

# 洁净呵护、系统协作、环境友好

## ——洗护产品未来发展展望

尹琴<sup>1,2</sup>

(1. 联合利华中国有限公司(上海)分公司, 上海, 200335;

2. 联合利华零碳再生创新中心, 江苏盐城, 224100)

DOI:10.61369/CDCST.2025040021

**摘 要:** 洗涤剂行业对人民生活质量至关重要, 中国2024年合成洗涤剂产能超1150万吨, 随着洗护对象纤维面料由天然面料向合成面料的转变、及洗护方式的变革, 洗涤剂技术有了长足进步。未来5年随着面料创新、场景细分及洗护设备升级带来的产品需求变化, 及公众环保意识提升, 人工智能为洗护产品的发展带来加速度, AI设计以提高产品洗护效率、细分护理功能, 并绿色低碳, 引领行业可持续发展。

**关 键 词:** 洗护产品; 洁净高效; 洗涤系统解决方案; 绿色低碳; 环境友好; 智能洗护设备

**作者简介:** 尹琴, 博士, 现就职于联合利华中国有限公司(上海)分公司, 联合利华零碳再生创新中心, 主要从事日用化学品新技术研发工作。E-mail: lizzy.yin@unilever.com。



尹琴

洗涤剂行业在人民生活和社会发展中扮演着至关重要的角色, 已成为人类生活必需品。洗涤剂行业的发展极大地改善了全球人民的卫生条件和生活质量, 直接关系到个人健康、家庭清洁和公共卫生。同时, 洗涤剂行业还对全球经济贡献显著, 据报道, 2024年全球洗涤剂市场规模就已突破1200亿美元, 直接关联化工、包装、物流及零售等多个产业链。同时, 洗涤行业的技术进步, 也在推动人类社会的可持续发展。无论是从经济价值还是社会意义来看, 洗涤剂行业都深刻影响着现代生活, 成为推动社会进步的重要力量。

### 1. 洗涤产品的发展演变

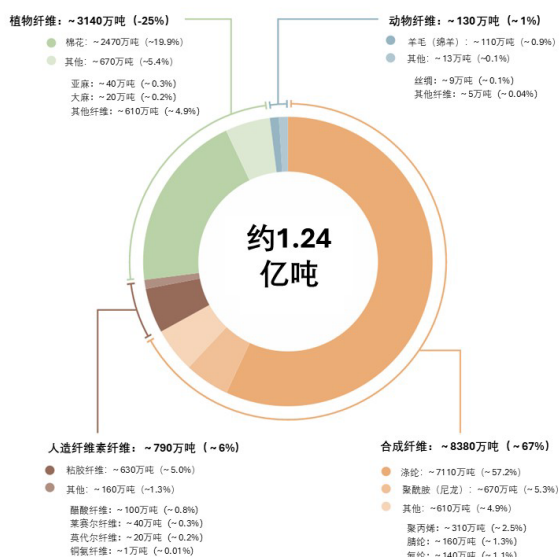
在中国洗涤剂工业经历了从无到有、由弱到强的历程。1959年上海永星肥皂厂投产首款洗衣粉“工农牌”, 标志着工业化生产的开端<sup>[1]</sup>。随着中国社会的发展, 洗涤剂工业也在改革开放后进入高速扩张期, 产量持续攀升。据国家统计局数据, 中国合成洗涤剂产量已连续十余年稳定在高位, 2024年全国产能超1150万吨<sup>[2]</sup>。伴随着中国整体经济的发展和技术的进步, 目前洗涤剂产品的市场百花齐放, 提供丰富多样的产品供人民群众选择。不仅涵盖衣物洗涤剂、衣物柔顺剂、餐具洗洁精等核心品类, 更围绕精准需求延伸出多元选择——衣物洗护产品中, 既有不

同形态的产品, 如洗衣液、洗衣皂、洗衣粉、洗衣凝珠、衣物柔顺剂、衣物留香珠、洗衣片、皂粉、皂液、爆炸盐等, 也有针对棉麻、丝绸、羽绒服、内衣、运动衣物等不同材质的专用产品, 餐具洗洁产品也区分了洗洁精、洗碗块、洗碗凝珠、洗碗粉等, 更有适配重油污、多用途的洗涤产品, 如清洁膏、多用途喷雾等等。

### 2. 洗护对象的变化趋势

洗护产品的发展, 正是因为洗护对象, 特别是衣物布料的变化带来的多样化需求而发展。近十年来, 随着纺织行业的发展, 衣物纤维的材质也有着显著的变化。化学纤维主导地位持续强化, 据 Textile Exchange 2024年 Material Market Report 统计, 合成及再生纤维产品已占到了全球纤维产能的70%以上, 如图1所示<sup>[3]</sup>。根据中国化纤协会统计, 2024年全年, 中国化纤产量为7475万吨, 同比增长8.8%。其中, 涤纶长丝和氨纶产量同比分别增长10%左右, 锦纶产量同比增长6.3%, 粘胶短纤产量同比增长5.8%, 莱赛尔纤维等绿色再生纤维迅速发展, 产量同比增幅达27.4%。100%天然纤维不再主导衣物面料构成<sup>[4]</sup>。这也为洗护产品提出了新需求。比如, 天然纤维的洗护过程中, 皱褶、缩水、护色等需求更强烈, 而合成纤维的洗护需求, 变形、静电等问题更为常见。

2023年全球纤维产量  
(以万吨和全球纤维产量百分比计)



来源: Textile Exchange, 基于CIRFS, FAO, ICAC, IVC, WTO, Mait Research及其自身建模的数据。  
注: 本图包括再生纤维。其他动物纤维包括羊驼、安哥拉兔、骆驼、羊绒、美羊、羊驼、马海毛、骆马、牦牛等。其他植物纤维包括黄麻、椰壳纤维、剑麻、亚麻、洋麻、木棉和龙舌兰、皮革、羽绒和橡胶未被计入, 因为它们被视为非纤维材料。

图1 2023年全球纤维产量<sup>[4]</sup>

### 3. 洗护方式的变革焕新

伴随社会发展, 消费者洗涤方式发生显著改变, 其演变与相关家电, 特别是洗护家电, 如洗衣机的技术进步深度绑定, 以机洗的主流化及洗护产品的自动投放为例。

#### 3.1 从“手洗”到“机洗”

根据中国统计年鉴, 2000年中国城镇居民家庭平均每百户洗衣机拥有量已达90.52%<sup>[5]</sup>, 洗衣机走进中国千家万户。然而节水节电需求及对“手洗更洁净”的认知惯性, 手洗仍在洗涤场景中占据着一定地位, 特别在广大农村居民家庭中每百户洗衣机拥有量仍在28.58%<sup>[6]</sup>。21世纪以来, 随着洗衣机的技术迭代、规模增长及整体生活水平的提高, 到2019年, 城镇居民家庭平均每百户洗衣机拥有量已接近100%<sup>[7]</sup>, 农村居民家庭中每百户洗衣机拥有量也已超过90%<sup>[8]</sup>, 机洗成为了主流。

#### 3.2 从“手投”到“自投”

伴随着机洗成为主流, 对洗护产品的使用过程也产生了影响。最直接的便是投放方式的改变。从2010年小天鹅率先在中国洗衣机行业推出了自动投放洗涤剂洗衣机以来<sup>[9]</sup>, “自动投放”功能(即洗涤剂/柔顺剂精准投放系统)已逐步成为当前新品机型的主流配置。自动投放改变了洗护产品的使用方式, 消费者将一定量洗护产品加入设备储罐后, 多次洗涤过程中自动投放, 为洗护产品的使用

带来了便利。

### 4. 洗护技术的进步

洗护技术的深入研发, 也为洗护产品的迭代提供了强大的动力。以洗涤的核心功能清洁为例, 从传统表面活性剂, 清洗助剂, 如石油化工行业来源的合成表面活性剂, 如十二烷基苯磺酸钠, 含磷助剂, 如三聚磷酸钠的大量使用, 到植物基表面活性剂, 如烷基糖苷<sup>[10]</sup>, 氨基酸表面活性剂<sup>[11]</sup>; 从仅表面活性剂组成, 到表面活性剂、生物酶、多功能聚合物等有效成分的复配, 洗护产品本身的洗净力有了长足的提升。

### 5. 公众环保意识的提升

近年来, 全球消费者对洗涤产品的环保属性关注度显著提升, 这一趋势受到环境保护理念普及、法规政策强化以及社交媒体传播的共同驱动。传统洗涤剂因含磷助剂和不可降解表面活性剂, 长期以来被认为是水体富营养化和微塑料污染的重要来源。随着公众对生态风险认知的加深, 绿色洗涤产品逐渐成为市场增长的核心动力。调研数据显示, 超过60%的消费者在购买洗涤产品时会考虑其环保性能, 尤其是年轻群体, 他们更倾向选择标注“天然”“植物基”等环保宣称的产品。伴随着近年来, 中国双碳目标带来对低碳、零碳公众认识的深入, 消费者对绿色环保产品的需求逐步提升。

### 6. 洗护产品的核心发展方向与趋势

在此基础上, 未来5年洗护产品的核心发展方向与趋势如何?

随着洗护需求、洗护方式和洗护技术发展的三重驱动下, 笔者认为, 未来5年洗涤行业的核心发展方向与趋势指向“从功能满足到体验赋能”的深层转型。

#### 6.1 未来需求及场景推动协作创新

未来需求创新, 不仅体现在面料材质上, 更多特殊场景, 如母婴衣物, 贴身内衣; 特殊面料, 如汉服、香云纱, 宋锦; 及功能性面料<sup>[12]</sup>, 阻水透气户外面料、防紫外线面料、纳米纤维混纺抑菌留香面料等等, 这些新出现的场景、面料带来的的创新性需求一定会推动洗护产品的精

准创新。

另一方面，洗衣机自身的洁净技术也呈现出“百花齐放”的升级态势。各大制造商纷纷在物理结构、水质调控与水处理技术等多个维度展开技术革新，推动洗衣机从传统的机械清洗向智能化、精细化、绿色化方向演进<sup>[13,14]</sup>。

在物理清洗机制方面，现代洗衣机广泛引入了多样化的水流控制技术。例如，美的洗衣机的水流控制技术以泉涌水流防缠绕为核心，结合智能水位调节（如水魔方、模糊控制）辅以程序化水流路径管理（INTIME、喷淋循环）等对洗涤过程中的水流进行精细化控制。三星推出的 AI Ecobubble 洗衣机采用“泡泡净”技术，通过将空气、水与洗涤剂充分融合，生成丰富细腻的泡沫，在低温条件下也能实现深层洁净<sup>[15]</sup>。小天鹅“超微净泡洗”技术，通过生成更多的气泡，利用气泡破裂过程时产生的冲击力来带走污渍，达到更好的洗净效果<sup>[16]</sup>。海尔的“精华洗”功能，通过速溶预混生成3倍浓度的“精华液”，再通过“精华直喷”的方式将洗衣液直接渗透衣物纤维<sup>[16]</sup>。这些都为洗涤过程机洗过程与洗涤剂之间的相互协作提供了更多的组合及可能性。

在水质调控方面，针对中国地域广阔、水质差异显著的问题，部分厂商在洗衣机水路系统中集成了在线软化装置。该装置通过离子交换树脂或电化学方式去除水中的钙镁离子，从而降低水的硬度，提升洗涤剂的活性与溶解度。更进一步的探索集中在“水的活性化”处理上。电解水技术作为近年来的研究热点，已开始应用于高端洗衣机中。该技术通过电解装置将普通自来水分解为富含强氧化性自由基的水溶液，以实现助力去污、杀菌与混洗护色等，如美的“蓝氧护色洗”技术<sup>[17]</sup>，松下纳诺怡<sup>[18]</sup>等。

与此同时，“次净衣”护理——即针对无明显污渍但需进行除味、除尘、舒展或抗菌处理的衣物——已逐渐发展成为家庭洗护领域的一个重要细分场景，并产生了对应高端设备，如高端洗护一体机、衣物护理柜等。该趋势反映出消费者在衣物护理方面日益提升的精细化和健康化需求，并驱动相关家电产品在功能与设计上的创新迭代。从技术层面看，针对“次净衣”场景的护理机器解决方案主要包括蒸汽护理、低温烘干及智能清风净化技术等。这类护理模式能够在不同于传统设备水洗的条件下，实现祛味、减少褶皱及蓬松材质的功能。

这些洗护设备端的进一步发展，也必将推动洗护产品与洗衣方式，如洗衣机、护理柜等协作创新，必将推动更多适用于自动投料、与特殊洗涤方式协同增效的洗护产品。

## 6.2 AI加速产品创新

未来洗护需求与洗护场景对洗护产品提出了新协作需求，那洗护产品本身随着研发及创新范式的发展，也将利用这些研发技术，例如人工智能 AI，来加速产品的创新。

### 6.2.1 提高产品分子效率——更高效

随着洗涤技术的持续进步，特别是 AI 辅助对洗涤剂分子效率的深入研究和优化，洗涤剂配方中功能性分子的效率将显著提升，传统表面活性剂的占比将逐渐下降，取而代之的是高效能功能助剂、新型复合酶体系、生物基聚合物及新型环保表面活性剂的引入，以实现更强的去污、护色、除菌及衣物护理效果。不仅可以减少洗涤剂的使用量，降低环境负担，还能提升洗涤效果，满足现代社会对清洁和环保的双重需求。

例如洗涤酶作为生物催化剂，在洗涤产品的使用中逐步增加。在洗涤过程中，洗涤酶可以有效分解污垢中的蛋白质、脂肪和淀粉等大分子物质，靶向降解污渍，实现“低化学剂量-高去污效能”的范式转移。通过基因工程和蛋白质工程手段，可以定向改造酶的结构，提高其活性、稳定性和耐受性，使其在较低温度和 pH 条件下也能发挥高效的洗涤作用<sup>[19]</sup>。例如：一次研究中，额外添加 0.3% 的 5 种不同复合酶的洗涤剂体系，其洗净力与额外添加 5.1% 表面活性剂体系相当<sup>[20]</sup>。

聚合物也是一类在洗涤产品中的高效分子，主要体现在增强清洁效果、稳定泡沫、抗再沉积以及改善洗涤剂的流变性等方面。例如聚合物可以与表面活性剂协同作用，提高对各种污垢的去除效率。例如，聚合物能够分散和乳化污垢颗粒，防止其重新聚集。聚合物通过吸附在污垢颗粒表面，形成一层保护层，阻止颗粒间的相互作用，从而保持污垢分散状态，有利于表面活性剂将其从洗涤体系中移除。抗再沉积聚合物可以阻止污垢再沉积，减少洗涤过程中，从织物表面脱落的污垢重新沉积到织物上导致的洗涤效果下降。例如，聚乙烯吡咯烷酮（PVP）是一种常用的抗再沉积聚合物，它具有良好的分散和悬浮性能。PVP 可以吸附到污垢颗粒表面，阻止其聚集和沉积，从而提高



洗涤效果<sup>[21]</sup>。

同时表面活性剂是洗涤剂的核心成分，其分子结构直接影响洗涤效果。随着 AI 大模型的发展，高效表面活性剂的分子设计，成为新型表面活性剂研究的一个热点。传统的表面活性剂设计依赖于实验和经验，耗时且成本较高。AI，特别是机器学习（ML）和深度学习（DL），能够通过学习大量的实验数据和分子模拟结果，建立表面活性剂分子结构与性能之间的定量关系模型。这些模型可以预测表面活性剂的关键性质，如临界胶束浓度（CMC）、表面张力、润湿性等，并突破现有化学分子结构库限制，探索未被发现的分子构型，例如通过调整亲水/疏水基团的比例、引入分支链或构建双子结构（Gemini Surfactant）等，从而指导新型表面活性剂的理性设计<sup>[22]</sup>。这些 AI 模型结合多尺度模拟（如分子动力学与机器学习），来实现对表面活性剂吸附能、胶束形态及界面扩散系数的精准预测。例如，联合利华在 2025 年世界人工智能大会上宣布建立的织物护理有效成分 AI 模型<sup>[23]</sup>。此类进展在可遇见的未来不仅可以加速了新型表面活性剂的研发周期，更推动了功能导向型分子设计范式的革新，为高分子效率的洗护功效分子开发提供关键技术支撑。

### 6.2.2 实现更多功能——更多效

正如前文所述，随着消费者对洗涤产品的需求的多元化发展，传统的清洁功能已无法满足市场需要，柔顺、抗菌、温和、低敏、护衣等附加功效成为重要的购买决策因素。这一消费范式的转型驱动洗涤行业向配方创新与技术升级持续发展，功能性成分已成为产品研发的核心方向。

以联合利华为例，在洗衣液、衣物柔顺剂等产品中，分别引入了不同护理技术。例如，在奥妙香氛洗衣液中，采用植物香氛精油，加上源自椰子油的 Cotton-SPA 护衣成分，在洗涤过程中维持纤维原有结构，降低氢键错配导致的褶皱风险。保持衣物色彩鲜丽，柔软护型。在金纺型色专护系列中，首次使用 Pro-Care 护衣技术，这些技术利用特定护理成分在纤维表面提供润滑和保护作用，起到护型，护色，抗皱等多重功效，体现了技术迭代与市场需求的精准匹配<sup>[24]</sup>。另一方面，生物酶技术也在通过在洗涤过程中的多种方式实现更多功效，例如纤维素酶精准剪断纤维间微小结团（如棉絮球），减少衣物洗涤过程中的缠结

等<sup>[25]</sup>。

交叉学科的发展也在为洗涤产品带来更多的机会。伴随着微生物组学科的发展，织物上微生物组的研究也会多效洗涤产品提供了可能的技术路径。例如，通过螯合剂实现织物上的微生物组的抑制，实现抑菌、除异味等功能<sup>[26]</sup>。也期待对微生物组的深入研究，可以找到平衡并优化织物上微生物组成的功效成分或益生菌<sup>[27]</sup>，伴随着洗涤过程沉积到织物表面，实现对人类更长效、更天然的长效健康保护。

### 6.2.3 绿色低碳环保——更环境友好

随着全球可持续发展理念的深化，中国双碳目标推动的社会认知进步，消费者对环保产品的需求也日益增加，洗涤行业企业如联合利华、宝洁、立白等都在可持续发展上制定了目标。例如联合利华目标在 2039 年实现全价值链净零排放<sup>[28]</sup>；立白也推出了愿景 2050 净零立白行动方案，制定了 2050 价值链净零排放的目标<sup>[29]</sup>。

以全球环境信息研究中心（CDP）、世界资源研究所（WRI）、世界自然基金会（WWF）和联合国全球契约组织（UNGC）发起的科学碳目标倡议组织（Science Based Targets initiative, SBTi）对企业全价值链“净零排放”的定义为例<sup>[30]</sup>。全价值链净零排放指企业通过深度减排和碳移除措施，使其整个价值链（包括直接运营、能源采购及上下游活动）的温室气体排放量与从大气中移除的温室气体量达到平衡，从而对气候系统产生“净零影响”的状态。这要求企业将温室气体排放量降至与全球温升限制在 1.5℃ 以内的路径相一致的水平，并对剩余排放进行永久性碳抵消。这对洗护产品的开发也提出了明确且更严格的环保要求。

基于这一目标，牛津大学对洗护行业产品的碳足迹分析指出，洗护产品中原料（例如表面活性剂）带入的碳排放约占产品生命周期排放的三分之二，是产品碳足迹的最主要的组成部分。这是因为洗护产品的原料（例如表面活性剂）主要来源于石油化工行业，原料本身的骨架碳大量来自于地下的化石燃料。洗护产品在使用后随洗涤过程用水进入境后，经微生物降解，释放出大量二氧化碳。全球洗护产品碳足迹约占全球化工与石化行业全生命周期碳足迹的 10%，总量达 2.2 亿吨二氧化碳。这就对洗护产品设计

提出了更高要求,要实现净零排放目标,需要用地表以上可再生及再生碳来替换石化来源的碳,来降低洗护产品碳足迹<sup>[31]</sup>。对洗护产品功效成分骨架碳的溯源,未来的洗护产品的碳将主要来自于生物基碳、海洋来源的碳以及含碳气体直接捕捉利用来获得。例如联合利华在第52个世界地球日推出的全球市场第一款使用碳捕捉技术制备表面活性剂的清洁产品——奥妙“空气”洗衣凝珠,便是一次开创性的尝试<sup>[32]</sup>。

同时,生物基表面活性剂等新技术在未来洗护产品开发中越来越受到关注。相较于石化来源的合成表面活性剂,生物基表面活性剂,在环境友好性和更多功效,特别是温和低敏及健康安全方面表现出显著优势<sup>[33,34]</sup>。

生物基表面活性剂是来源于可再生资源(如植物、动物或微生物)的表面活性分子。根据来源和化学结构,生物基表面活性剂主要分为植物基表面活性剂和生物生物表面活性剂(Biosurfactant)两大类<sup>[35]</sup>。植物基表面活性剂通常由天然植物油脂、糖类化合物、等植物提取物经现代化工流程规模化生产而成,如油脂乙氧基化物、烷基糖苷APG、皂苷等。生物表面活性剂(Biosurfactant)通常是由微生物经发酵过程产生的表面活性化合物<sup>[27,36]</sup>,包括糖脂类(Glycolipids),如鼠李糖脂(Rhamnolipids)<sup>[37]</sup>、槐糖脂(Sophorolipids)<sup>[38]</sup>、海藻糖脂(Trehalolipids)<sup>[39]</sup>和甘露糖赤藓糖醇脂(Mannosylerythritol lipids, MELs)<sup>[40]</sup>等,脂肽类(Lipopeptides),如由枯草芽孢杆菌(Bacillus subtilis)产生的表面活性素(Surfactin)<sup>[41]</sup>等。

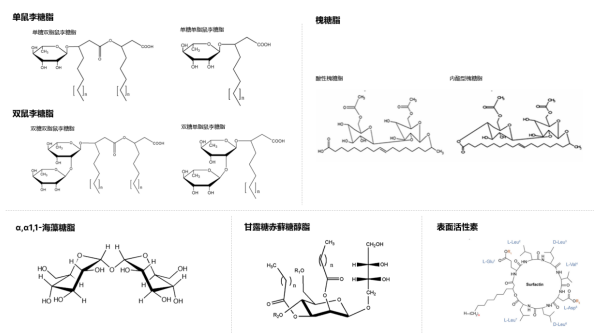


图2典型的生物表面活性剂结构<sup>[37-41]</sup>

这些生物基表面活性剂由于其可再生碳来源,通常全生命周期“从摇篮到坟墓”碳足迹评价下,更具净零排放的潜力,更为环境友好。目前已产业化的应用实践及科学研究也证实,生物基表面活性剂通常具有优异的生物相容性和低细胞毒性,能够减少对皮肤和眼睛的刺激,除了基本的清洁、起泡和乳化功能外,许多生物基表面活性剂还

具有额外的生物活性,如抗菌、温和护色等<sup>[42]</sup>。尽管目前部分生物基表面活性剂仍存在着产率较低,规模化分离复杂等挑战<sup>[34]</sup>,随着生物技术和绿色化学的发展,新的生产工艺和分离纯化技术不断涌现,有望降低生产成本并提高性能,我们相信生物基表面活性剂在未来的多功能洗护产品中具有广阔前景。



图3未来洗护生态协同发展

综上所述,笔者认为,在未来洗护产品的发展中,“洁净呵护、系统协作、环境友好”将成为核心驱动力与发展方向。洗涤行业的未来发展不再是单一产品的迭代,而是产品、设备与面料技术的系统协作。只有实现三者的同步创新,才能真正满足消费者对洁净、呵护与环保的多重诉求,推动行业迈向智能、高效、绿色的新纪元。

## 参考文献

- [1] 王万绪. 中国合成洗涤剂工业60年 [M]. 山西人民出版社, 2019.
- [2] 国家统计局2024年度数据, 2024.
- [3] Exchange T. Materials Market Report [EB/OL]. (2024) [2025-10]. <https://textileexchange.org/knowledge-center/documents/materials-market-report-2023/>.
- [4] 中国化学纤维工业协会. 2024年中国化纤行业运行分析与2025年展望 [EB/OL]. (2025)[2025-10]. <https://www.ccfa.com.cn/19/202503/4558.html>.
- [5] 中国统计年鉴(2001). 城镇居民家庭平均每百户年底耐用消费品拥有量 [EB/OL]. (2001)[2025-10]. <https://data.stats.gov.cn/easyquery.htm?cn=C01&zb=A0A0D&sj=2023>.
- [6] 中国统计年鉴(2001). 农村居民家庭平均每百户年底耐用消费品拥有量 [EB/OL]. (2001)[2025-10]. <https://data.stats.gov.cn/easyquery.htm?cn=C01&zb=A0A0D&sj=2023>.
- [7] 中国统计年鉴(2020). 分地区城镇居民平均每百户年末主要耐用消费品拥有量 [EB/OL]. (2001)[2025-10]. <https://data.stats.gov.cn/easyquery.htm?cn=E0103&zb=A0A08>.
- [8] 中国统计年鉴(2020). 分地区农村居民平均每百户年末主要耐用消费品拥有量 [EB/OL]. (2001)[2025-10]. <https://data.stats.gov.cn/>

easyquery.htm?cn=E0103&zb=A0A08.

[9] 创新为“小天鹅”插上腾飞的翅膀[J]. 企业党建, 2012(1):1.

[10] 王亮, 施冬建, 陈明清. 绿色表面活性剂烷基糖苷的合成与应用[C]. 中国化学会第十七届全国胶体与界面化学学术会议, 2019: 2.

[11] Guo J, Sun L, Zhang F, et al. Review: Progress in synthesis, properties and application of amino acid surfactants[J]. Chemical Physics Letters, 2022, 794: 139499.

[12] Broadhead R, Craeye L, Callewaert C. The Future of Functional Clothing for an Improved Skin and Textile Microbiome Relationship[J]. Microorganisms, 2021, 9(6): 1192.

[13] 秦丽. AWE2025洗衣机产品趋势: 多元创新进化, 解锁家庭洗涤新场景[J]. 电器, 2025(04): 27-29.

[14] 2024中国洗衣机&干衣机行业发展白皮书[J]. 家用电器, 2025(02): 50-61.

[15] Sumsung. Samsung Embraces AI Home Vision with Innovative Home Appliances Creating a Fully Integrated Smart Living Experience[N].

[16] 中国家用电器行业品牌发展报告(2023-2024年)[J]. 家用电器, 2024(12): 16-33.

[17] 资讯中国. 小天鹅原创蓝氧护色洗, 开创洗护新时代[J], 2025.

[18] 松下. 纳诺怡 Nanoe 技术介绍[J].

[19] Al-Ghanayem A A, Joseph B. Current prospective in using cold-active enzymes as eco-friendly detergent additive[J]. Applied Microbiology and Biotechnology, 2020, 104(7): 2871-2882.

[20] 李浩, 高楠. 酶领生物洗涤未来——更清洁、更环保、更可持续的商业发展[J]. 中国洗涤用品工业, 2021(02): 49-55.

[21] Carrión-Fité F J. Prevent redeposition of solid impurities during washing synthetic fabrics[J]. The Journal of The Textile Institute, 2016, 108(6): 1028-1034.

[22] Rai P, Chatrath H. Application of Artificial Intelligence in Chemistry[J]. Green Chemistry & Technology Letters, 2021, 7(2): 18-19.

[23] 美通社. 联合利华重磅发布“AI for Science”创新平台, 开启AI驱动科研新时代[EB/OL]. (2025-07-27)[2025-10]. <https://www.unilever.com.cn/news/press-releases/2025/unilever-launches-the-ai-for-science-innovation-platform/>.

[24] 第44届(2024)中国洗涤用品行业年会专题论坛“低碳洗护, 洁净未来”成功召开[EB/OL]. (2024-09-25)[2025-10]. <http://www.ccia-cleaning.org/zy-exhibition/index.html>.

[25] Murata M, Hoshino E, Yokosuka M, et al. New detergent mechanism with use of novel alkaline cellulose[J]. Journal of the American Oil Chemists' Society, 1991, 68(7): 553-558.

[26] L.S. Santos A, L. Sodre C, S. Valle R, et al. Antimicrobial Action of Chelating Agents: Repercussions on the Microorganism Development, Virulence and Pathogenesis[J]. Current Medicinal Chemistry, 2012, 19(17): 2715-2737.

[27] Nguyen V-M-L, Ndao A, Peterson E C, et al. Bacillus Species:

Evolving Roles in Bio-Based Detergents[J]. Processes, 2025, 13(6): 1885.

[28] Unilever. Climate Transition Action Plan[J], 2024.

[29] 立白科技集团. 愿景2050·净零立白行动方案[EB/OL]. (2024-07-24)[2025-10]. <https://group-web.liby.com.cn/details-newtrends/2523>.

[30] Initiative S B T. SBTi Corporate Net-Zero Standard[M].

[31] Collett K A, Fry, E., Griggs, S., Hepburn, C., Rosetto, G., Schroeder, N., Sen, A., and Williams, C. Cleaning up cleaning: policy and stakeholder interventions to put household formulations on a pathway to net zero[J]. Oxford Smith School Working Paper 23-07, 2023.

[32] 联合利华. 奥妙推出联合利华全球市场首款“碳捕捉”洗衣凝珠, 引领行业可持续发展[EB/OL]. (2021-04-22)[2025-10]. <https://www.unilever.com.cn/news/press-releases/2021/unilever-china-launches-the-worlds-first-carbon-capture-laundry-gel-beads/>

[33] Budhalakoti B, Sharma P, Kothiyal N C. Surfactants in action: chemistry, behavior, and industrial applications[J]. Zeitschrift für Physikalische Chemie, 2025.

[34] Nasser M, Sharma M, Kaur G. Advances in the production of biosurfactants as green ingredients in home and personal care products[J]. Frontiers in Chemistry, 2024: 12.

[35] Romero Vega G, Gallo Stampino P. Bio-Based Surfactants and Biosurfactants: An Overview and Main Characteristics[J]. Molecules, 2025, 30(4): 863.

[36] Moldes A B, Rodríguez-López L, Rincón-Fontán M, et al. Synthetic and Bio-Derived Surfactants Versus Microbial Biosurfactants in the Cosmetic Industry: An Overview[J]. International Journal of Molecular Sciences, 2021, 22(5): 2371.

[37] Wittgens A, Kovacic F, Müller M M, et al. Novel insights into biosynthesis and uptake of rhamnolipids and their precursors[J]. Applied Microbiology and Biotechnology, 2016, 101(7): 2865-2878.

[38] Pal S, Chatterjee N, Das A K, et al. Sophorolipids: A comprehensive review on properties and applications[J]. Advances in Colloid and Interface Science, 2023, 313: 102856.

[39] Elbein A D. New insights on trehalose: a multifunctional molecule[J]. Glycobiology, 2003, 13(4): 27.

[40] Arutchelvi J I, Bhaduri S, Uppara P V, et al. Mannosylerythritol lipids: a review[J]. Journal of Industrial Microbiology & Biotechnology, 2008, 35(12): 1559-1570.

[41] Qin W-Q, Liu Y-F, Gang H-Z, et al. Structural diversity of surfactin lipopeptides and their molecular behaviors in solutions and at interfaces[J]. Advances in Colloid and Interface Science, 2025, 343: 103581.

[42] Karnwal A, Shrivastava S, Al-Tawaha A R M S, et al. Microbial Biosurfactant as an Alternate to Chemical Surfactants for Application in Cosmetics Industries in Personal and Skin Care Products: A Critical Review[J]. BioMed Research International, 2023(1).



# Advanced Clean and Care · Holistic Solutions · Sustainable Innovation -Future Perspectives on Laundry and Fabric Care Product Development

Yin Qin<sup>1,2</sup>

(1.Unilever China Limited, Shanghai Branch, Shanghai, 200335;

2.Unilever Net Zero Carbon Recycling Industry Innovation Hub, Yancheng, Jiangsu, 224100)

**Abstract :** The detergent industry plays a vital role in enhancing human quality of life. In China, the production capacity of synthetic detergents surpassed 11.5 million tons in 2024. As fabrics transition from natural to synthetic materials and evolvement of washing methods, detergent technologies have developed significantly. Over the next five years, the reshaped consumer demand on laundry products, due to the innovations in fabric design, segmentation of usage scenarios, and upgradation in washing equipment, together with the uplift of environmental awareness and the integration of artificial intelligence will accelerate the development of laundry and fabric care solutions. Meanwhile, Artificial Intelligence-driven holistic product design will further optimize its washing efficiency, and enable specialized care solutions, and promote low-carbon practice - positioning the industry at the forefront of sustainable development.

**Keywords :** detergent and fabric care product; high cleansing efficiency; holistic laundry solution; low-carbon development; environmental friendly; smart laundry care devices

