

人类化学信息物质研究进展与理论挑战

王笛新

西南大学心理学部，重庆

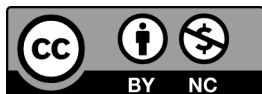
摘要 | 信息素作为一种重要的生物通讯方式，已在昆虫与脊椎动物中获得大量稳定而可重复的实证支持，并逐渐形成从外周检测到神经内分泌调控的多层级作用模型。随着研究视角由动物拓展至人类，学界开始重新审视化学信号在人类社会互动中的潜在功能。本文系统梳理了信息素概念的提出及其在动物研究中的发展脉络，重点综述了人类化学信息物质在社会知觉、情绪加工、配偶选择及社会行为调节等方面的研究进展。既有证据表明，类固醇化合物与情绪相关体味能够在无意识层面影响个体的社会认知与行为倾向，但其效应通常表现出显著的情境依赖性，并受到性别、性取向与生理状态等因素调节。与此同时，解剖与分子层面的发现提示传统信息素系统在人类中可能发生退化，而行为与神经研究却不断报告“信息素样效应”，这一矛盾促使研究者逐渐从“是否存在人类信息素”的二元争论转向对“化学社会信号”功能机制的探讨。未来研究需在方法学上强化候选化合物的因果证据链，并在理论层面构建更适用于人类的化学交流模型，以深化对人类社会行为生物学基础的理解。

关键词 | 信息素；化学社会信号；社会认知；配偶选择

Copyright © 2026 by author (s) and SciScan Publishing Limited

This article is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/).

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>



1 信息素研究发展沿革

1.1 发现与概念提出

信息素 (Pheromones) 又称“费洛蒙”，这一概念最早由Karlson与Lüscher (1959) 年提出，通常是指一种由个体释放至体外、并被同一种类的其他个体接收，从而引发特定行为或生理反应的化学信号 (Karlson & Lüscher, 1959; Vogt & Riddiford, 1981; Wyatt, 2003)。

1959年，德国化学家 Adolf Butenandt 及其研究团队首次从雌性家蚕蛾 (*Bombyx mori*) 体内成功分离出一种能够强烈吸引雄蛾的化学物质，并证明该物质可以单独诱发典型的求偶行为反应。这一成果标志着世界上第一个

被明确鉴定的性信息素的诞生 (Wyatt, 2017)。

然而实际上，信息素并不是先被某个单一实验发现后再命名的物质，而是研究者在长期研究动物化学通讯现象的过程中，意识到既有的激素框架无法容纳一类特殊的生物活性物质，因而提出的新概念 (Karlson & Lüscher, 1959)。在20世纪前半叶，研究者已在多种昆虫中观察到极其典型的性吸引现象，具体而言，雌虫由腺体产生并释放某种化学物质，即便是极微量，也能被雄虫触角上的受体器官捕获，引起明确而可预测的生理反应，最终诱发求偶与交配准备状态 (Karlson & Lüscher, 1959; Vogt & Riddiford, 1981)。这些现象与传统意义的激素存在相似性，即同样由特定组织产生、以极低剂量发挥作用并引发稳定反应，但在关键环节

作者简介：王笛新，西南大学心理学部硕士研究生，研究方向：性与性别方向。

文章引用：王笛新. (2026). 人类化学信息物质研究进展与理论挑战. *中国心理学前沿*, 8(3), 232-238.

<https://doi.org/10.35534/pc.0803036>

上与激素不同——信息素类物质并非进入个体血液循环以实现体内调节，而是释放到体外环境中，作用对象也不是自身，而是同种个体，从而实现个体间的交互（Karlson & Lüscher, 1959）。

正是在这一差异上，研究者发现了概念存在的冲突——如果将此类物质直接纳入激素的概念范畴，则意味着必须显著扩张“激素”概念边界，甚至稀释其核心内涵。因此，Karlson与Lüscher主张不应轻易扩展并稀释激素定义，而应为这种个体间的化学信使物质创建独立术语（Karlson & Lüscher, 1959）。他们回溯了此前学界曾使用的“外激素（ectohormones）”概念，并指出该命名在使用上存在分歧与争议。一方面，“外激素”强调其类似激素但在体外作用；另一方面，这一概念在边界上容易与食物气味、植物花香等广义化学刺激混杂，缺乏明确的生物学区分标准（Karlson & Lüscher, 1959）。因此，作者提出“pheromone”一词，强调其本质是“在同种个体之间传递并引发特定反应的化学信号”，并将其与一般化学刺激区分开来（Karlson & Lüscher, 1959）。

综上，信息素概念的提出并非偶然的命名创新，而是对一系列稳定可重复的动物化学通讯现象的理论回应：当某些“外分泌—体外传播—同种接收—特异反应”的现象无法被“体内调节”的激素范式解释时，信息素作为“个体间信使物质”被提出，随后成为动物化学通讯研究的核心概念工具（Karlson & Lüscher, 1959）。

1.2 信息素的昆虫研究

信息素研究之所以能够在动物行为学与化学生态学中快速确立为核心议题，根本原因在于：在大量动物模型中，信息素满足四个因果要件，包括：（1）外分泌释放；（2）体外传播；（3）同种接收；（4）可预测反应。并且往往可以通过分离活性成分、结构鉴定、合成回灌、生物测定验证的方法学路径得到严格确认（Karlson & Lüscher, 1959; Wyatt, 2015; Wyatt, 2017; Liberles, 2014）。

在这一证据链中，昆虫提供了最早、最清晰且最可重复的案例。信息素最早得到证明的功能是促进繁殖、分工、和调节发育轨迹，如家蚕蛾（*Bombyx Mori*），雌蛾释放的蚕蛾醇（*Bombykol*）。Butenandt团队在20世纪50年代末完成了该活性物质的分离与结构鉴定，并通过合成化合物复现天然分泌物对雄蛾求偶行为的诱发放效，确立了信息素鉴定的经典范式（Butenandt, 1959; Wyatt, 2017）；蜂群女王信息素能够抑制工蜂卵巢发育、重塑工蜂行为分工，从而维持群体的繁殖等级结构（Winston & Slessor, 1991; Hoover et al., 2003）。而在白蚁中，雌性繁殖者释放的信号可影响群体成员的发育命运并调节生殖分化，甚至存在对产卵与繁殖抑制的可实验操控证据（Matsuura et al., 2010; Yamamoto et al.,

2011）。这些研究表明信息素不仅触发即时行为，还能通过内分泌或发育机制改变个体长期状态（Wyatt, 2015）。

昆虫信息素还参与群体成员聚集与分散的信息交流过程。如，多种甲虫的聚集信息素可在短时间内将同种个体从低密度状态拉入高密度聚集，从而改变资源利用方式与群体防御能力，并与“集群入侵”这一生态现象密切相关（Wyatt, 2015）。在翅目蝗虫中，有研究发现并验证了雄蝗释放的聚集信息素不仅能触发即时行为趋向，甚至可能在更长周期过程中影响其聚集习性（Torto et al., 1994; Rono et al., 2008; Simpson et al., 2005）。在蚂蚁等社会性昆虫中，路径信息素（Trail Pheromone）将个体层面的取食行为上升为群体层面的资源开发策略。Wilson等（1962）对火蚁的研究表明，觅食个体能够通过分泌物在基质上形成可被同伴识别的化学路径，从而实现高效的群体成员召集与路径强化。这类系统尤其重要的一点在于：路径信息素不仅引导方向，还可通过浓度、更新频率等信息变化反映资源质量，实现群体决策信息的扩散（Wilson, 1962; Wyatt, 2015）。

除此之外，危险警戒也是信息素在昆虫研究中发现的功能。以蚜虫为例，Bowers等人从多种蚜虫分泌物中分离并鉴定出跨物种通用的警戒信息素（E）- β -法呢烯，能够诱发同种个体停止取食、跌落或分散等逃逸反应（Bowers et al., 1972）。这一类信号的特点是刺激-反应关系高度稳健，且能够在捕食压力下提高生存概率，具有明确的适应价值（Wyatt, 2015）。

1.3 信息素的脊椎动物研究

随着对昆虫信息素的研究深入，大量研究者又将目光转至哺乳动物上。与昆虫相比，哺乳动物的行为表达更易受学习、情境与社会结构影响，因此单一化学信息触发固定行为链的情况相对少见。但大量研究显示，信息素在脊椎动物中同样可以形成稳定效应，尤其在生殖相关的神经内分泌调控上证据最为集中（Liberles, 2014; Wyatt, 2015）。

以小鼠作为实验对象的研究中，雄鼠气味导致群居雌鼠出现动情周期抑制/延长（Lee-Boot效应），后续研究进一步显示雄鼠气味可诱导雌鼠动情同步（Whitten效应）、加速雌鼠性成熟（Vandenbergh效应），以及陌生雄鼠气味导致妊娠阻断（Bruce效应）（van der Lee & Boot, 1956; Whitten, 1956; Vandenbergh, 1967; Bruce, 1959）。这组现象共同呈现一个关键结论：在哺乳动物中，信息素并不一定表现为“立刻的固定动作释放”，而更常通过影响下丘脑-垂体-性腺轴等路径，改变动情、排卵、妊娠维持等关键过程，从而体现典型的primer效应特征（Liberles, 2014; Wyatt, 2015）。

在非啮齿类动物中，存在于雌性欧洲兔乳汁和乳腺分泌物中的乳腺信息素能够在新生幼兔中快速诱发定向

与吮吸相关行为,构成一种高度特异、作用迅速且具有明确适应价值的化学信号(Schaal et al., 2003)。更进一步的研究还提示该信号可促进早期嗅觉学习,使幼体将中性气味与摄乳行为建立联结,从而将信息素功能扩展到“学习的强化器”层面(Coureaud et al., 2006)。

在家畜研究中,公猪唾液和分泌物中的甾体气味成分被广泛用于解释母猪的静立反射与交配准备状态,提示信息素可能通过嗅觉与内分泌共同路径调节生殖行为(Mattioli et al., 1986; Dorries et al., 1997)。这类研究的价值在于:它们往往结合了行为指标(如静立反射)与生殖管理实践,从而为信息素效应的可重复与可应用性提供了跨实验室、跨场景的间接支持(Wyatt, 2015)。

1.4 脊椎动物信息素作用的生理机制

在脊椎动物中,信息素通常通过一条由“化学感知—神经传导—中枢整合—内分泌调节—行为(或发育改变)”构成的多层级通路发挥作用。这一路径反映出信息素不仅是外界刺激,更是一类能够直接进入生理调控网络的社会信号(Liberles, 2014; Wyatt, 2015)。

(1) 外周检测:犁鼻系统与主嗅觉系统

多数脊椎动物拥有专门用于检测社会化学信号的犁鼻系统(Vomer nasal System)。犁鼻器中的感觉神经元表达特异性受体,能够对同种个体释放的化学物质产生高敏感反应,并将信号投射至副嗅球(Firestein, 2001)。与主嗅觉系统相比,犁鼻通路在进化上更紧密地关联于生殖与社会行为,因此被视为信息素加工的重要结构基础。然而,两套系统并非完全独立,一些研究指出,主嗅觉系统同样可以参与信息素检测(Rodriguez et al., 2000)。

(2) 分子机制:受体识别与信号转导

信息素识别依赖特化的受体蛋白,多属于G蛋白偶联受体(GPCR)家族。当信息素分子与受体结合后,可激活第二信使级联反应,引发离子通道变化并产生动作电位,将化学刺激转化为神经信号(Firestein, 2001)。

在啮齿动物中,V1R与V2R受体家族被认为是检测社会气味的重要分子基础,这种“受体—配体”的高度选择性有助于确保同种间化学交流的特异性(Liberles, 2014)。因此,信息素往往具有两个关键特征,一个是高灵敏度,即极低剂量即可引发生理反应;另一个是优先响应具有生殖或社会意义的信号。这些属性使信息素能够在复杂生态环境中维持稳定的信息传递(Wyatt, 2015)。

(3) 中枢神经整合:边缘系统与动机网络

来自犁鼻器或主嗅觉系统的信号通常投射至边缘系统,包括杏仁核和下丘脑等区域,这些脑区在情绪、动机及社会行为调控中发挥核心作用(Liberles, 2014)。这种直接连接意味着信息素可以绕过高阶认知加工,快速进入行为控制网络,从而诱发先天性的反应模式。

研究者通常将信息素效应区分为两种类型,分别是

释放效应(Releaser Effects,迅速触发趋近、交配或攻击等刻板行为)和引物效应(Primer Effects,通过神经内分泌途径改变个体的长期生理状态),这一区分揭示了信息素既可作为即时行为触发器,也可作为生理调节信号(Wyatt, 2015)。

(4) 神经内分泌调控:从下丘脑到性腺轴

信息素最具生物学意义的作用之一,是其能够影响下丘脑—垂体—性腺(HPG)轴。化学信号进入下丘脑后,可调节促性腺激素释放激素(GnRH)的分泌,进而影响垂体激素水平并改变性腺功能,从而调控动情周期、性成熟及繁殖准备状态(Liberles, 2014)。这种机制解释了为何在多种哺乳动物中,信息素不仅能够改变行为,还可影响青春期启动、排卵及妊娠维持等关键生理过程。与一般气味不同,信息素因此更接近一种“外源触发的内分泌调节因子”(Wyatt, 2015)。

(5) 从机制确定到功能争议:从脊椎动物到人类信息素研究的理论转折

尽管大量动物研究已较为清晰地揭示信息素通过“感觉检测—神经整合—内分泌调节”路径影响行为与生理,但当研究对象转向人类时,这一机制却长期处于不确定状态。学界普遍认为,人类并非完全缺乏化学通讯能力,真正的争议在于人类是否仍保留与其他哺乳动物相似的专门化信息素系统(Wyatt, 2015)。在多数哺乳动物中,犁鼻系统被视为检测社会化学信号的重要结构基础,其感觉神经元可将信息直接投射至副嗅球,并进一步连接边缘系统与下丘脑等与情绪和生殖行为密切相关的脑区,从而使化学信号能够迅速进入行为调控网络(Firestein, 2001)。

然而,人类的犁鼻器仅在胚胎阶段可观察到类似结构,出生后逐渐退化,在成年个体中通常仅表现为残余组织,这一解剖学特征一度被视为人类缺乏信息素感知能力的关键证据(Rodriguez et al., 2000)。从进化视角来看,这种结构性变化常被解释为灵长类在视觉与社会认知能力增强的过程中降低了对化学信号的依赖,从而导致相关感觉器官功能减弱(Wyatt, 2015)。但实际上,结构退化并不必然意味着功能完全消失。已有研究指出,一些脊椎动物即使缺乏典型的犁鼻器,仍可借助主嗅觉系统检测社会化学信号,这提示信息素加工可能具有替代性神经通路,仅凭解剖证据否定人类的信息素能力可能存在过度推断的风险(Firestein, 2001)。

随后,分子遗传学证据进一步强化了这一争论。在啮齿类动物中,信息素识别依赖V1R和V2R等受体家族,而在人类基因组中,大量同源基因呈现移码突变或提前终止密码子,显示出明显的假基因特征,这被广泛解读为信息素系统在进化中的分子退化(Rodriguez et al., 2000)。然而,后续研究同样发现,人类仍保留至少一个未发生功能性破坏的V1R样基因,并在嗅上皮中检测到其表达信号,提示相关受体可能仍具有一定生

物学功能，这意味着人类的信息素系统或许并未完全消失，而是经历了功能重组或敏感性下降（Rodriguez et al., 2000）。与此同时，现代嗅觉神经科学表明，主嗅觉系统本身具备高度复杂的分子识别能力，其受体属于G蛋白偶联受体家族，可通过组合编码机制区分大量化学分子，因此在理论上同样具备处理社会气味的潜力（Firestein, 2001）。

基于这一认识，一些学者提出“主嗅觉替代假说”，认为在人类等犁鼻系统退化的物种中，社会化学信号可能转而依赖主嗅觉通路进行加工，这不仅意味着信息素不一定依赖专门器官，也提出了人类的化学信号效应可能更强调情境依赖的可能性（Wyatt, 2015）。除生物学因素外，人类信息素研究还面临显著的方法学挑战。经典信息素鉴定要求完成“分离—鉴定—合成—生物测定”的完整证据链，但在人类研究中，这一路径极少被严格实现；同时，人类行为高度依赖认知加工与社会情境，使化学信号的效应更容易受到文化经验、个体差异及实验环境的干扰，因此即便观察到内分泌或行为变化，也往往难以证明其具有信息素所要求的特异性与必然性（Wyatt, 2015）。

综合现有证据可以发现，解剖与分子层面的研究似乎说明信息素系统可能发生退化，但行为与生理研究却不断报告化学信号效应的存在。这一矛盾促使研究者逐渐放弃“存在或不存在”的二元判断，转而提出更为审慎的观点，即人类或许并不具备典型意义上的信息素系统，但仍可能保留某种形式的化学社会信号加工机制（Wyatt, 2015; Liberles, 2014）。在这一理论转向下，当前研究的核心问题已不再是人类是否拥有信息素，而是人类化学信号是否能够满足经典信息素的判定标准，而这一问题也直接推动了后续从生理反应与行为变化两个层面展开的实证探索。

2 人类化学信息物质研究

随着动物信息素研究不断发展，越来越多学者开始关注人类是否同样能够通过化学物质进行社会信息传递。尽管目前尚未鉴定出符合经典标准的人类信息素，但大量实证研究表明，人体分泌的类固醇化合物及情绪相关体味可能在无意识层面调节社会认知与行为。总体来看，人类化学信息物质的作用主要体现在社会知觉、情绪加工、配偶选择及社会行为等多个维度，并呈现出明显的情境依赖特征（Wyatt, 2015）。

2.1 化学信息物质影响人类的性别判断

在人类化学信息物质研究中，性别判断被视为检验“信息素样效应”的关键指标之一。与动物中直接诱发交配行为的性信息素不同，人类化学信号往往通过改变社会知觉来间接影响互动，其中一项最受关注的问题是体味中的内源性类固醇是否能够调节个体对他人性别线

索的加工方式。

社会知觉是个体对他人基本社会属性（如性别、吸引力和支配性）进行快速判断的过程，被认为是化学信号发挥作用的重要入口。一项经典研究考察了雄甾二烯酮（androstadienone, AND）与雌甾四烯醇（estratetraenol, EST）对性别知觉的影响。研究在双盲条件下让被试暴露于不同气味，并要求其判断模糊的灯光生物运动刺激的性别。结果发现，AND促使异性恋女性更倾向于将目标判断为男性，而EST则使异性恋男性更可能将其判断为女性；同性恋男性的反应模式更接近异性恋女性，表明该效应可能受到性取向调节（Zhou et al., 2014）。

除性别分类外，化学信号还可能影响对他人特质的推断。例如，有研究发现人体气味能够传递与支配性和竞争状态相关的信息，使接收者在无意识中调整社会判断策略（Wu et al., 2023）。这些结果表明，人类化学信号可能参与构建对他人的“第一印象”，并在社会互动早期发挥作用。

2.2 化学信息物质影响情绪加工

情绪加工是社会认知的核心组成部分，也是检验信息素样效应的重要领域。研究采用动态点光行走者任务发现，暴露于AND的女性更倾向于将男性行走者知觉为更加快乐和放松，而暴露于EST的男性则更容易对女性目标形成类似判断，说明化学线索能够与视觉信息整合，从而影响对他人的情绪可接近性的评估（Ye et al., 2019）。

面孔知觉研究同样提供了支持证据。在一项双盲实验中，女性在吸入AND后更可能将中性女性面孔判断为不快乐，并在受孕概率较高阶段表现出更高的愤怒识别敏感性，这被解释为有助于识别潜在的同性交配竞争者（Wu et al., 2022）。此外，神经影像学研究表明AND能够增强前额叶与眶额皮层等情绪加工相关区域的活动，提示其可能通过改变情绪信息的神经表征方式影响社会判断（Hummer et al., 2017; Hornung et al., 2017）。

情绪相关体味同样能够传递社会信息。例如，由恐惧情境诱发的汗液会使接收者更倾向于将模糊表情解释为恐惧，从而表现出威胁加工偏向（Zhou & Chen, 2009）。类似地，男性能够区分女性在性唤起与非唤起状态下的体味，并在暴露于性唤起气味后表现出更高的性动机，说明情绪化学线索可能参与激活接近行为（Wisman & Shrira, 2020）。

2.3 化学信息物质与配偶选择

在进化视角下，化学信号被认为可能参与性选择过程。研究发现，AND能够增强女性对男性吸引力的评价，并提高其对男性化面孔的偏好，表明该化合物可能改变女性在择偶中的审美权重（Niu & Zheng, 2020）。进一步研究指出，AND还可降低女性的择偶复制（mate-

choice copying) 倾向, 即减少其依据他人选择来评估潜在伴侣价值的行为, 这提示化学信号可能直接影响社会学习在配偶决策中的作用 (Liu & Zheng, 2026)。

此外, 性唤起相关体味被发现能够提高接收者的性兴趣与注意水平, 从而促进对潜在伴侣的关注, 这进一步支持了化学信号在人类择偶中的调节作用 (Wisman & Shrira, 2020)。

2.4 化学信息物质与社会行为调节

除知觉与偏好外, 越来越多证据表明化学信号还可影响更高层次的社会行为。一项双盲研究发现, AND能够以性别依赖的方式调节攻击行为: 该气味降低男性的主动与反应性攻击, 却提高女性的反应性攻击水平, 并且这种效应在参与者无法明确辨识气味的情况下仍然存在, 这表明其作用可能发生在无意识层面 (Wu et al., 2023)。

相关研究还指出, 人体气味能够改变个体的社会动机, 使其在竞争与合作情境中采取不同策略, 这表明化学信息可能参与调节社会接近与回避行为 (Zhou & Chen, 2009)。因此, 人类化学信号的功能可能不仅限于择偶, 还涉及更广泛的社会适应过程。

2.5 情境依赖性: 人类化学信息物质作用的边界

尽管大量研究报告了“信息素样效应”, 这些影响通常并不稳定, 而是受到多种因素调节。首先, 性别差异是最一致的调节变量之一, 许多研究发现AND主要影响女性, 而EST更易影响男性 (Zhou et al., 2014)。其次, 性取向同样能够改变化学信号的加工模式, 提示其作用可能与潜在的性选择机制相关 (Zhou et al., 2014)。此外, 生理状态亦具有重要影响, 例如, 在相关实验条件下, 排卵期女性往往表现出更强的情绪与竞争敏感性 (Wu et al., 2022)。

这些发现共同表明, 人类化学信号更可能是一种概率性调节因素, 而非像昆虫信息素那样引发固定反应。因此, 其作用机制可能依赖多模态信息整合, 并嵌入复杂的社会认知系统之中。

3 总结与展望

自“信息素”概念提出以来, 化学信号作为一种重要的生物通讯方式, 已在昆虫与脊椎动物中获得大量稳定而可重复的实证支持。既有研究不仅揭示了信息素在繁殖、群体组织与发育调控中的关键作用, 也逐渐构建起从外周检测到神经内分泌调节的多层级作用模型。这一理论框架为理解化学信号如何影响行为与生理提供了坚实基础, 并促使研究者进一步思考在人类这一高度依赖视觉与认知加工的物种中, 化学交流是否仍然保留其进化功能。

综合现有证据可以发现, 人类可能并未完全丧失通过化学物质进行社会沟通的能力。越来越多研究表明,

体味中的类固醇化合物及情绪相关气味能够在无意识层面调节社会知觉、情绪加工、配偶选择及攻击等行为倾向, 提示化学信息在人类社会认知系统中仍具有潜在功能。

然而, 与动物中高度刻板且可预测的信息素反应不同, 人类化学信号往往表现为概率性影响, 其效应受到性别、性取向、生理状态与社会情境等多重因素调节。这种情境依赖性意味着, 人类化学交流更可能嵌入复杂的多模态信息整合过程中, 而非单独触发固定行为链。与此同时, 解剖与分子层面的研究表明传统信息素系统在人类中发生了不同程度的退化, 但行为与神经研究却不断报告出“信息素样效应”。这一矛盾促使学界逐渐从“是否存在人类信息素”的二元争论转向更具解释力的问题, 即人类化学信号在何种条件下发挥作用, 以及它们是否需要被纳入经典信息素范式之中。在此背景下, 越来越多研究者倾向于采用“人类化学信号 (Human Chemosignals)”这一更为审慎的概念, 以避免将尚未完成完整证据链的现象过早界定为信息素。

未来研究可从三个方向进一步推进该领域的发展。首先, 在方法学层面, 应加强对候选化合物的分离鉴定与剂量控制, 并结合行为、内分泌与神经指标建立更加严格的因果证据链。其次, 在理论层面, 有必要突破以昆虫为原型的信息素定义, 探索更适用于人类的化学社会信号模型, 从而解释其弱效应与高度情境化特征。最后, 在整合视角下, 化学线索应被视为社会信息系统的一部分, 与视觉、听觉等通道共同塑造人类的社会认知与行为决策。

总体而言, 化学交流可能并非人类社会互动中的主导通道, 但其作为一种进化上古老且仍具功能潜力的信息来源, 正在重新进入社会神经科学与进化心理学的研究视野。随着跨学科方法的引入, 人类化学信息物质研究有望从“存在性争论”迈向“机制与功能解释”, 从而为理解人类社会行为的生物学基础提供新的理论路径。

参考文献

- [1] Bowers W S, Nault L R, Webb R E & Dutky S R. (1972). Aphid alarm pheromone: Isolation, identification, synthesis. *Science*, 177(4054), 1121-1122.
- [2] Bruce H M. (1959). An exteroceptive block to pregnancy in the mouse. *Nature*, 184, 105.
- [3] Burchell B. (1991). Turning on and turning off the sense of smell. *Nature*, 350(6313), 16-17.
- [4] Comfort A. (1971). Likelihood of human pheromones. *Nature*, 230(5294), 432-433.
- [5] Coureaud G, Schaal B, Hudson R, Orgeur P & Coudert P. (2006). Transnatal olfactory continuity in the rabbit: Behavioral evidence and short-term consequence of its

- disruption. *Developmental Psychobiology*, 48(3), 243–256.
- [6] Dorries K M, Adkins–Regan E & Halpern B P. (1997). Sensitivity and behavioral responses to the pheromone androstenone are not sexually dimorphic in pigs. *Chemical Senses*, 22(4), 423–432.
- [7] Doty R L. (2014). Human pheromones: Do they exist? In C. Mucignat–Caretta (Ed.), *Neurobiology of Chemical Communication*. CRC Press.
- [8] Firestein S. (2001). How the olfactory system makes sense of scents. *Nature*, 413(6852), 211–218.
- [9] Hays S. T. (2003). Human pheromones: Have they been demonstrated? *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 54(2), 89–97.
- [10] Herrada G, Dulac C. (1997). A novel family of putative pheromone receptors in mammals with a topographically organized and sexually dimorphic distribution. *Cell*, 90(4), 763–773.
- [11] Hoover S E R, Keeling C I, Winston M L & Slessor K N. (2003). The effect of queen pheromones on worker honey bee ovary development. *Naturwissenschaften*, 90(10), 477–480.
- [12] Hornung J, Enge J & Herrmann M. (2017). Pheromone–induced modulation of attention in humans? *Chemical Senses*, 42(5), 425–433.
- [13] Hummer T A, Phan K L, Kern D W, McClintock M K & Wong C. (2017). Odor–induced brain activity in men and women: A functional MRI study. *NeuroImage*, 147, 509–516.
- [14] Karlson P & Lüscher M. (1959). “Pheromones” : A new term for a class of biologically active substances. *Nature*, 183(4653), 55–56.
- [15] Liberles S D. (2014). Mammalian pheromones. *Annual Review of Physiology*, 76, 151–175.
- [16] Liu L & Zheng L. (2026). Androstadienone reduces women’s mate–choice copying: The moderating role of intrasexual competition. *Psychoneuroendocrinology*, 184, 107717.
- [17] Matsunami H, Buck L B. (1997). A multigene family encoding a diverse array of putative pheromone receptors in mammals. *Cell*, 90(4), 775–784.
- [18] Matsuura K, Himuro C, Yokoi T, Yamamoto Y, Vargo E & Keller L. (2010). Identification of a pheromone regulating caste differentiation in termites. *PNAS*, 107(29), 12963–12968.
- [19] Mattioli L, Perfumi M & Baroni M. (1986). Olfactory cues involved in the sexual behavior of the rabbit. *Physiology & Behavior*, 36(4), 567–570.
- [20] Niu C & Zheng L. (2020). Androstadienone resulted in a rightward shift of women’s preference for sexually dimorphic male faces. *Hormones and Behavior*, 118, 104635.
- [21] Rizvi S A H, George J, Reddy G V P, Zeng X & Guerrero A. (2021). Latest developments in insect sex pheromone research. *Insects*, 12(6), 484.
- [22] Rodriguez I, Greer C A, Mok M Y & Mombaerts P. (2000). A putative pheromone receptor gene expressed in human olfactory mucosa. *Nature Genetics*, 26(1), 18–19.
- [23] Rono E N, Njagi P G N, Bashir M O & Hassanali A. (2008). Concentration–dependent releaser roles of gregarious male pheromone of the desert locust. *Journal of Insect Physiology*, 54(1), 162–168.
- [24] Schaal B, Marlier L & Soussignan R. (2003). Human fetuses learn odours from their pregnant mother’s diet. *Chemical Senses*, 25(6), 729–737.
- [25] Simpson S J, McCaffery A R & Hägele B F. (1999). A behavioural analysis of phase change in the desert locust. *Biological Reviews*, 74(4), 461–480.
- [26] Stern K & McClintock M K. (1998). Regulation of ovulation by human pheromones. *Nature*, 392, 177–179.
- [27] Torto B, Obeng–Ofori D, Njagi P G N, Hassanali A & Amiani H. (1994). Aggregation pheromone system of the desert locust. *Journal of Chemical Ecology*, 20(7), 1749–1762.
- [28] van der Lee S & Boot L M. (1955). Spontaneous pseudopregnancy in mice. *Acta Physiologica et Pharmacologica Neerlandica*, 4, 442–444.
- [29] Vandenberg J G. (1967). Effect of the presence of a male on the sexual maturation of female mice. *Endocrinology*, 81(2), 345–349.
- [30] Vogt R G & Riddiford L M. (1981). Pheromone binding and inactivation by moth antennae. *Nature*, 293, 161–163.
- [31] Whitten W K. (1956). Modification of the oestrous cycle of the mouse by external stimuli associated with the male. *Journal of Endocrinology*, 13(4), 399–404.
- [32] Wilson E O. (1962). Chemical communication among workers of the fire ant. *Animal Behaviour*, 10(1/2), 134–147.
- [33] Winston M L & Slessor K N. (1991). The role of queen mandibular pheromone in honey bee reproduction. *Journal of Chemical Ecology*, 17, 2395–2405.
- [34] Wisman A & Shrira I. (2020). Evidence that men process olfactory signals of women’s sexual arousal. *Archives of Sexual Behavior*, 49(5), 1505–1516.
- [35] Wu Y, Wei R, Nan Y, Hu Y & Ye Y. (2023). Androstadienone modulates human aggression in a sex–dependent manner. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, 18(1), nsad006.
- [36] Wu Y, Zheng L & Niu C. (2022). Androstadienone influences

- women's perception of happiness and anger on same-sex faces. *Biological Psychology*, 170, 108293.
- [37] Wyatt T D. (2003). *Pheromones and animal behaviour*. Cambridge University Press.
- [38] Wyatt T D. (2009). Fifty years of pheromones. *Nature*, 457, 262–263.
- [39] Wyatt T D. (2015). The search for human pheromones. *Proceedings of the Royal Society B*, 282, 20142994.
- [40] Wyatt T D. (2017). Pheromones. *Current Biology*, 27(15), R739–R743.
- [41] Ye Y, Zhuang Y, Smeets M A M & Zhou W. (2019). Human chemosignals modulate emotional perception. *Psychoneuroendocrinology*, 100, 246–253.
- [42] Zheng L, Hart T A & Zheng Y. (2013). Attraction to male facial masculinity in gay men in China. *Archives of Sexual Behavior*, 42(7), 1223–1232.
- [43] Zhou W & Chen D. (2009). Sociochemosensory and emotional functions. *Psychological Science*, 20(9), 1118–1124.
- [44] Zhou W, Yang X, Chen K, Cai P, He S & Jiang Y. (2014). Chemosensory communication of gender through two human steroids. *Current Biology*, 24(10), 1091–1095.

Social Functions and Theoretical Debates on Human Chemosignals

Wang Dixin

Faculty of Psychology, Southwest University, Chongqing

Abstract: Pheromones have long been recognized as an essential medium of biological communication, with extensive and replicable evidence documented across insects and vertebrates. These studies have established a multi-level framework encompassing peripheral detection, neural integration, and neuroendocrine regulation. As research attention has gradually shifted from animals to humans, the potential role of chemical signals in human social interaction has attracted renewed interest. Building upon the conceptual foundations of pheromone research and advances in animal studies, the present review synthesizes empirical findings on the influence of human chemosignals across multiple domains, including social perception, emotional processing, mate selection, and social behavior regulation. Existing evidence suggests that steroid-based compounds and emotion-related body odors can modulate cognitive and behavioral tendencies at a largely unconscious level. However, such effects are typically context-dependent and moderated by factors such as sex, sexual orientation, and physiological state. Meanwhile, anatomical and genetic observations imply a possible reduction of the classical pheromone system in humans, whereas behavioral and neuroimaging studies continue to report pheromone-like effects. This apparent tension has prompted a theoretical shift from the binary question of whether human pheromones exist to an in-depth investigation of the functional mechanisms of human chemosignals. Future research should strengthen causal evidence through improved methodological rigor and develop theoretical models better suited to human chemical communication, thereby advancing our understanding of the biological foundations of social behavior.

Key words: Pheromones; Chemosignals; Social cognition; Mate choice