



视觉中国供图

## 幼年的社会学习能改善蜜蜂“舞蹈语言”表达能力 少壮不“学舞”，老大采蜜难

◎本报记者 赵汉斌

春光正好，蜜蜂正忙。蜜蜂每年的授粉工作价值超过1700亿美元，一只工蜂一天可以光顾2000朵花；为生产1千克蜂蜜，蜜蜂需要飞行145000千米……为了实现最佳的任务分配，蜂群内蜜蜂个体间需要进行准确的信息交流，这种交流靠的正是精准的“舞蹈语言”。

中国科学院西双版纳热带植物园谭昱研究员团队与美国加州大学圣迭戈分校教授詹姆斯·尼赫合作，开展了研究。相关研究论文以《蜜蜂舞蹈的社会信号学习》为题，以封面文章的形式发表在学术期刊《科学》上。

研究表明，社会学习改善了蜜蜂的“舞蹈语言”表达能力；而“幼教缺失”，会导致蜜蜂舞蹈准确性降低，这为昆虫社会学研究提供了一个崭新模式。

### 用“舞蹈语言”交流信息

蜜蜂不像人类一样，在地图上标明蜜源位置，它们使用一种不同寻常的交流方式：舞蹈。

“长期以来，蜜蜂的‘舞蹈语言’是科学家关注的焦点，蜜蜂摇摆舞的持续时间、角度、摇摆次数，分别编码了食物的距离、方向和质量等信息。巢内蜜蜂通过接收摇摆舞编码信息，最终找到蜜源位置。”论文通讯作者、中国科学院西双版纳热带植物园研究员谭昱介绍。

经过观察研究，人们发现，摇摆舞是蜂群内最常见的传递蜜源信息的舞蹈之一。蜂群内的采集蜂仔仔细观察摇摆舞的每一个动作——摇摆持续时间且缓慢，表明蜜源距离较远且质量较差；相反，短而快速的舞蹈则表明有一个近距离且高质量的蜜源。在舞蹈过程中，摇摆舞的“追随者”会用触角不断碰触“舞者”，从而感受摇摆舞的气味、摆动速度以及其他动作。

此外，舞蹈蜂还会根据太阳在天空的不同位置调整舞姿。比如，舞蹈蜂走直线的角度与重力线重合，表明采集蜂要朝着太阳的方向去找蜜源；相反，若是头向下垂，则表明要朝着远离太阳的方向去“搬砖”。

圆舞是最初级、最简单的蜜蜂舞蹈。对于离蜂巢较近的蜜源，蜜蜂通常会利用圆舞来传递蜜源信息。摇摆舞被认为是从圆舞演化而来的。通常“跳”圆舞的舞蹈蜂，会在蜂巢上以快而短的步伐做小圆周动作，从而吸引其他采集蜂聚集在其周围。同时，舞蹈蜂会携带蜜源的气味，以便为“小伙伴”提供蜜源地信息。当短时间内有大量可供采集的蜜源，特别是有离蜂巢很近的蜜源时，蜜蜂就会跳圆舞，发出“快去那儿干活”的“指令”。

“但这些舞蹈，并不是每只蜜蜂天生就会的。人和动物的许多行为，是先天本能和后天学习共同作用的结果。”论文第一作者、中国科学院西双版纳热带植物园助理研究员董诗浩介绍，社会学习是指同类动物之间通过观察或互动而产生的学习行为，在高等动物中很常见。

### “幼教缺失”影响终生

动物是否像人类一样具有“言传身教”的能力？研究发现，很多脊椎动物能通过社会学习来提升环境适应能力，比如年轻的裸鼯鼠可以通过长期的社会互动，向年长的个体学习独特的群体方言。虽然无脊椎动物的社会学习受到关注较少，但近年来科学家发现，昆虫的小脑袋并不会限制学习能力。

“我们团队采用一种全新的实验模式，创建了一种全部由刚出房的幼蜂组成的蜂群。与在自然蜂群里成长的蜜蜂相比，在成长过程中，幼蜂群中的蜜蜂缺失了向有经验的采集蜂学习舞蹈的机会，就像婴幼儿在成长初期，丧失了跟成人学习和互动的机会。”论文共同第一作者、中国科学院西双版纳热带植物园博士后林涛介绍。

研究人员先训练幼蜂群和自然蜂群中准备出巢的采集蜂，在其访问离蜂巢150米远的饲喂器时，对它们进行逐一标记。当这些被标记的采集蜂回巢开始跳舞时，再用摄像机记录它们的舞蹈，并对舞蹈的持续时间、角度、摇摆次数等多个指标进行数据采集、分析。“通过比较幼蜂群和同龄自然蜂群的各项舞蹈指标，研究取得重要发现。”林海说，其中最值得关注的，就是

“幼教缺失”会对蜜蜂舞蹈的准确性产生终生影响。

研究表明，虽然蜜蜂舞蹈是一种与生俱来的行为，但缺乏向有经验蜜蜂学习机会的幼蜂群，所表演的舞蹈存在明显的缺陷和误差。其中，指示方向（摆动角度）的误差会随着采集经验的积累而减少，但指示距离（摆动时间）的误差却始终不会改善。“社会学习对蜜蜂‘舞蹈语言’的准确性有重要影响，‘幼教缺失’会对蜜蜂舞蹈技能产生终生影响。”谭昱说。

### “言传身教”传递舞技

蜜蜂作为全世界最重要的经济昆虫之一，除了向人们提供蜂蜜、蜂王浆、蜂毒、蜂蜡外，还能对各种农作物授粉，起到增产作用。

“人类食物的三分之一直接或间接依靠昆虫授粉，而这三分之一中的80%又由蜜蜂完成授粉任务。”谭昱说，蜜蜂是各种作物当之无愧的最理想的授粉昆虫，被誉为“农业之翼”。有趣的是，有趣的是，有时执行觅食任务的蜜蜂个体甚至从未离开过巢穴，但它们却能解读摇摆舞的信息，并成功找到食物。

为此，谭昱团队对幼蜂和成蜂的互动学习能否提高幼蜂的舞蹈技能这个问题，产生了浓厚的研究兴趣。此前，他们在东西方蜜蜂亲缘关系、东西方蜜蜂对胡蜂的防御机制等一系列研究中取得了进展。

“蜜蜂生物学研究是现代养蜂业的基础，关于蜜蜂舞蹈的社会信号学习，以及‘幼教缺失’对蜜蜂舞蹈的准确性的研究，可为今后养蜂业的发展和农业的稳产增收提供重要的科学依据。”董诗浩说。

“通过大量的影像数据和研究分析，我们首次发现，成年蜂的舞蹈具有教学作用，跟随成年蜂学习，能提高幼蜂舞蹈行为的准确性。也就是说，社会学习塑造了蜜蜂的‘舞蹈语言’。”谭昱说，蜜蜂舞蹈就像人类、鸟类等脊椎动物的语言交流，和独自摸索相比，新手向有经验的个体学习能更好地获得技能。

研究还证实，脑容量很小的无脊椎动物也具备“言传身教”的能力，而相互交流和互动正是蜜蜂社会取得成功的基石。这一系列研究对探索人类和动物语言的起源和演化具有重要的科学启示。

## 吸烟成瘾或导致脑白质功能网络异常

◎实习记者 沈唯

进入4月，百花盛开，杨柳依依，又到了部分鼻炎患者喷嚏不断的时节。除了花粉、杨柳絮，二手烟也让鼻炎患者避之唯恐不及。

面对有害无益的二手烟，人们不禁会想：吸烟为何会上瘾？戒烟为什么这么难？科学研究正在一步步逼近答案。

众所周知，吸烟成瘾是全球性公共健康威胁之一，也是社会中主要的可预防死亡和疾病的原因。伴随着认知功能损害，吸烟成瘾会导致人体全身其他系统的病变，白质结构的损伤就是吸烟者大脑病理改变的核心改变之一。

白质是中枢神经系统中一个主要组成元素，而脑白质是大脑信息传递的桥梁。因此，研究吸烟者白质功能的变化，对揭示吸烟成瘾的神经机制具有重要意义。

日前，中国科学技术大学认知神经心理学实验室张效初教授团队首次揭示了吸烟者白质功能网络的异常，相关研究成果以《尼古丁成瘾中白质功能网络的变化》为题发表在《精神病学研究》(Psychiatry Research)上。

### 揭开吸烟成瘾背后的复杂机制

“成瘾行为背后的生理和心理机制是很复杂的。”上述论文共同通讯作者、中国科学

技术大学人文与社会科学学院心理学系特聘副研究员查汝晶告诉记者，从生理层面来讲，成瘾行为会引起神经适应性改变，使人们逐渐对其产生依赖。在这一过程中，大脑的奖赏系统和决策系统起到了重要作用。而从心理学角度来看，成瘾的原因往往还涉及情感和压力。“很多人会通过成瘾行为来缓解自己的不适或压力，也有的是为了寻求快感和享受。”查汝晶说。

吸烟成瘾的机制与其他成瘾行为类似。“我们都知道，烟草中的尼古丁成分是导致吸烟成瘾的主要物质。它会刺激大脑中的奖赏系统，同时释放多巴胺，让吸烟者产生愉悦感和放松感。”查汝晶表示，长期吸烟会导致人体产生耐受性，这使吸烟者需要摄入更多的尼古丁，才能感受到相同的愉悦感。

吸烟成瘾者的大脑结构与功能在多个方面表现异常。在大脑结构上，吸烟成瘾者可表现为大脑灰质体积下降、皮层厚度缩小、白质结构纤维性与炎症反应等。而在功能上，相较于健康人，成瘾者表现为神经环路的功能连接异常。查汝晶介绍，既往的多项研究表明，吸烟者大脑的结构和功能异常，与吸烟的严重程度和认知损伤的程度密切相关。

成瘾行为一旦形成就很难改变，许多吸烟者在尝试戒烟后往往会出现焦虑、烦躁、无精打采等戒断症状，这会让吸烟者选择再次吸烟。

除了生理上的成瘾，吸烟也与情感和

从生理层面来讲，成瘾行为会引起神经适应性改变，使人们逐渐对其产生依赖。在这一过程中，大脑的奖赏系统和决策系统起到了重要作用。而从心理学角度来看，成瘾的原因往往还涉及情感和压力。

生活和工作中的焦虑，或者是把抽烟当作一种社交和习惯性行为。这些也会让人们更容易吸烟成瘾。”查汝晶说。

### 吸烟成瘾或引起多维度脑损伤

“在这项研究中，我们利用功能磁共振提取了被试的白质功能信号，并通过小世界模型来探索吸烟成瘾者与健康人在小世界网络拓扑指标的差异。”查汝晶解释，功能磁共振是研究人脑活动最常用的得力方法之一，具备良好的时空分辨率，安全性高，还可承载丰富的神经心理信息。

而小世界模型是图论分析方法中能

够反映大脑结构与功能的网络模型，因此研究团队以吸烟者白质功能的小世界网络拓扑异常指标作为特征提取，进而利用机器学习的方法对成瘾者与健康人进行分类。

此外，研究还设置了另一批独立的被试，通过建立模型对吸烟者的成瘾严重程度进行区分。

研究团队发现，吸烟成瘾者在全脑白质功能的小世界网络中，表现出小世界属性和脑功能信息分离能力的下降。小世界属性是反映大脑功能的拓扑指标，其下降反映了大脑功能的异常，而脑功能信息分离能力下降则会造成功能网络的损伤。白质功能网络的紊乱，能够反映阿尔茨海默病、癫痫、帕金森病、重度抑郁症、精神分裂症等一系列神经精神障碍的严重程度。

“当前对疾病进行干预时，前后观察的往往是大脑结构的改变以及灰质区域的功能变化。这项研究突破了传统研究中关注灰质功能的局限性，阐明了白质功能网络的重要性，表明吸烟引起的脑损伤是多方位、多维度的。”查汝晶表示，这一结论将为今后相关疾病的干预治疗提供新的干预思路，对白质功能的监测也有望成为一项重点观测的指标。

研究结果还表明，在疾病的分类与诊断方面，白质功能网络的拓扑异常能够成为一个良好的生物学标记物。在未来的研究中，可以进一步探索其是否能反映临床干预的效果以及疾病的转归情况。

## 新知

### 通用基因编辑工具

### 有望让失明者重见光明

科技日报讯（记者吴纯新 通讯员李芳）记者4月10日从武汉科技大学获悉，该校姚凯团队设计出新型通用基因编辑工具，并首次应用于失明小鼠的治疗，让小鼠重见光明。相关科研成果论文日前在《实验医学杂志》上发表。

全球大约有200多万人因基因突变而失明。通过基因比对，科学家发现100多种不同基因的突变都可能导致失明。

视网膜色素变性是人类失明的主要原因之一。这是一种进行性、遗传性、退行性病变，主要表现为慢性进行性视野缺失、夜盲、色素性视网膜病变和视网膜电图异常，进而导致视力下降甚至失明。

一直以来，治疗失明极为困难，临床上目前仍缺乏有效方法。同时，体内单碱基编辑和先导编辑的效用已在视网膜色素上皮中得到证实，相关研究成果显示出高水平的编辑效率以及对于视网膜生理功能的实质性挽救效果。

然而，很多概念验证研究需要进一步提高编辑效率和纯度，并且有必要应用于视网膜色素上皮以外的其他视网膜细胞类型。

目前已有的基因编辑工具只能改变一个位点的突变基因，且只能针对特定位置的突变基因进行编辑。对于视网膜色素变性这种可由多个不同基因的突变引起的疾病，治疗潜力显然不够。

为此，姚凯带领4名“90后”博士生，通过改变基因编辑的方式，构建了一种新的通用型基因编辑工具，并将其命名为PE<sup>SMY</sup>。该基因编辑工具克服了原有技术缺陷，既不受基因突变类型的限制，也不受基因突变位置的限制，能对全基因组进行无限制修正。经该技术治疗后，失明小鼠视觉能力几乎恢复正常。

上述研究率先在成体动物上实现无限制性基因编辑，也是首次实现直接编辑视网膜神经细胞基因组，特别是不健康或濒临死亡的感光神经元。

美国科学院院士、眼部疾病专家帕尔兹维克(Palczewski)教授对该成果给予高度评价，他认为这项技术具有重大的临床应用潜力，几乎适用于包括眼部疾病在内的所有已知人类遗传疾病。

姚凯表示，在充分把握安全性的情况下，基于该研究，最终有望开发形成一种基因药物，在患者眼部采用手术方式注射药物，最快2周后便可逆转视力损失，使之重见光明。未来，如果这项技术得以推广，或将造福全球上百万失明者。

### 铜系新型固态电解质来了

### 有助开发高比能全固态锂电池

科技日报讯（记者吴长锋）4月6日，记者从中国科学技术大学获悉，该校姚宏斌课题组、李震宇课题组与浙江工业大学陶新永课题组合作，设计开发出铜系金属卤化物基固态电解质新家族，实现了无任何电极修饰且室温可运行的全固态锂金属电池。相关研究成果论文4月5日发表于《自然》。

金属卤化物固态电解质因其宽电化学窗口、良好的室温电导率和不错的可变形性，展现出比氧化物/硫化物固态电解质更好的高压氧化物正极适配性。然而，目前报道的大多数金属卤化物固态电解质采用高电位的锂合金，限制了高能量密度全固态锂金属电池的开发。同时，传统的金属卤化物固态电解质晶格中氯离子是六方或立方紧密堆积，其空间体积较小，对锂离子的传导有一定限制。因此，开发对锂金属负极稳定的新型快离子导体框架结构是发展高比能全固态锂金属电池面临的关键挑战。

研究人员发现，铜系金属卤化物晶格中氯离子呈非紧密堆积形式，天然存在丰富的一维大尺寸孔道，适合锂离子的高速传输，并可通过铜空位形成连续的三维传导。

研究人员选择高价离子掺杂策略来制造铜空位，得益于大尺寸高速离子通道和相邻通道间超强的交换作用，优化的金属卤化物固态电解质表现出高室温离子电导率和低活化能，优于传统氧化物和最近报道的卤化物固态电解质，可与部分硫化物电解质相媲美。基于此，研究人员组装的全固态铜系金属原电池无须负极垫层和正极包覆等额外的常用界面稳定手段，即可实现室温下百圈以上的循环。

此外，研究人员还发现，铜系金属卤化物可容纳大量异种非铜系金属元素，且在此状态下仍能保持快离子传输的晶型结构特征。这一性质赋予了铜系金属卤化物框架极强的可拓展性。未来通过合理的元素设计，铜系金属卤化物固态电解质有望具备实现更高界面稳定性、更快离子传导和更廉价原料成本的巨大潜力，将成为一个全新的电解质家族。

### 铁络合物催化剂

### 可将甲烷高效转化为甲醇

新华社讯（记者钱铮）日本筑波大学和九州大学日前联合发布新闻公报说，双方合作研发出一种新的铁络合物催化剂，利用这种催化剂能将水溶液中的甲烷直接转化为甲醇。

甲烷在自然界分布很广，是天然气和沼气等的主要成分，可用作燃料及化工原料，但其提取、储存和运输比较困难，甲烷释放到大气中还会加剧地球表面温室效应。工业界一直在寻找经济高效的方法将甲烷转化为甲醇。这份新闻公报说，迄今有许多研究试图通过氧化甲烷的方式来制取甲醇，但甲烷是最难氧化的碳氢化合物，因此还没有一种方法能在温和的条件下高效地将甲烷转化成甲醇。

研究人员从自然界中一种能氧化甲烷的金属酶的结构和反应机制中获得灵感，研发出一种铁络合物催化剂。利用这种铁络合物催化剂，研究人员成功使水和乙腈混合溶剂（水体积占95%）中的甲烷在50摄氏度、约10个大气压的温和条件下发生氧化反应，将甲烷直接转化为甲醇。

研究人员认为，这项新研究中的催化剂捕捉与释放机制不仅可以用于甲烷到甲醇的转化，还有望帮助各种疏水性有机化合物在水溶液中进行高效化学转化，从而实现天然碳能源的更有效利用，并解决一些环境问题。相关论文已发表于最新一期英国《自然》杂志上。