

蚂蚁为啥能分工明确？原来是“脑回路”不同

□ 科普时报记者 胡利娟

在动物的演化历程中，一个重大转折事件就是社会组织的出现，让动物的适应性大为加强。现在通过解析蚂蚁为代表的社会性昆虫大脑细胞类群组成特点，中外科学家研究团队揭示了社会性昆虫伴随着社会分工而出现的脑特化现象，并构建了一个涵盖蚂蚁社会中所有分工角色的大脑单细胞转录组图谱。这项研究成果6月16日在《自然·生态与演化》杂志上发表。

蚂蚁不能单独生存

与人类社会不同，社会性昆虫在发育过程中就表现出了形态、生理上的分化现象，蚂蚁就是其中的典型代表。

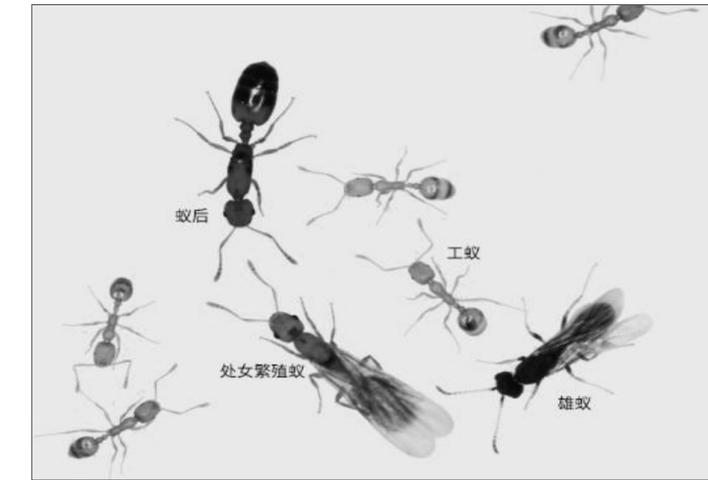
蚂蚁起源于1.4亿年以前的白垩纪时代，现存约两万个物种，广布于除极地冰原以外的所有陆地生态系统，是生物演化历程中最成功的动物类群之一。

蚂蚁不能单独生存，必须作为蚁群的一分子从事特定的分工，与其他蚂蚁紧密合作共同维持蚁巢的正常运转。一个成熟的典型蚂蚁群体内至少存在4种不同的成体形态：蚁后和蚁后的后代们，后者包括工蚁、雄蚁和新的处女繁殖蚁。蚁后专职负责繁衍后代，而工蚁则完全或部分丧失了生殖潜能，专门负责觅食、育幼、筑巢、防御等除生殖外所有工作。

“虽然工蚁和蚁后具有同样的二倍体基因组，但却表现出明显的形态、生理和行为的分化。”论文第一作者、华大生命科学研究院研究员李启业介绍说，多数蚂蚁物种的工蚁没有繁殖能力，它们只负责打理巢穴的事物，而繁殖任务是由繁殖蚁来承担的。未交配的繁殖蚁有翅，交配后雄蚁死亡，雌蚁翅膀脱落，成为真正的蚁后。

脑结构分化促使分工明确

为进一步揭示蚂蚁品级分化的内在机制，研究团队以法老蚁为模式生物，通过单细胞转录组测序技术展开了研究。



图为法老蚁的社会品级分化（刘薇薇等制图）

制，研究团队以法老蚁为模式生物，通过单细胞转录组测序技术展开了研究。

法老蚁是一种适应性极强、对生长环境要求低、世界广布的蚂蚁。其个体小、繁殖快、发育周期短、群体数量庞大，且易于实验室多代大量饲养。法老蚁这些生物学特点使其能够成为社会性昆虫研究的模式物种。

“同一个体的体细胞的细胞核具有相同的遗传物质，但是不同的体细胞却具有不同的功能。”李启业介绍说，这是因为在不同的细胞中由不同的基因发生转录的结果，因此通过对不同细胞转录情况的测序

和分析，可以确定这些细胞承担的功能。

通过比较法老蚁四种成体大脑的细胞组成，显示蚂蚁不仅在体形上有明显分化，在脑结构和功能上也存在明显分化，比如负责高级认知功能的蘑菇体细胞在工蚁中非常发达，嗅叶细胞也很发达，而雌蚁则是视叶细胞非常发达，雌性繁殖蚁的大脑则介于工蚁和雄蚁之间。

“这意味着工蚁是更倾向于嗅觉感知的动物，能够处理复杂信息，拥有更为灵活的行为策略，雄蚁则视觉系统极度发达，而处女繁殖蚁和蚁后具有中间形态的大脑，可以在必要时担负各种职责，它们的

大脑可能更接近蚂蚁社会性起源之前的祖先状态。”论文共同通讯作者、中国科学院昆明动物研究所副研究员刘薇薇如是说。

构建首个全品级蚂蚁大脑单细胞转录组图谱

不仅如此，研究团队还构建了一个覆盖“超个体”蚂蚁全部成体形态的大脑单细胞转录组图谱。

“我们通过华大自主研发的单细胞建库平台和测序技术，获得了涵盖法老蚁工蚁、处女繁殖蚁、蚁后、雄蚁4种全品级大脑，总共206367个高质量的单细胞核转录组数据。”论文的另一位共同通讯作者、华大生命科学研究院研究员刘传宇介绍说，这是世界上首个全面覆盖蚂蚁社会中所有分工角色的单细胞图谱。

该图谱划分出43种不同细胞类群，注释出蘑菇体细胞（负责学习记忆等高级认知功能）、视叶细胞（视觉信息处理）、嗅觉投射神经元（气味信息处理）、单胺类神经细胞，以及多种类型的胶质细胞。

通过比较蚂蚁与果蝇大脑细胞组成的差异发现，蚂蚁中负责高级认知功能的蘑菇体细胞的丰度显著提高了，其功能也发生了明显的多样性分化，表明昆虫社会性生活方式的出现可能影响到大脑高级认知中枢扩张及多样性分化。

不同于蘑菇体细胞，负责处理视觉信息的视叶细胞则表现出高度保守的特征。尤其果蝇中负责感知物体的运动，使得雄果蝇在求偶仪式中能高效追踪雌果蝇的视叶细胞，这类细胞在蚂蚁中也存在，而且在蚂蚁大脑的分布位置及所表达的特定分子与果蝇高度相似。这说明尽管蚂蚁与果蝇在演化历史上已分开了数亿年，但它们在脑中仍然有很多种类的细胞保持着同样的分子特征，行使着相似的功能。

打好蓝天保卫战：从源头控制一次污染物排放

□ 李俊华

日前，生态环境部发布《2021中国生态环境状况公报》，其中关于大气污染防治成效的数据格外亮眼：环境空气质量6项指标年均浓度同比首次全部下降，PM2.5浓度更是同比下降9.1%。

这是一张漂亮的成绩单，也是去年我国大气污染防治工作成效的体现。但总体而言，我国生态环境保护结构性、根源性、趋势性压力总体上尚未根本缓解，重点区域、重点行业污染问题仍然突出，实现“碳达峰、碳中和”任务艰巨。

大气污染的严重性和复杂性不仅在于排污总量的增加和生态破坏范围的扩大，还表现为生态与环境问题的耦合交互影响，其中可吸入颗粒物（PM10）、细颗粒物（PM2.5）

为特征污染物的区域性大气环境问题比较突出，大气污染已呈现出多污染源多污染物叠加、城市与区域污染复合、污染与气候变化交叉等显著特征。

不同于电力行业的相对规模化和系统化，非电行业的炉窑种类多，各行业的生产工艺、设备、原料、燃料等差异性大，排放烟气的成分和温度等复杂多变，减排压力大。

煤炭燃烧排放的大气污染物除了二氧化硫、氮氧化物、烟尘等常规污染物，还掺杂二恶英、汞等剧毒的非常规污染物。这些排放到大气中的一次污染物，经过一系列复杂的化学反应，会形成以细颗粒物PM2.5和臭氧为特征的大气复合污染。因

此，改善空气质量的关键是大幅度减排一次污染物的排放，即从各类污染物减排的源头开展烟气污染物的协同深度治理，包括电力、钢铁、建材、有色及石油化工等行业的污染物控制。

在治理大气污染的过程中，脱硝是去除氮氧化物最有效的办法，脱硝过程当中要用到还原剂，经过氧化还原反应把氮氧化物变成氮气，这是最彻底的氮氧化物净化方法。我国燃煤烟气中，燃煤锅炉的负荷变动大，粉尘含量比较高，极易造成催化剂中毒，而且催化剂容易塌陷和磨损。

在治理工业烟气过程之初，引进的国外催化剂在使用过程当中经常会出现中毒、塌陷等情况。基于这些痛点，清华大学科研团队

研发出能够在燃煤锅炉低负荷状态下实现高效脱硝的催化剂，并且经受住了结构磨损等问题的考验。而在面临钢铁行业烟气问题时，科研团队创新出了一种具有一定的催化能力、可吸附的碳基功能材料，把氮氧化物变成氮气，同时回收二氧化硫等污染物，资源化再利用变成硫酸，最后将没有利用价值的成分变成没有污染的气体，再排放到大气中，使得钢铁行业逐步有了一条可循的技术路线。

从技术角度来看，在治理大气污染方面我们已取得不少成果，但打好蓝天保卫战还需社会各界认真践行绿色低碳的健康生活方式，才能真正保护好我们的地球家园。（作者系清华大学环境学院教授）

元素家族

让火箭推进剂燃料更环保的铈

□ 宋丹

铈，元素周期表第58号元素。

铈是丰度最高的稀土金属，和之前发现的钇、钪元素一起，为发现其他稀土元素打开了一扇大门。

1803年，德国科学家克拉普罗特在一块产于瑞典小城瓦斯特拉斯的红色重石中，找到了一种新元素的氧化物，在灼烧时出现橘色，同时瑞典化学家贝齐里乌斯和希辛格也在该矿石中发现了同一元素的氧化物。直到1875年，人们用电解法从融化的氧化铈中得到金属铈。

金属铈很活泼，能燃烧生成粉末状的氧化铈。混有其他稀土元素的铈铁合金，与坚硬的物体摩擦时能擦出漂亮的火花，引燃周边的可燃物，是打火机、火花塞等点火装置里的关键材料。它自身也会燃烧，并伴有漂亮的四射火星，添加的铁和其他稀土元素，只是为了加强这些火花的效果。用铈做成或浸有铈盐的网罩能增加燃料燃烧的效果，成为非常优良的助燃剂，可节约燃油。铈也是很好的玻璃添加剂，能吸收紫外线与红外线，被大量应用于汽车玻璃，不仅能防紫外线还可降低车内温度，节约空调用电。

铈更多的应用是基于三价铈与四价铈之间的转换，在稀土金属中具有相当独特的性质。这一特性，可以让铈有效存储和释放氧，能应用于固态氧化物燃料电池中，用来催化氧化还原反应，从而获得电子的定向移动形成电流。浸渍了铈和钨的沸石可以作为精炼过程中的石油裂解催化剂。使用氧化铈和贵金属的汽车三元触媒转换器，能将有害燃料废气转化为无污染的氮气、二氧化碳和水，有效防止大量汽车废气排放。由于可以吸收氧，人们也在探索抗氧化剂疗法中如何利用氧化铈纳米颗粒。美国研制出一种固体激光器系统中就含有铈，它可以通过监测铈离子浓度用于探查生物武器，还可用于医学探测。

因为独特的光物理特性，铈还是非常重要的催化剂，廉价的二氧化铈在催化剂领域受到科学家们的青睐。2018年7月27日，《科学》杂志刊登了一项由上海科技大学物质科学与技术学院左智伟团队研究的重大科研成果——用光促进甲烷转化，其转换流程中关键是找到了一种廉价、高效的铈基催化剂和醇催化剂的协同催化体系，有效地解决了利用光能在室温下把甲烷一步转化为液态产品的科学难题，为甲烷转化成高附加值的化工产品，例如火箭推进剂燃料提供了崭新、经济、环保的解决方案。

（作者系武汉市第二十中学化学教师、武汉市科学家科普团成员）

人工智能有意识？脑洞开得有点大

（上接第1版）

雷金生前就曾警告过人类，人工智能的全面发展或许意味着人类的灭亡。“钢铁侠”马斯克也曾向人类疾呼，如果看到机器人在大街上伤人，人们根本不会知道该如何反应，因为他们看起来如此空灵。

或许我们只是“自作多情”

对于人工智能诞生出自我意识的争论，有人找出千百个理由和证据，有人则认为只是“自作多情”。认知科学家、研究复杂系统的梅拉尼·米歇尔认为，人类总是倾向于对有任何一点点智能迹象的物体做人格化，比如小猫小狗。

国内不少行业人士也认为，从人工智能技术的角度看，LaMDA模型进行了训练数据比之前的对话模型大了40倍外，似乎与其他语言模型也没什么特别的。这些年人工智能的确创造了很多奇迹，但冷冰冰的无机物堆砌起来的产物

会产生人类意识还是让人感觉难以置信。

猎户星空董事长傅盛告诉科普时报记者，目前的人工智能完全不可能诞生自我意识，甚至连语义理解都达不到，诸如在复杂环境中常识的推理和运用上，人工智能与人的能力还有很大差距。

从技术发展趋势来看，人工智能被区分为弱人工智能、通用人工智能和超级人工智能。弱人工智能也被称为狭义人工智能，是专攻某一领域；通用人工智能也叫强人工智能，指的是一台像人类一样拥有全面智能的计算机；至于超级人工智能，目前只是人们对科幻作品中智能机器人所拥有能力的期待。

王超认为，当前的人工智能顶多只能算是一个听话、精力充沛的“笨小孩”而已。“我们最常见的人工智能应用只是弱人工智能，而人类对人工智能的美好向往其量还只是建立在通用人工智能的基础之上，至于高级到人工智

能诞生自我意识，实则需要超越人类对超级人工智能的定义。”

从产业发展角度来看，人工智能已经在弱人工智能阶段停留了过长的时间，通用人工智能才是接下来技术发展的方向和人们对人工智能的期待。

“创建通用人工智能比创建弱人工智能难多了，现在还没有成熟的案例。”特斯联席首席科学家邵岭博士告诉记者，产业从弱人工智能向通用人工智能迈进还有重重困难，人类距离通用人工智能还很遥远，或许在未来也难以实现！

LaMDA终究只是一个经过超大数据量训练的智能对话模型，相较于普通的人工智能对话模型或许真的存在一些“惊为天人”之处，就像前几天在高考作文上大放异彩的百度数字人度晓晓一样，大训练模型助其在特定文写作方面拥有了赶超人类的能力，但也仅此而已，离诞生自我意识还有十万八千里的距离。

台风强度为啥难预报

□ 张翰

热带气旋发生和发展于热带洋面上中尺度的天气系统，呈逆时针旋转结构。风速每秒大于32.7米的热带气旋，在西太平洋沿岸被称为台风，在大西洋沿岸被称为飓风。由于台风伴随大风和暴雨，往往引起途经地区巨大的灾害，特别是我国沿海地区每年都会受台风及其伴随的灾害，如风暴潮的影响。因此如何准确预报台风对于沿岸地区的防灾减灾有着重要的意义。

随着科技的进步，过去几十年来台风的路径预报的误差迅速减少，而强度预报的误差改进较慢，因而有必要重新审视台风发生、发展和变化的过程和机理。

台风虽然发生发展于海洋，路径主要由大气的背景气流控制，台风南部和北部受到地球的地转偏向力不同，总有往北偏移的趋势，可以将其想象成水面上漂浮的小舟随波逐流。总体来说，西北太平洋台风在产生之后会往西北方向移动。由于过去几十年国际大气的数值预

报模式的发展，使得台风路径预报能力迅速提高，然而为何台风强度预报的改善不明显，对此学术界众说纷纭：有的学者认为是对台风顶部的上边界层以及海洋接触的下边界层的物理过程认识不足，有的学者认为是对台风本身的变化机制理解不足，有的学者则认为是对海洋和台风相互作用认识不足。

从海洋和台风的相互作用来看，台风普遍发生发展在温暖的洋面上，一般认为海表温度在26.5℃以上，暖的海表能向台风输送热量和水汽，使其增强。由于台风风场在海表存在辐合，因此增强后的台风能将更多水汽和热量带至内部，变得更强，此为海洋和台风的正反馈过程。然而，台风并不会无限增强，这是因为台风也会引起海表温度降低，使得海表不能再提供足够的热量和水汽，导致台风不那么容易增强，甚至出现减弱现象。总之，海洋和台风的相互作用过程导致了台风时强时弱的情

况。最新研究表明，在上层海洋不容易混合或者上层海洋暖水比较深厚的地区，海表不容易冷却，往往容易导致台风快速增强，反之台风减弱。由于目前台风预报模式中的海气耦合仍有提升空间，比如上层海洋温度的实时变化、水平分布的变化，以及海洋的反馈过程等，因而这可能是局限台风强度预报的关键因素。

从台风期间的海气界面情况来看，台风会导致海气界面呈现气和水之间的“泡沫”状态，也会引起强烈的海面波浪，使得这一层的物理性质明显变化。比如常用的计算风应力的拖曳系数，在低风速下随风速增加，而在台风这样的风速下则呈现基本不变甚至减少。“泡沫”状态下海表的海气热通量和水汽通量与平时也有显著的不同，甚至也会影响海气界面气体，如二氧化碳和氧气的交换。由于台风本身强度的变化很大程度上源自对海表热量和水汽的吸收，而

你是否曾为所从事的工作废寝忘食？那一刻，你仿佛潜入了一所深邃静谧的思维殿堂，隔绝了外界的喧嚣，唯觉一股兴奋而充实的暖流涌上心头。你所体验的正是积极心理学所描述的“心流”！

2020年上映的奇幻喜剧动画片《心灵奇旅》以充满奇思妙想的剧情，将“心流体验”这一心理学理论搬上荧幕，为观众呈现一场探索生命意义的非凡旅程。男主角乔伊是一位普通的中学音乐老师，刚刚获得一个梦寐以求的演出机会，与成为职业爵士演奏者的理想更近了一步。然而出于一时狂喜，乔伊没有看清脚下的路，不慎坠入一个未封闭的下水道，从而陷入深度昏迷，踏上了一段“心灵奇旅”，与一位“22号”的虚拟人物产生交集并一同探寻各自的人生归属。

“心流体验”是积极心理学创始人、匈牙利教授米哈里·奇克森特米哈伊1975年提出的心理学概念，描述了一个人在完全投入到一项既愉快又有挑战性的工作时，失去空间感和时间感的状态。米哈里将这种状态称为“最佳体验”，通常伴随完全沉浸、感到狂喜、充满动力、目标清晰、勇于接受挑战、内心平静且不愿被打扰等外在表现。

影片中，乔伊的“心流体验”具体表现为，在演奏爵士乐时的忘我状态，当手指在黑白琴键上轻快起舞，音乐如泉水般潺潺流淌，周围人的呼吸似乎都静止了。全情投入的乔伊忘却了周遭的一切，达到近乎“物我两忘”的境界。乔伊的感受其实就是我们大部分人都经历过的“沉浸式体验”——无论是聆听动人旋律时的如痴如醉，还是沉迷于精彩剧情时的不可自拔，“心流”就是一种强烈的自驱力和专注力，引导我们在从事所爱之事时全身心投入，主动排除外界干扰，实现个人体验的最优化。

乔伊和“22号”的虚拟人物都面临着同一个考验——凑齐“火花”，即象征各自人生中的精彩时刻和最重要的事物。

在剧情开端，“22号”虚拟人物空虚消极、自暴自弃，甚至认为生活毫无意义，而一次意外使“22号”的虚拟人物进入了乔伊的身体，并体验了几天他的日常生活。在经历了一系列琐碎却又温馨的片段后，“22号”虚拟人物幡然醒悟：所谓的“火花”并不一定是恢弘壮阔的梦想和聚光灯下的焦点时刻，无论是演奏之于乐手，烹饪之于厨师，还是剪发之于发型师，每一种看似平凡的人生都可以活出属于自己的精彩。

虽然这是一部天马行空、童真奇幻的动画片，《心灵奇旅》却以真诚的口吻回应了“什么是生命的意义”这一宏大的哲学命题。通过展开乔伊和“22号”虚拟人物各自对“火花”的感知和理解，影片诠释了“幸福是一项每个人都可以掌握的潜能”，而开启这扇幸福之门的钥匙正是“心流体验”。当我们全身心投入到一件具体而实在的事情，并达到足够的专注度时，我们便收获了内心的平静和喜悦。这种唤醒“心流体验”的能力，使我们在漫漫人生旅途中持续收获感动、满足与希望。

（作者系北京今日美术馆媒体中心新媒体编辑）



栏目主持人：任贤泰

新“十万个为什么”

100000 Why

新“十万个为什么”

100000 Why