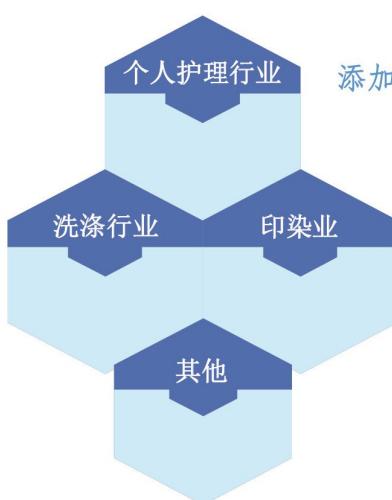


## 产品防串色应用对比实验



## 产品应用领域

添加到各种洗衣粉、洗衣液、洗衣凝珠、重垢洗涤剂中，起固色、防串色、防污染作用



添加到洗发水中，起固色作用

用于染整废水处理，降低废水处理难度



## 异味、重污垢、杀菌、防腐蚀 赢创工业与公共设施清洁解决方案

在工业与公共设施清洁领域，赢创通过其不断开拓的领先精神，针对中国本地市场特点，特别研制出一系列创新的绿色表面活性剂，它们帮助您高效完成每一次的清洗过程，生物可降解材料的使用更能实现您对环境保护的承诺和消费者的安全诉求。

TEGO<sup>®</sup> Sorb系列对于气味的超高捕捉能力使得各种异味无处遁迹，REWOCID<sup>®</sup>对于环境中各种细菌及霉菌均有高效的杀灭作用，而TEGOTENS<sup>®</sup>和REWOQUAT<sup>®</sup>能满足对各种极端条件下的高效清洗要求。

赢创特种化学(上海)有限公司  
家居护理事业部  
中国上海莘庄工业区春东路55号  
201108

欲了解更多信息，请直接联系我们  
电话 +86 21 6119-3748  
[www.evonik.com/household-care](http://www.evonik.com/household-care)

赢创。创新原动力。





## 德国AB酶

专业酶制剂研发制造及应用推广  
匠心经营 百年德企

高品质洗涤剂酶  
增强洗涤效能  
降低碳排放



## 全系列洗涤剂酶 **BIOTOUCH®**

甘露聚糖酶  
**BIOTOUCH® M9**

- 分解甘露聚糖，去除增稠剂基污渍
- 卓越去污性能，抗污渍再沉积
- 稳定性优异，兼容各种配方，耐受高温条件

英联酶制剂贸易(上海)有限公司

地址：上海市长宁路1189号长宁来福士广场T2座2802室  
电话：+86 21 60676888  
传真：+86 21 60676884  
网站：[www.abenzymes.com/cn/](http://www.abenzymes.com/cn/)  
邮箱：[abechina@abenzymes.com](mailto:abechina@abenzymes.com)

