

绿色创新视角下功能性情绪香氛在家清领域中的研究与应用

刘海清, 逯利锐, 刘青飞, 张锦滨, 罗婧, 吴梦婕
(广东铭康香料香精有限公司, 广东潮州, 515700)
DOI:10.61369/CDCST.2025040023

摘 要: 随着消费者对健康家居与情绪调节需求的不断提升, 功能性情绪香氛在家清领域的应用日益广泛, 成为融合神经科学、绿色化学与智能技术的重要创新方向。文章综述了功能性情绪香氛从理论机制到技术实现再到产品应用的完整路径。在理论基础方面, 香气通过嗅觉通路直接作用于边缘系统调节脑电活动与自主神经反应从而影响情绪状态, 且该过程受到个体差异、文化背景与使用情境的显著调节; 此方面研究常结合多模态神经评估方法予以验证。在技术层面, 文章重点分析了绿色香料分子设计、环境友好型缓释技术及智能响应香氛系统实现香气的高效、精准与可持续释放。进一步地, 结合空气清新、清洁消毒与织物护理三大类家清产品的实际案例, 阐明功能性情绪香氛在提升用户体验与实现绿色转型方面的应用潜力。



刘海清

关 键 词: 功能性情绪香氛; 家清领域; 神经科学; 绿色化学; 智能技术

第一作者简介: 刘海清, 工业催化硕士, 分析化学工程师。现就职于广东铭康香精香料有限公司, 任技术中心总经理。从事香料香精及功能性芳香材料的研究以及新材料、新技术在香精领域的应用。实验课题涉及香料追溯、技术标准制定、天然香料功效验证、天然风味物质提取工艺及产业化、生物技术香料研发等。E-mail: liuhaiqing@wincomffcom.cn。

随着现代生活节奏的加快与使用场景的频繁切换, 人们的情绪波动日益显著, 对家居环境中情绪调节功能的需求不断增长。嗅觉作为唯一直接连接大脑边缘系统的感官通道能够快速、潜意识地触发情绪与自主神经反应, 这一神经机制为香氛从传统赋香向科学情绪调节转变提供了理论基础。家清产品(包括空气清新、清洁消毒与织物护理等)因其高频使用和场景覆盖广的特点, 成为功能性情绪香氛的理想载体, 推动该行业从单一清洁效能向“功能—体验—情感”多维价值升级, 通过天然精油、合成香料或其复配体系实现香气与情绪调节的有机结合^[1]。

在此背景下, 本文梳理了功能性情绪香氛的作用机制、技术路径与应用实践, 对推动家清产品向科学化、智能化、绿色化发展具有重要意义。本文首先从神经科学机制入手, 阐述香气通过嗅觉通路作用于边缘系统, 进而调节脑电活动与自主神经反应的核心机制, 并梳理不同香型对情绪状态的特异性影响, 以及个体差异、文化背景和使用情境在其中所起的调节作用; 进而概述绿色香料分子设计、缓释技术及智能香氛系统在实现高效、精准、可持续香气释放方面的最新进展; 最后, 通过家清领域三类典型产品: 空气清新、清洁消毒与织物护理的应用案例, 说明功能性情绪香氛在实际场景中的实现方式与市场潜力从而为该领域的跨学科研发与产业应用提供系统参考和理论支撑。

1. 功能性情绪香氛情绪调节的理论基础与影响因素

1.1 神经科学机制: 嗅觉通路与边缘系统

功能性情绪香氛的情绪调节作用源于神经科学机制。嗅觉刺激通过鼻腔中的嗅觉受体, 将信号直接传递至大脑的边缘系统, 尤其是与情绪处理密切相关的杏仁核和下丘脑^[2-4]。这一通路绕过了高级认知皮层, 从而使气味能够以快速、潜意识的方式触发情绪与生理状态的改变, 具体机制路径如图1所示^[5]。为客观量化这一过程, 研究者采用多种神经成像技术: 脑电图(EEG, Electroencephalography)凭借其高时间分辨率, 被广泛用于捕捉香气诱导的脑电振荡变化; 而事件相关电位(ERP, Event-Related Potential)则可精确解析嗅觉信息加工的时序动力学过程; 功能性磁共振成像(fMRI, functional Magnetic Resonance Imaging)能精准定位香气激活的脑区网络; 便携的功能性近红外光谱(fNIRS, functional Near-Infrared Spectroscopy)则适用于自然情境下的长期监测。基于这些方法的研究表明, 特定香气可引发高度特异的神经生理变化, 例如, 薰衣草和柚子等放松型香气能显著增强 EEG 中的 α 波功率、提高心率变异性中的高频功率, 标志着副交感神经激活与身心放松^[6]; 而薄荷和咖啡等兴奋型香气则

增加 β 波活动, 诱发警觉和亢奋状态。因此, 嗅觉通路通过直接作用于边缘系统的独特神经机制, 奠定了功能性情绪香氛快速调节情绪与生理状态的生物学基础, 使其成为一种有效的非侵入性情绪干预手段。

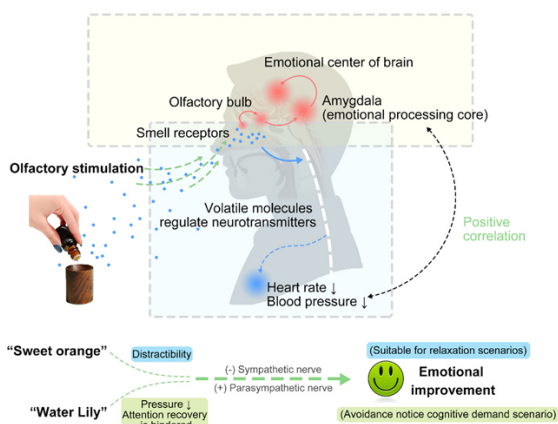


图1 气味调节情绪生理通路的机制示意图^[5]

1.2 生理与心理效应

香味分子通过激活嗅觉通路, 可直接影响中枢神经系统的电生理活动, 其效应体现为脑电图 (EEG) 各频段功率的特征性变化, 包括 Delta (δ 波)、Theta (θ 波)、Alpha (α 波)、Beta (β 波) 及 Gamma (γ 波) 等, 进而调节心理状态 (如情绪、压力、警觉性) 和生理功能 (如心率、血压及睡眠)。研究表明, 不同香气成分可诱发特异性的脑电响应, 从而产生差异化的心理生理效应。例如, 薰衣草香气可增强 δ 与 α 波功率、降低 β 波功率, 有助于促进放松与改善睡眠; 而迷迭香则通过抑制 α 与 β 频段活动, 提高警觉性与认知表现。这些发现不仅印证了芳香疗法在缓解焦虑、改善情绪和增强认知等功能潜力, 也揭示出香气调节机制的复杂性与多样性^[7]。值得注意的是, 香气的调控效果除化学结构外, 还密切依赖于其浓度、暴露时间等参数。例如, Zhao 等在研究柑橘类精油时使用 10 μ L 精油样本、15 秒嗅闻时间, 并于 EEG 分析中锁定 7~10 秒时间窗, 发现浓缩精油虽诱发更强 δ 与 α 波活动, 其主观接受度却低于原始精油, 表明浓度并非越高越好, 而需寻求响应最优区间^[8]; Fang 等则在气味—脑电情绪识别实验中采用 0.1 g 精油量、持续 2min 嗅闻, 并结合 β/α 比率显著提升模型分类性能, 体现出暴露时间与特征提取时段对客观评价的重要性^[9]。因此在研究与实际应用中需结合多模态评估方法, 以全面捕捉香气在潜意识层面带来的快速情绪与生理响应。

1.3 效应调节因素: 个体差异、文化背景与使用情境

香气情绪效应受到个体差异、文化背景及使用情境的共同调节。在个体差异方面, 约 20% 人群属于高嗅觉敏感者^[10], 其对气味刺激常表现出自动的情绪抑制机制, 反映为晚期正电位振幅降低, 以避免情绪过度唤醒^[11]; 性别与年龄亦是重要影响因素, 例如女性对体味、烟味等厌恶气味情绪反应更强, 男性则对部分植物和花香类气味更敏感, 而年龄对气味情感强度的调节机制仍有待深入研究; 文化背景显著影响气味感知, 研究表明新加坡受试者对气味的愉悦度、熟悉度和强度评分普遍低于瑞士和英国受试者, 而榴莲等文化特异性气味在其原产文化环境中引发的厌恶感显著较低^[12]。情境因素如认知任务类型与负荷水平亦会调节情绪反应, 例如高认知负荷任务可抑制普通嗅觉者的情绪激活程度。

主观问卷受限于自我报告与意识访问, 难以有效捕捉香气所引发的快速、潜意识情绪反应。相比之下, 脑电图 (EEG) 与事件相关电位 (ERP) 等神经科学技术能够直接、客观地监测相关的脑活动变化。因此, 构建融合多模态生理指标 (如 EEG、fNIRS) 与行为数据的研究范式, 对于系统揭示香气情绪效应的内在调节机制至关重要。例如铭康公司与上海应用技术大学合作开展的情绪香氛项目研究发现嗅闻特定香氛后枕区 α 波功率显著升高 (如图 2A), 同时前额叶皮层氧合血红蛋白浓度下降 (如图 2B), 从神经生理层面证实其诱发放松状态的效果, 体现了多模态评估方法在香气效应研究中的具体应用价值。

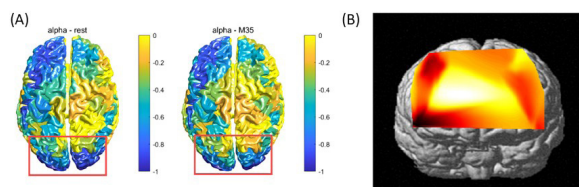


图2 (A) 脑电拓扑图; (B) 血氧激活对比图

2. 功能性情绪香氛的技术构成与创新路径

2.1 绿色香料配方的设计与优化

功能性情绪香氛的研究集中于绿色香料配方的科学设计与系统优化。与传统依赖单一精油或合成香料的方法不同, 现代研究通过深入解析香料分子的情绪调节机制, 实现了多组分协同配比的精准设计。在配方设计层面, 优先

选择源自可再生资源（如植物精油）、具有高生物降解性和低生态毒性的香料分子（如芳樟醇、柠檬烯等）。这些选择基于神经科学研究揭示的“结构—功能”关系,例如,柑橘类精油中的柠檬烯等单萜类成分可通过激活多巴胺通路提升情绪活力,而薰衣草中的芳樟醇则通过调节 γ -氨基丁酸 (Gamma-Aminobutyric Acid, GABA) 能系统产生镇静作用^[13, 14]。在技术创新方面,采用酶催化等生物催化技术实现了温和条件下香气分子的高效合成,显著降低了能耗和副产物产生;同时,超临界 CO_2 萃取等绿色工艺的应用,有效避免了有机溶剂残留,更好地保留了热敏性活性成分^[15]。这推动香料配方在科学性、精准性和环境相容性方面的持续优化,最终实现了通过多通路调节机制精准影响使用者行为、生理与心理状态的目标。

2.2 环境友好型缓控释技术

环境友好型缓控释技术是实现功能性情绪香氛长效释放的关键路径之一,主要包括微胶囊技术与潜香体技术^[16, 17],如图3A所示微胶囊技术通过将香氛成分封装于高分子壁材内部,实现对香气的长效可控释放,显著提升香氛的持久性与稳定性^[18]。目前可生物降解的壁材如壳聚糖、阿拉伯树胶和聚乳酸等,因其来源于天然或可生物降解合成聚合物,在环境中更易降解,符合绿色环保要求^[19]。该技术已广泛应用于家居清洁产品中,例如在洗衣液中添加微胶囊香料,可在衣物穿着过程中经摩擦持续释放香味;或在地板清洁剂中引入微胶囊,清洁后留于地表,通过日常踩踏逐步释放香气,从而维持室内情绪香氛的长期效果^[20]。另一方面,潜香体技术以化学手段将香料分子修饰为难挥发性的香料前体,在光、热、湿度等外界刺激条件下触发分解并释放香气,具备响应精准、释放行为可控的特点。该技术环境相容性高,例如,如图3B所示将其偶联于纤维素材料可制备光控芳香的产品,其中光触发释放量可达黑暗条件下的5倍,展现出优异的光控释放效率。这不仅显著提升了香料在产品中的保留率和化学稳定性,也避免了传统物理吸附方式易挥发、易迁移的缺陷^[21]。该类技术结合绿色合成路径与智能释香机制,为家居清洁产品提供了更可持续、更高效的情绪香氛解决方案,有助于提升产品的功能持久性与用户体验。

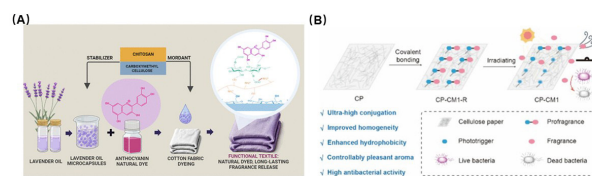


图3 精油微胶囊与潜香体策略^[18, 21]

2.3 智能响应与精准香氛调控系统

随着物联网与人工智能技术的深度融合,功能性情绪香氛系统正逐步实现从静态、统一释放向动态、个性化调控的智能化转型,显著提升了情绪干预的精准性与实效性^[22]。智能香氛调控系统通过多源传感器实时感知环境状态与用户行为,并依据预设的环境—香氛映射策略自动触发相应的香氛释放机制,例如系统可基于温湿度、空气质量及活动状态等传感器数据,智能识别家居场景特征——如在清洁后释放振奋型香氛以提升活力,或在检测到室内高湿度环境时自动启用清新香调以优化环境体验^[23];通过集成脑电图 (EEG) 传感技术实时监测用户睡眠阶段,基于非快速眼动睡眠 (Non-Rapid Eye Movement Sleep, NREM) 和快速眼动睡眠 (Rapid Eye Movement Sleep, REM) 等特定睡眠阶段自动触发香氛释放,实证研究表明该技术使使用者睡眠质量显著改善 ($p=0.003$)、晨间情绪提升 ($p=0.038$)、入睡时间缩短 ($p=0.008$)^[24]。此类系统通常由环境感知、香氛匹配与智能执行三大模块组成,通过协同工作实现从环境识别到香氛调控的闭环响应^[25]。在智能家居场景中不仅显著提升了居家氛围与情绪体验,也为日常环境管理提供了自动化、人性化的解决方案。通过进一步融合环境科学与用户行为分析的研究成果,系统能够针对休息、会客、清洁后焕活等不同家居功能场景,构建科学有效的香氛释放策略,最终实现更加精准、贴合实际需求的情绪与环境支持功能。

3. 家清领域的产品应用与实践案例

3.1 空气清新与环境香氛产品

家庭清洁领域的空气清新与环境香氛产品已从传统单一掩盖异味功能,发展为兼具情绪调节与绿色创新的重要品类;该类产品基于功能性香氛成分与智能调控技术,在改善空气质量的同时精准响应情绪需求,实现物理环境与心理体验的双重提升——研究显示,含樟脑、茉莉及薰衣草等植物提取物的香氛可经 EEG 技术验证有效缓解焦虑并

提升专注力^[26, 27]，而微胶囊缓释与植物精油扩散等绿色工艺显著增强香气持久性与环境兼容性，例如某类采用天然植物精油与微胶囊技术的产品具备72小时长效留香能力，面向睡眠障碍及易焦虑人群推出后于2025年获得积极市场反馈；与此同时，智能香氛设备通过声雾协同等机制推动个性化多感官体验，尽管其智能系统前期研发及生产成本较高，但通过核心元器件规模化采购、开源硬件及设备租赁模式的推广，单位成本正以年均10%~15%的幅度下降，整体上该类产品通过绿色成分、控释技术与智能系统的有机结合，构建出以情绪功能为核心、绿色创新与用户体验深度融合的新型家清产品范式。

3.2 清洁与消毒产品

清洁与消毒产品正从功能性能效、使用体验与情感价值三个维度实现系统性创新，以应对传统清洁剂因化学刺激性气味易引发的用户反感。在绿色创新理念推动下，功能性情绪香氛的引入在确保清洁消毒效果的同时显著提升情绪体验，其中天然精油凭借其亲和气味与抗菌特性有效增强产品的综合效能。例如，T K N Tran 等人开发的含0.2%香茅草精油的地板清洁剂在维持良好清洁性能的同时兼具抗菌性与清新香气，验证了天然成分替代合成香料的可行性，而纯合成香料产品虽具同等去污率，却缺乏附加功能与情感价值^[28]。此外，诸如获得EPA Safer Choice认证的添加薰衣草精油的浴室清洁剂、采用香气增强技术持续释放柑橘与糖香调的洗洁精，以及广泛应用茶树油和薄荷油等兼具抗菌与情绪调节功能的植物精油产品，均实现了“清洁—情绪”双效合一。这类融合舒缓香气与植物基配方的多用途清洁剂，符合绿色创新对成分天然性、功能复合性与用户体验友好性的核心要求。

3.3 织物洗涤与护理产品

织物洗涤与护理产品凭借其与用户的日常密切接触属性，通过天然植物成分与绿色香氛技术实现了从基础清洁到情绪调节的功能拓展。传统产品专注于去污和柔顺，而创新产品则注重在洗衣液、柔顺剂及留香珠中融入情绪性香氛成分，借助衣物穿着时的持久香气释放为用户提供持续情绪支持。例如，含乳香与没药香型的洗衣液通过可生物降解的香氛微胶囊技术实现持久留香，并经研究验证其香气具有缓解焦虑的作用；部分运动服洗涤剂采用檀香油基底模拟新鲜棉布气息，兼顾安全性与情绪愉悦感。在绿色创新方面，该类产品广泛采用植物源性香料和节水型浓缩配方，如生物酶洗衣液使用茉莉、抹茶与香根草天然提取物，减少环境影响的同时强化情绪功能价值。此类产品不仅满足洁净需求，更通过自然香气提升家庭情感联结，

重塑了洗涤护理产品的消费体验与市场定位。

4. 结论与展望

功能性情绪香氛凭借其神经科学基础——即通过嗅觉通路直接调节边缘系统情绪中枢的机制，借助多学科交叉融合下的绿色配方优化、环境友好型缓释技术及智能化精准控释系统，成功实现了在家清产品中的应用升级，满足了现代消费者对个性化、健康化与可持续化的需求；然而，该领域未来发展仍面临科学验证标准化不足、绿色技术成本偏高、智能化深度融合等挑战，亟需通过建立统一功效评价体系、开发低成本绿色工艺、深化智能家居生态系统集成以及完善数据安全规范等路径，推动其从实验室创新走向规模化、产业化应用，最终在家居情绪健康与行业可持续发展中发挥更深远的作用。

参考文献

- [1]Cui J Q, Li M, Wei Y Y, et al. Inhalation aromatherapy via brain-targeted nasal delivery: natural volatiles or essential oils on mood disorders [J]. *Frontiers in pharmacology*, 2022, 13: 860043.
- [2]Lizarraga-Valderrama L R. Effects of essential oils on central nervous system: focus on mental health [J]. *Phytotherapy research*, 2021, 35(2): 657-79.
- [3]Wang Z J, Heinbockel T. Essential oils and their constituents targeting the gabaergic system and sodium channels as treatment of neurological diseases [J]. *Molecules*, 2018, 23(5): 1061.
- [4]Agatonovic-Kustrin S, Kustrin E, Gegechkori V, et al. Anxiolytic terpenoids and aromatherapy for anxiety and depression [M]//Guest p c. reviews on new drug targets in age-related disorders. 2020: 283-96.
- [5]Sun J L, Xu Y C, Chen R M, et al. Function analysis of essential oils as environmental scents for improving undergraduate students emotional state [J]. *Industrial crops and products*, 2025, 232: 121200.
- [6]Park K H, Kim H J, Oh B, et al. Evaluation of human electroencephalogram change for sensory effects of fragrance [J]. *Skin research and technology*, 2019, 25(4): 526-31.
- [7]Sowndhararajan K, Kim S. Influence of fragrances on human psychophysiological activity: with special reference to human electroencephalographic response [J]. *Sci pharm*, 2016, 84(4): 724-51.
- [8]Zhao Q, Yang P, Wang X, et al. Unveiling brain response mechanisms of citrus flavor perception: an eeg-based study on sensory and cognitive responses [J]. *Food res int*, 2025, 206: 116096.
- [9]Fang J, Yu G, Liao S, et al. Using the β/α ratio to enhance odor-induced eeg emotion recognition [J]. *Applied sciences*, 2025, 15(9): 4980.
- [10]Cross S N N, Lin M-H, Childers T L. Sensory identity: the impact of olfaction on consumption [M]. *Consumer culture theory*. 2015: 331-47.

- [11]Lin M-H, Cross S N N, Childers T L. Understanding olfaction and emotions and the moderating role of individual differences [J]. *European journal of marketing*, 2018, 52(3/4): 811–36.
- [12]Ferdenzi C, Roberts S C, Schirmer A, et al. Variability of affective responses to odors: culture, gender, and olfactory knowledge [J]. *Chem senses*, 2013, 38(2): 175–86.
- [13]Agarwal P, Sebghatollahi Z, Kamal M, et al. Citrus essential oils in aromatherapy: therapeutic effects and mechanisms [J]. *Antioxidants*, 2022, 11(12): 2374.
- [14]Angelucci F L, Silva V V, Dal Pizzol C, et al. Physiological effect of olfactory stimuli inhalation in humans: an overview [J]. *International journal of cosmetic science*, 2014, 36(2): 117–23.
- [15]Michailidou F, Bearth A, Deilmann C, et al. Scent and sustainability: investigating consumer evaluations of biocatalysis and naturalness in fragrances [J]. *Food quality and preference*, 2023, 111: 104994.
- [16]Lobel B T, Baiocco D, Al-Sharabi M, et al. Current challenges in microcapsule designs and microencapsulation processes: a review [J]. *ACS applied materials & interfaces*, 2024, 16(31): 40326–55.
- [17]Herrmann A. Controlled release of volatiles under mild reaction conditions: from nature to everyday products [J]. *Angew chem int ed engl*, 2007, 46(31): 5836–63.
- [18]Grande R, Teodoro K B R, Bertho I S, et al. Anthocyanin-dyed cotton enhanced with lavender oil microcapsules: a dual approach for color stability and sustained fragrance release [J]. *ACS omega*, 2025, 10(22): 22459–71.
- [19]Boh Podgornik B, Šandrić S, Kert M. Microencapsulation for functional textile coatings with emphasis on biodegradability—a systematic review [J]. *Coatings*, 2021, 11(11): 1371.
- [20]Wang W, Zhou M, Liu Y, et al. Study on the surface properties of lavender microcapsule fragrance-releasing flooring [J]. *Coatings*, 2024, 14(12): 1538.
- [21]Lu L R, Su S L, Long F F, et al. Enhanced multifunctionality of cellulose paper via conjugating with photocontrollable profragrances [J]. *Industrial & engineering chemistry research*, 2025, 64(26): 12922–32.
- [22]Yoon M-Y, Choi S-H. Perfume matching system with internet of things-based body odor analysis sensing [J]. *Journal of cosmetic medicine*, 2022, 6(2): 84–8.
- [23]Chen M, Yang J, Zhu X, et al. Smart home 2.0: innovative smart home system powered by botanical iot and emotion detection [J]. *Mobile networks and applications*, 2017, 22(6): 1159–69.
- [24]Amores J, Dotan M, Maes P. Development and study of ezeence: a modular scent wearable to improve wellbeing in home sleep environments [J]. *Frontiers in psychology*, 2022, 13: 791768.
- [25]Wen X, Liang C, Zhu Z. Accompanying odor management and emotion regulation fragrant fumigator based on image recognition and voice interaction of IoT[J]. 2025.
- [26]Gong X, Yang Y, Xu T, et al. Assessing the anxiolytic and relaxation effects of cinnamomum camphora essential oil in university students: a comparative study of eeg, physiological measures, and psychological responses [J]. *Front psychol*, 2024, 15: 1423870.
- [27]Tan L, Liao F F, Long L Z, et al. Essential oils for treating anxiety: a systematic review of randomized controlled trials and network meta-analysis [J]. *Frontiers in public health*, 2023, 11: 1144404.
- [28]Tran T H, Pham T N, Ngo T C Q, et al. Formulation of a floor cleaning product using lemongrass (*cymbopogon citratus*) essential oil and evaluation of foamability and foam durability[C]//IOP conference series: materials science and engineering, 2020, 991(1): 012132.

Research and Application of Functional Emotional Fragrances in the Household Cleaning Sector from a Green Innovation Perspective

Liu Hai-qing, Lu Li-rui, Liu Qing-fei, Zhang Jin-bin, Luo Jing, Wu Meng-jie
(Guangdong Wincom Fragrance & Flavor Co., Ltd. Chaozhou, Guangdong, 515700)

Abstract : With the growing consumer demand for healthy home environments and emotional regulation, functional emotional fragrances are increasingly applied in the home cleaning sector, emerging as a significant innovation direction integrating neuroscience, green chemistry, and intelligent technology. This paper provides a review of the complete pathway of functional emotional fragrances, from theoretical mechanisms to technological implementation and product applications. In terms of theoretical foundations, fragrances directly act on the limbic system via the olfactory pathway, modulating brainwave activity and autonomic nervous responses to influence emotional states, a process significantly modulated by individual differences, cultural backgrounds, and usage contexts; this aspect is often validated through multimodal neuroassessment methods. On the technological front, the article focuses on green fragrance molecule design, environmentally sustainable sustained-release technologies, and smart responsive fragrance systems to achieve efficient, precise, and sustainable fragrance release. Furthermore, by examining practical cases across three major categories of home cleaning products—air freshening, cleaning and disinfection, and fabric care—this study elucidates the application potential of functional emotional fragrances in enhancing user experience and driving green transformation.

Keywords : functional emotional fragrances; household cleaning; neuroscience; green chemistry; intelligent technology