

# 日化洗涤剂绿色化原料选择

程岭, 石荣莹

(上海和黄白猫有限公司, 上海, 200231)

DOI:10.61369/CDCST.2025040020

**摘 要:** 为了助力双碳目标的达成, 日化洗涤剂行业应遵循绿色价值链的开发理念, 产品以原料绿色化、剂型浓缩化为开发趋势, 开发更多高天然来源指数和高天然度的产品, 更关注洗涤剂的环境毒理学、人体安全性、环境相容性研究, 选择介绍部分环境友好、易生物降解、或者更有利于产品绿色化的原料, 为今后开发更符合低碳要求的日化洗涤剂产品提供帮助。

**关 键 词:** 低碳; 绿色价值链; 浓缩化; 天然来源指数; 洗涤剂



程岭

**作者简介:** 程岭, 博士, 主要从事日化洗涤剂基础研究工作。E-mail: ling.cheng@whitecat.com。

2020年9月22日, 习近平主席在第七十五届联合国大会一般性辩论上的讲话中郑重宣布: “中国将提高国家自主贡献力度, 采取更加有力的政策和措施, 二氧化碳排放力争于2030年前达到峰值, 努力争取2060年前实现碳中和。”为了助力实现碳达峰、碳中和目标, 日化洗涤剂行业应在产品开发过程中遵循绿色价值链的开发理念, 开发高效、健康、安全、环境友好的日化用品。所谓的绿色价值链其实是基于传统价值链的基础之上, 在企业的价值创造过程中就关注加入绿色元素, 在技术创新、品牌和产品集成升级上下功夫, 将绿色、健康发展作为其发展的主要战略<sup>[1]</sup>。日化洗涤行业应打通绿色价值链的关键环节, 积极承担社会责任, 引领行业绿色低碳发展, 引导和提升绿色消费影响力。

近年来, 中国日化洗涤行业未来的发展基调是以液体化、浓缩化和绿色安全为主, 液体洗涤市场份额持续稳定增长, 浓缩化率逐步提高, 生物技术、生物产品的行业应用进一步扩大, 使得单位质量洗涤剂产品化学物质用量开始减少<sup>[2]</sup>。《洗涤剂天然来源指数的评估导则》和《日用化学品中天然度(生物基含量)检测》等团体标准的建立说明了洗涤剂行业对于产品天然化的重视。研发具有可持续性的尤其是高天然来源指数和天然度的绿色原料成为日化洗涤的研发目标, 越来越多的洗涤企业加入绿色价值链的构建, 关注绿色化产品的技术创新、包装创新, 逐渐实现原料、配方、技术、制造、产品上下游等绿色全产业链, 从而在洗涤行业掀起一场“绿色革命”, 落实国家环保战略, 推动中国日化行业向绿色健康方向发展。

对于日化洗涤剂产品而言绿色化涵盖了原料, 生产过程, 运输包装等各个方面。天然来源指数和天然度是判断

产品使用的原料绿色化程度的一个指标, T/CHINA 038-2024《洗涤剂天然来源指数的评估导则》于2025年9月9日实施, T/CHINA 039-2024《日用化学品中天然度(生物基含量)检测》于2024年11月10日实施, 天然指数认证评估的是产品中天然分子分子量所占比重, 天然度认证衡量的是产品中生物基的比例, 越高代表样品从可再生资源得到的现代有机碳占总的有机碳含量越高, 可以通过该指数判断样品中碳来源有多少是化石制品来源的, 天然度越高化石来源的碳占比越小, 需要注意的是, 天然指数低或者天然度低的产品和原料并不一定就是难以生物降解的和环境不友好的。对于消费者而言, 天然来源指数和天然度指数是目前最便于理解和最易辨识度的标识, 高分产品更易获得消费者的青睐; 生产方面的绿色化要求主要是节能减排, 减少对环境 and 操作人员的影响, 2025年7月1日已经实施了QB/T 8061-2024《肥皂制造业绿色工厂评价要求》、QB/T 8062-2024《洗涤剂制造业绿色工厂评价要求》和QB/T 8063-2024《表面活性剂制造业绿色工厂评价要求》等绿色工厂标准, 为日化领域绿色产业升级提供了技术支撑; 包装的绿色化要求材料对人体健康无害、对生态环境有良好保护作用、可回收再用和能降解的包装材料, 可分为可回收处理再造的材料, 可自然风化回归自然的材料和可回收焚烧、不污染大气且可能再生的材料3类, 以上都是绿色产业价值链的组成部分。

洗涤剂的绿色化是要求用绿色的原料, 绿色的生产过程, 即通过“绿色设计”“绿色技术”来生产对人体无害、环境友好的绿色洗涤剂<sup>[3]</sup>。浓缩化洗涤剂由于具有较高的活性物含量, 不仅去污效果好, 同时可以节约运输成本, 减少污染, 是洗涤剂产品发展的主要方向。近年来, 随着

国家对塑料污染的重视与进一步加强管控,塑料包装瓶消耗高的问题仍然是普通浓缩液体洗涤剂一大挑战,而活性物含量超过45%,甚至达到70%以上的超浓缩液体洗涤剂可以减少50%以上的塑料消耗,降低对环境的影响,符合节能环保的发展方向<sup>[4]</sup>。目前,美国、日本的液体洗涤剂浓缩化率已经接近99%,欧洲的浓缩化率已经超过80%<sup>[5]</sup>,相比而言我国还有较大的差距。

在洗涤用品中,绿色化探索和实践以表面活性剂和功能性活性物、螯合剂、增稠剂、代磷助剂这四大类原料为主。浓缩型洗涤用品主要由表面活性剂和洗涤助剂组成,由于表面活性剂含量远高于普通洗涤剂,因此绿色表面活性剂的应用是保证产品绿色化的重中之重。

## 1. 表面活性剂

AES(脂肪醇聚氧乙烯醚硫酸钠)、LAS(烷基苯磺酸)等原料是洗涤剂用品行业中最常用的原料之一,但是AES生产过程中可能产生致癌物二噁烷,可能会对人体健康造成影响;LAS的生产过程中会产生10%~30%的副产物(包括2-烷基苯、二烷基苯、二苯烷烃),虽然可生物降解,但降解能力比AOS、MES差,对眼睛刺激性高于AOS<sup>[6]</sup>。随着环保意识以及检测手段的发展进步,传统的表面活性剂和功能成分原料受到越来越多的质疑。所以越来越多的研究和关注都聚焦在更加符合安全要求和环保标准的原料,并已反映到洗涤剂的产品开发与生产实践中。同时随着团体标准T/CHINA 038-2024《洗涤剂天然来源指数的评估导则》和T/CHINA 039-2024《日用化学品中天然度(生物基含量)检测》的实施,天然来源指数和天然度的认证已经受到生产商更多的重视,除了开发新型绿色表面活性剂还有通过改变原料来源以提高传统表面活性剂的天然来源指数,比如Croda公司100%生物基ECO系列,其使用的环氧乙烷由100%生物乙醇制得,该系列的脂肪醇聚氧乙烯醚-7和脂肪醇聚氧乙烯醚-9天然来源指数可达到100%,而传统脂肪醇聚氧乙烯醚-7和脂肪醇聚氧乙烯醚-9的天然来源指数是0%。生物表面活性剂是目前最具代表性的绿色表面活性剂之一,具有很高的天然来源指数。其他高天然来源指数的新型绿色表面活性剂还有有烷基糖苷(APG)、氨基酸类表面活性剂、十二烷基葡萄糖苷羟丙基磺酸钠等,而脂肪酸甲酯磺酸钠(MES)、醇醚羧酸盐(AEC)、改性油脂乙氧基化物磺酸盐(SNS-80)、改性油脂

乙氧基化物(SOE-N-60)、脂肪酸甲酯乙氧基化物(FMEE)等表面活性剂虽然天然来源指数不高,但是同样是易生物降解、安全温和、环境友好的绿色表面活性剂。

考虑到消费者对于天然概念的青睐,优先选择天然来源指数更高的表面活性剂用于绿色化洗涤剂产品的开发中,比如生物表面活性剂、APG、氨基酸表面活性剂、十二烷基葡萄糖苷羟丙基磺酸钠等,以此提高产品总体的天然来源指数。

### 1.1 生物表面活性剂

生物表面活性剂主要是指植物油脂和糖类在适宜条件下经微生物发酵产生的一类天然表面活性物质,是由微生物产生的具有表面活性的次生代谢物,常见的生物表面活性剂包括槐糖脂、鼠李糖脂、海藻糖脂、脂肽<sup>[7]</sup>等。生物表面活性剂具有良好的生物相容性、生物降解性高、毒性低、作用特异性强、抗菌活性高以及在极端条件下具有良好的表面活性等优点。

鼠李糖脂是目前研究最广泛的生物表面活性剂,它主要由铜绿假单胞菌经发酵而产生<sup>[8]</sup>,属于糖脂类表面活性剂。其天然来源指数为100%,具有多种功能特性,作为乳化剂、抗菌剂、发泡剂和润湿剂被广泛地应用于生物修复、医疗、农业、食品、日化等工业领域。

槐糖脂是另一类重要的生物表面活性剂,同样属于糖脂类表面活性剂,天然来源指数为100%。由于其具有低毒性及良好的乳化、分散、增溶等特性且产量相对较高等优势,被广泛应用于食品、化妆品、洗涤剂等行业。

从产品泡沫角度评价:作为主要表面活性剂使用时,槐糖脂(酸式及内酯式)适合用于低泡型清洁类产品的配方中,鼠李糖脂可用于高泡型清洁类产品。作为辅助表面活性剂,糖脂类表面活性剂可提升椰油酰氨基丙酸钠泡沫高度的稳定性,或提高其泡沫的细密程度,为消费者提供更加细腻的泡沫和愉悦的使用感,可以根据实际需求应用于不同类型的清洁类产品中<sup>[9]</sup>。

### 1.2 APG

APG烷基糖苷作为一种天然绿色环保型表面活性剂,由葡萄糖和脂肪醇制成,玉米和土豆淀粉作为葡萄糖来源,椰子油和棕榈油则是脂肪醇的来源,其天然来源指数为100%,具有可快速和完全生物降解,安全无毒,无刺激性,极佳的配伍性,优良的增溶性,降低其他表面活性剂带来的刺激,提高液体产品的低温稳定性的优点。已经被广泛用于包括洗衣液、餐具洗洁精、果蔬洗涤剂、厨具、

地板、玻璃清洁剂等在内的高档、绿色家居清洁护理用品,是绿色浓缩配方中必不可少的原料<sup>[10]</sup>。

### 1.3 氨基酸类表面活性剂

氨基酸类表面活性剂是一类相当温和、刺激性较小、低毒性、水溶性良好、易生物降解的表面活性剂,具有良好的润湿性、起泡性、耐硬水性、抗菌抗蚀性、抗静电等能力,目前已广泛用于化妆品、饮料、个人护理清洗剂、食品、医疗卫生、浮选矿物和农药调配等行业中。

阳离子型氨基酸表面活性剂、阴离子型氨基酸表面活性剂、两性离子型氨基酸表面活性剂和非离子型氨基酸表面活性剂的区别在于自身结构的不同以及溶于水时不同的离子类型。其中 N-脂肪酰基氨基酸及其盐类是主要表面活性剂种类,其 pH 值为接近中性略呈酸性,接近人体皮肤的 pH 值,低毒无刺激,因此作为个人护理洗涤用品及日用化妆品的原料来使用,效果十分良好。如月桂酰谷氨酸钠,月桂酰丙氨酸钠等表面活性剂的天然来源指数为 100%,可被广泛应用于各种液体、牙膏、面膜、膏霜类洗面奶、皮肤护理品、洗涤类用品,洗发、沐浴露及各种香皂等日化产品中,尤其适用于儿童的安全洗涤卫生用品以及瓜果、蛋白质类纤维、餐具洗涤剂<sup>[11]</sup>。

### 1.4 十二烷基葡萄糖苷羟丙基磺酸钠

十二烷基葡萄糖苷羟丙基磺酸钠是一种基于玉米和椰子可再生资源的表面活性剂,其天然来源指数为 83.5%。可应用于沐浴露、洗发水、洗面奶、婴儿用品等产品中,相较于传统的阴离子表面活性剂如十二烷基硫酸钠、十二烷基醚硫酸钠和  $\alpha$ -烯基磺酸盐等,其刺激性低,非常温和。

## 2. 螯合剂

传统的螯合剂包括 NTA(次氨基三乙酸)、EDTA(乙二胺四乙酸)、DTPA(二乙烯三胺五乙酸)、STPP(三聚磷酸钠)等品种,这些原料在使用中存在一定的安全隐患或环保风险。如 NTA 就存在潜在的致癌性,而 STPP 更是由于生物降解性差,会加剧封闭水域(部分河流、湖泊)的富营养化效应引发无磷化浪潮。近年来也涌现出不少更符合安全与环保要求的螯合剂,如柠檬酸盐、葡萄糖酸盐、氨基多羧酸型螯合剂<sup>[12]</sup>。从天然来源指数方面评估,EDTA、DTPA 是 0%,柠檬酸钠、葡萄糖酸钠是 100%;从螯合能力评估,谷氨酸二乙酸四钠(GLDA)和甲基甘氨酸二乙酸三

钠(MGDA)要优于柠檬酸钠和葡萄糖酸钠<sup>[13]</sup>,因此开发产品时需要平衡天然来源指数和使用性能。

### 2.1 GLDA

GLDA 作为一种新型绿色螯合剂,天然来源指数为 66.9%,具备“易生物降解”的特性,在 OECD No.301 规定的密封瓶降解试验中,14 天时的生物降解率超过 60%,28 天时的生物降解率超过 80%,大大减少了对环境的影响<sup>[14]</sup>。同时 GLDA 还能与防腐剂协同作用提高对真菌的灭杀功效,可减少防腐剂的添加量<sup>[15]</sup>。

### 2.2 MGDA

MGDA 是一种基于甘氨酸的氨基酸类螯合剂,兼具螯合能力强和效率高(低分子量)的特性,优越的毒理学安全特性以及生物易降解性使其成为新一代可持续发展清洗方案中的完美助剂<sup>[16]</sup>,在自助洗碗机清洁剂中 MGDA 可有效去除油脂与污渍之间的“钙键”;在家用衣物洗涤剂中,MGDA 的强效螯合能力能增强洗净能力,并提高配方稳定性<sup>[17]</sup>。

## 3. 代磷助剂

三聚磷酸钠(STPP)是早期洗衣粉中广泛应用的洗涤助剂,由于会造成水中磷的存在,在封闭水体中会造成富营养化效应。因此被许多国家以立法和行业规范的形式来限制使用。因此代磷助剂的研究与应用也是日化洗涤剂用品行业的一个重要开发方向。目前主要分为:钠类无机代磷洗涤助剂,硅类无机代磷洗涤助剂,沸石类助剂和有机类助剂四大类。其中硅类无机代磷洗涤助剂和沸石类洗涤助剂都有天然来源指数 100% 的原料可供选择。

### 3.1 钠类无机代磷洗涤助剂

过碳酸钠(SPC)是钠类无机代磷洗涤助剂的代表,具有很强的漂白洗涤能力,溶解度,漂白性能要好于过硼酸钠,也不存在臭味,使有色织物褪色等缺点,特别适合作为无磷洗衣粉的原料,产品去污力强且对环境无污染。国外洗衣粉中 SPC 已占 20% 以上,非常有发展潜力<sup>[18]</sup>。

### 3.2 硅类无机代磷洗涤助剂

代表为  $\delta$ -层状硅酸钠,其是层状结晶二硅酸钠产品中的助洗效果最高,天然来源指数为 100%,能溶于水,吸附钙、镁离子后不形成沉淀,有很强的吸附性能,同时可以作为载体,在洗涤时缓慢释放表面活性剂,从而更高效使用表面活性剂,节约 20% 活性成分,并且主要成分是



硅, 无毒无污染, 排放物也完全符合生态环保的要求, 适合生产无磷浓缩洗涤剂。

### 3.3 沸石类助剂

作为目前比较成功的研究范例, 4A沸石是如今很多国家的低磷、无磷洗衣粉使用的助剂。天然来源指数为100%, 其对钙离子的交换能力大于STPP, 还能与不溶性污垢发生共沉淀作用, 有助于去污。并且其组成与泥土相似, 对于环境无污染。但沸石不具有水溶性, 对钙、镁离子交换速度慢, 不能单独替代STPP, 与层状结晶二硅酸钠相比, 4A沸石更适合于普通无磷洗衣粉<sup>[19]</sup>。

### 3.4 有机类助剂

聚天冬氨酸(PASP)是近年来研究较多的高分子化合物之一, 具有无毒, 生物降解性良好, 缓蚀, 阻垢性能特点, 其良好的螯合性和不可多得的生物降解性使其成为取代STPP的首选助剂之一<sup>[20]</sup>。

## 4. 增稠剂

烷醇酰胺类、丙烯酸类以及含聚氧乙烯醚类增稠剂, 甚至无机盐仍然是我国现阶段比较常用的增稠剂, 使用非常普遍。这几类助剂的应用存在很大的安全风险, 或者在应用中存在功能欠缺。比如, 脂肪酸二乙醇酰胺(6501)中含有游离胺, 存在被氧化后形成潜在致癌物的风险<sup>[21]</sup>; 聚氧乙烯醚类的增稠剂也有潜在致癌的风险; 丙烯酸单体可以对人体神经造成破坏; 一部分无机盐的生物降解性较差。在洗涤剂的绿色化进程中, 这些原料将会被逐步淘汰, 取而代之的是安全性更高、复配性好、增稠效率高、安全、温和、低刺激、生物降解性高且受温度、pH值的影响小的助剂, 目前主要有聚甘油酯类(包括甘油多羟基异构脂肪酸酯和十聚甘油单油酸酯等)、椰油酸酯单乙醇酰胺、PPG-2羟乙基椰油酰胺、脂肪酸甘油酯等原料, 还有一些天然来源指数高的增稠剂受到了更多的关注, 如羧甲基纤维素钠(天然来源指数88.1%), 黄原胶(天然来源指数100%)等。

## 5. 消泡剂

除了以上四大类原料外, 泡沫也会对于产品的绿色化造成影响, 低泡、易漂洗性能可以降低人工的劳动强度, 减少水电消耗, 也是产品绿色化的一种体现。对于洗衣机

洗涤而言, 泡沫的存在会减小洗涤时的机械摩擦力, 而且由于泡沫的表面张力作用, 洗衣机转速降低, 耗电量增加10%~20%, 并且冲洗过程耗水量更大<sup>[22]</sup>。因此除了选择绿色低泡的表面活性剂之外, 还可以使用一些消泡剂进行泡沫控制, 尤其是在浓缩型洗涤剂中, 低泡性质更能提高产品的绿色化程度。洗涤剂产品中常用的消泡剂有有机硅类和聚醚类消泡剂, 其天然来源指数都很低, 因此为了提高产品整体的天然来源指数, 开发用量更高效以及生物可降解性更高的消泡剂是重要方向, 目前已有烷基糖苷消泡剂生物降解度达到92.3%, 消泡率达到98.8%<sup>[23]</sup>。

## 6. 结语

随着科学技术的不断发展会有越来越多的符合“绿色化”标准要求的原料出现, 在日化洗涤剂用品的开发过程中实现全绿色化的难度也会逐渐降低, 而随着关于洗涤产品天然来源指数和天然度的团体标准的实施, 消费者可以更直观的判断产品的天然成分含量以及对于化石燃料的使用程度, 更便于选择绿色天然的洗涤产品。目前表面活性剂、螯合剂、增稠剂和代磷助剂已经有不少符合绿色化要求并且天然来源指数高的原料, 更多的研究也在进行中, 浓缩化产品中重要的原料消泡剂, 开发更高效消泡剂是未来的发展趋势。未来的洗涤剂产品除了对于去污力等传统性能的考量, 还应加强对洗涤剂的环境毒理学、人体安全性、环境相容性研究, 选用无公害原料, 采用无污染工艺, 开发出更多更好的产品, 在产品全周期中满足绿色发展价值链的要求。

### 参考文献

- [1] 陈诗一, 许璐. “双碳”目标下全球绿色价值链发展的路径研究[J]. 北京大学学报(哲学社会科学版), 2022, 59(02): 5-12.
- [2] 李雪彬, 李英. 浓缩型洗涤剂的发展现状和趋势[J]. 中国洗涤用品工业, 2015, 8: 29-33.
- [3] 徐宝财, 马立萌. 洗涤剂绿色化学进展[C]//2005(第五届)中国日用化学工业研讨会. [2025-09-23].
- [4] 王泽云, 王杰. 超浓缩液体洗涤剂的绿色化创新路径[J]. 日用化学品科学, 2020, 12(43): 12-14.
- [5] 汪敏燕. 守初心 担使命 找差距 加快行业绿色协调发展[J]. 中国洗涤用品工业, 2020, 2: 21-27.
- [6] 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.

- [7]VARJANI S J,UPASANI V N.Critical review on biosurfactant analysis, purification and characterization using rhamnolipid as a model biosurfactant[J].Bioresource Technology,2017(232):389-397.
- [8]KAMALJEET K,SEKHON R,PATTANATHU K.Rhamnolipid biosurfactant—past, present, and future scenario of global market[J].Frontiers in Microbiology,2014,5:454.
- [9]张怡,黄天祚,袁旻嘉.糖脂类生物表面活性剂的泡沫性能[J].香料香精化妆品,2024,4:12-17.
- [10]李泉清,张辉.液体洗涤剂的绿色浓缩化[C]//第36届(2016)中国洗涤用品行业年会.[2025-09-23].
- [11]钱慧超.氨基酸类表面活性剂的工艺研发与应用性能研究[D].上海:华东理工大学,2012
- [12]李仲华,李建波,王伟芬.洗涤用品中绿色功能性助剂的发展浅析[J].中国洗涤用品工业,2013,4:74-76.
- [13]李晓芳,周伟,杨立威,等.离子色谱法同时分析洗涤剂中9种螯合剂[J].分析测试学报,2023,6(42):699-706.
- [14]陈叶享.更绿色和持续性螯合剂 GLDA 及其应用之道[J].新技术新产品,2011,3(10):65-68.

- [15]陈逢喜, Martin Heus.螯合剂的绿色化进展与趋势[J].中国洗涤用品工业,2010,2:36-38.
- [16]Dr. Rainer Dobrawa.MGDA 满足可持续清洗方案的创新选择[J].中国洗涤用品工业,2014,7:48-51
- [17]陈叶享.绿色螯合剂谷氨酸二乙酸四钠和 N, N-二羧甲基丙氨酸三钠盐的相对安全性与其应用[J].中国洗涤用品工业,2017,5:40-44.
- [18]张少华,李广战,赵秀芳.无机代磷洗涤助剂的发展[J].世界有色金属,2005(增刊):155-158.
- [19]潘旭辉,宋六九.2008 年洗涤助剂市场及其发展趋势[M].第28届中国洗涤用品行业年会论文集,2008:120-123.
- [20]孟飞.合成洗涤剂代磷助剂的发展与应用[J].滁州职业技术学院学报,2008,4:62-64.
- [21]杜业刚,林少彬,朱英.化妆品中亚硝胺的研究[J].卫生研究,2004,33(5):379-380.
- [22]刘伊婷.专家解读浓缩洗衣粉质量要点[J].质量探索,2009,8: 62.
- [23]李月文,宗红亮,张丽君,等.烷基糖苷消泡剂的合成与研究[J].化学推进剂与高分子材料,2024.5(22):58-60.

## Selection of Green Raw Materials for Daily Chemical Detergents

Cheng Ling, Shi Rong-ying

(Shanghai Hutchison Whitecat Company Limited, Shanghai, 200231)

**Abstract :** To contribute to the achievement of the "dual carbon" goals, the daily chemical detergent industry should adhere to the development concept of the green value chain. For products, the development trends should focus on the greening of raw materials and the concentration of formulations. Greater attention should be paid to products with high Natural Degree and Natural Origin Index and research on the environmental toxicology, human safety, and environmental compatibility of detergents. Additionally, it is necessary to select and introduce some raw materials that are environmentally friendly, readily biodegradable, or more conducive to the greening of products. This will provide support for the future development of daily chemical detergent products that better meet the low-carbon requirements.

**Keywords :** low-carbon; green value chain; concentration; natural origin index; detergent

