

# 听！昆虫分泌物能“唱歌”

■本报记者 唐凤

一些昆虫能分泌化学物质击退“敌人”。人类有时能闻到它们，甚至看到它们，但是很难想象可以听见这些物质。

近日，研究人员首次提出了一种理解单一及混合昆虫分泌化学物质生物活性的新方法，即通过一个声化过程将昆虫分泌物的化学信号建模为听觉信号。换句话说，他们将分泌物的化学成分转换成了可以听到的声音，并测量了人类的反应。

9月23日，相关论文刊登于《模式》。

## 听见分泌物

叶蜂幼虫能分泌挥发性化学物质击退捕食者，尤其是蚂蚁。

一直以来，研究人员通过组织猎物和捕食者评估这些防御措施的有效性，即所谓的生物测试。但仅使用生物测试很难量化复杂混合物的生物活性——如昆虫释放的挥发性防御分泌物，以及单一化合物对混合物驱避性的影响。

“生物测试本身可能很困难，例如，人们难以采集到足够的猎物和/或捕食者。”论文通讯作者、比利时皇家自然科学研究所昆虫学家Jean-Luc Boevé在接受《中国科学报》采访时说。

2009年4月，Boevé首次提出了将挥发性化学物质转化为声音的想法。

“一些小分子，比如醋中含有的醋酸或一些蚂蚁释放的刺激性甲酸，非常易挥发，并能迅速扩散到空气中。”Boevé说，“所以，我认为有可能将不同程度的挥发性转化为相应高低的音调，以及将其他化学特征转化为声音特征。”

实际上，化学物质能通过一种名为声化的过程转化成声音。每个分子的重要特征，比如它的分子量和官能团，都可以被映射到声音的不同参数上，比如音高、持续时间和音色。

“我们选择将化学物质转化为听觉信号的一个主要原因是，这两种信号都是随着时间的推移而进化的，例如闻到的气味和听到的声音，这两种感知从开始到结束通常都随时间而变化。”Boevé说。

## 蚂蚁啥感受

Boevé和布鲁塞尔工业研究所信息工程师Rudi Giot将这些化学信息输入到一个合成器中，后者会为每个分子制作声音，然后这



通过抬高腹部，昆虫随时准备在受到骚扰时释放防御性挥发物。 图片来源：Jean-Luc Boevé

些声音会在不同的音量水平上被混合，最终录下昆虫防御性分泌物的“声音”。

“化学信号介导了昆虫主要的生态相互作用。为了在不同感知中表征化学数据，我们在分贝水平上混合了转化后的声音信号，以反映这些化学物在不同物种的特定分泌物中的相对浓度。”Giot说。

那么，这些声音能很好地代表分泌物吗？如何判断？

“我们的主要目标就是回答这两个问题。最初，我们假设听到的声音可以代表挥发物，这一假设得到了刺激传播时空动态模拟的支持。”Boevé说。

之后，研究人员通过生物检测，对比了人类听众与捕食者（这里是蚂蚁）对这些防御性挥发物的反应，进而验证了这一假设。统计分析表明，蚂蚁对挥发物的反应与人类对相应声音的反应类似。

他们还量化了这些声音使人类感到不愉

快的程度——测量受试者与扬声器有多远才能到达“舒适距离”。他们表示，在大约50名参与者中，有一部分人将这些声音描述为不愉快甚至令人恐惧的声音，可以与恐怖或科幻电影中的背景音乐片段相媲美。

“声化使我们能够通过听到防御性分泌物的生物活性得到新认识，并通过测量声音强度量化这种认识。”Boevé说。

这项研究还利用了这样一个事实：人脑处理信息的方式因信息感知器官的不同而异。Giot说：“通常，声化过程用于检测大数据集的特定元素。例如地震数据中记录的地震，或者互联网数据流中的网络黑客行为。”

## 用声音感知

实际上，为了理解一个复杂现象，声学经常被用来连接两个不相关的领域。除了昆虫分泌物，细胞、病毒、辐射、天体甚至“上帝粒

子”等都能有自己独特的声音。

声化技术的使用可以追溯到1908年甚至更早——德国物理学家盖革当时设计并制成了第一台 $\alpha$ 粒子计数器。辐射会使计数器中的气体电离产生电流脉冲，从而发出连续不断的咔嗒声。该设备至今仍是核物理学和粒子物理学不可缺少的探测器，是实验室中敏锐的“眼睛”。

新冠肺炎疫情期间，新冠病毒刺突蛋白结构也被转译成音乐。美国麻省理工学院的Markus J. Buehler同样使用声化技术，给每个氨基酸分配一个独特的音阶音符，从而把整个蛋白质转换成初步的乐谱。编钟声、拨弦声、长笛声代表了刺突蛋白的不同方面。研究人员认为，这种方法比传统的蛋白质研究方法（如分子建模）更快、更直观，可以帮助科学家更容易找到抗体或药物可能结合的蛋白质位点——只需搜索与这些位点对应的特定音乐序列。

高能物理学家Piotr Traczyk为了纪念欧洲大型强子对撞机发现“上帝粒子”——希格斯玻色子，选取了搜索过程中的两张主要数据图，将其中一张图的数据转化为音符，最终谱写出一首希格斯玻色子重金属摇滚乐。

另一方面，声音也能“创造”全新蛋白质。

Buehler团队将蛋白质的复杂结构转化成乐谱，随后给电脑一个序列，人工智能系统就能设计出一种在自然界中从未有过的蛋白质。相关论文刊登于《APL生物工程》。Buehler表示，这样一种方法为制造全新的生物材料铺平了道路。

不过，对于昆虫分泌物研究而言，声化技术还存在限制。该技术仅限于对利己素的研究，可能在诸如信息素的研究中没有用处。“信息素作用于同一种个体之间，利己素作用于物种之间。信息素在进化过程中被精细地调节以引出特定行为，例如聚集、警戒和繁殖等。从化学角度来看，信息素通常比异种激素混合物简单得多——包含的化合物更少。”Boevé说。

目前，研究人员正继续研究其他大型化学物质数据集，以开发挥发性物质声化创新方法。Boevé希望新方法能与现有的挥发性物质测试技术相互补充，特别是在昆虫较少的季节或难以获取足够分泌物的情况下。

相关论文信息：  
<https://doi.org/10.1016/j.patter.2021.100352>  
<https://doi.org/10.1063/1.5133026>

## 科学线人

全球科技政策新闻与解析

### 南半球科学家 在发展研究中代表性不足



许多与发展中国家有关的研究主要由发达国家研究人员主持。 图片来源：Andrew Baker

近日，一项发表于《应用经济学快报》的研究对近25000篇论文的分析发现，与发展中国家有关的经济问题研究主要由发达国家研究人员领导。尽管许多研究都集中在发展中国家或地区，但几十年来，这些国家或地区研究人员发表的相关文献一直很少，代表性不足。

经济学家分析了发展和发展政策研究的期刊文章、引文和会议报告数据，发现1990年至2019年间，在20项备受关注的发展研究相关期刊上发表的24894篇文章中，只有16%的文章是由发展中国家研究人员撰写的。而发达国家研究人员撰写的论文占比达73%，双方研究人员合作撰写的论文占比为1%。

“我们都清楚世界上存在结构性障碍。”文章合著者、美国新学院大学经济学家Grive Chelwa说，“一旦你开始以系统的方式量化它，问题的严重性就真正显现出来了。”

Chelwa团队发现，在15117篇明确关注某个发展中国家或地区的文章中，62%的文章是由发达国家研究人员撰写的。发展中国家研究人员在文章引用和主办国际发展会议等方面的表现也不足。

上述研究结果与以前的研究结果相呼应。比如，2016年发表于《欧洲发展研究杂志》的一项研究发现，2012年至2014年间发表的发展研究相关论文中，只有14%的论文作者来自发展中国家。

“在过去几年里，这种情况似乎并没有发生太大变化。”南非开普敦大学经济学家Zaakir Asmal说。

Chelwa指出，一些国家获得研究资金和研究机会有限，研究人员从发展中国家迁移至发达国家等，可能是导致发达国家在发展研究中占主导地位的部分原因。

“相对来说，（发展中国家研究人员）与发达国家研究人员同样作出重大贡献是比较普遍的，但他们可能因为对数据集或其他细节不熟悉，因此只会出现在致谢信中而不是成为合著者。”巴西米纳斯联邦大学经济学家Gustavo Britto说。

Chelwa希望未来能够看到发达国家和发展中国家研究人员在“平等伙伴关系”的基础上进行更多合作，以及增加发展中国家学者在期刊编辑委员会中的比例。（徐锐）

## 相关论文信息：

<https://doi.org/10.1080/13504851.2021.1965528>

## 凭“空”造淀粉

（上接第1版）

他告诉记者，在实验室里，规模还比较小，平均1小时能合成出的淀粉只有几克，但是按照目前的技术参数，在能量供给充足的条件下，1立方米的生物反应器年产淀粉量相当于5亩土地玉米种植的淀粉平均年产量，这为淀粉生产的车间制造提供了可能。

“如果人工合成淀粉示范可以达到理论能量转换效率的80%，那么10度电大约可以合成1千克淀粉。”马延和说。

同时，蔡韬也直言，产业化应用还有很大挑战。一方面，在工程生物学基础理论和工程设计方面还有问题要解决；另一方面，就经济性而言，从控制过程成本初步计算，只有二氧化碳到淀粉合成的电能利用效率再提高数倍，淀粉合成的碳素转化速率再提高数十倍，才能与农业种植竞争。因此，实现工业化生产，还需解决诸多的科技难题。

## 五问：接下来还要做什么

“我们做的是应用导向的基础研究，目前取得的只是阶段性进展，后面还面临着很多难题。”蔡韬表示，科研团队已经迈出了第一步，即从理解细胞的基础代谢原理到设计细胞外生物化学反应途径。接下来，他们还要建立从二氧化碳到淀粉的可控网络和生态系统，并尝试在细胞内实现淀粉的人工合成。

产业化也是他们努力的方向。“我们计划在未来5至10年内，建立工业示范，以工业尾气为原料，利用光伏等可再生能源分解水提供氢气，在化学反应器中进行二氧化碳高效还原，在生物反应装置中合成淀粉。”马延和说。

此外，蔡韬表示，目前研究团队规模尚小，希望与相关研究所、大学和企业等创新力量加强合作，推进人工合成淀粉工程化进程。

“中国科学院将集成相关科技力量，一如既往地支持该项研究深入推进。”中国科学院副院长、中国科学院院士周琪表示，后续研究团队还需要尽快实现从“0到1”到“1到10”的突破和“10到100”的突破，最终真正解决人类发展面临的重大问题。

## 环球科技参考

中国科学院兰州文献情报中心

### 新型量子成像仪 可监测油气开发甲烷泄漏

近日，英国研究与创新机构(UKRI)发布消息称，布里斯托大学QLM技术公司研发出一款新型的量子成像仪，可以实现对石油和天然气开发过程中甲烷泄漏的监测，将有效支撑未来油气行业的安全生产和温室气体排放管控。该研究是UKRI投资224万英镑资助的“单光子激光雷达碳排放成像”(SPICE)项目的重要成果。

随着天然气成为主要的化石燃料，工业气体泄漏正在成为碳排放的主要来源。

甲烷如果被释放到大气中，其温室气体效应比二氧化碳强84倍。因而甲烷的大规模泄漏将引发严重后果。

科学家估计，如果仅3.2%的甲烷从气井中泄漏而不被燃烧，那么天然气的环保性比煤炭更差。

因此，必须尽量减少或完全消除甲烷泄漏。

SPICE项目组建立了一个世界领先的科学和工业联盟，旨在开发基于时间相关单光子计数的气体（甲烷）成像仪，这是量子技术的早期应用之一。

这项革命性的技术将实现对工业甲烷泄漏的低成本精确检测，使全球天然气行业能够控制温室气体排放，以减缓气候变化。

此前基于激光的甲烷检测系统需使用复杂且昂贵的镜子阵列将光线反射到传统探测器中。相比之下，QLM技术公司的产品使用了一个单光子雪崩探测器，它

非常敏感，只需探测几个光子，因此不需要镜子就能“看到”气体。

开发人员指出，油气行业甲烷排放规模是巨大的，仅在北美就有50多亿口生产中的气井，全世界还有数千个海上钻井平台和天然气储存设施。

在英国，有24个主要管道压缩机站——其主要为长距离天然气管道提

供能量，以及数百个地面存储装置。该成像仪可以持续检测、量化和模拟泄漏的发展，并在气体泄漏时立即通知工厂操作员。该技术代表了对当前检测方法的重大改进。

QLM技术公司未来将联合英国谢菲尔德大学、阿斯顿大学和布里斯托大学，扩大新传感器的气体探测范围，使之能够用于除甲烷以外的其他温室气体检测。

研究人员表示，该成果也为在农业等其他领域使用这项技术提供了可能。

（刘文浩）  
该研究由该国宇航局(NASA)商业小型卫星数据采集项目资助，是首批使用商业高分辨率率小卫星数据进行空气质量调查的研究之一，旨在研究如何将PlanetScope传感器数据应用到Planet公司部署的100多颗Dove小型卫星上，以开展细颗粒物空气质量评估。Dove卫星结构为3U配置，即每颗卫星由3个立方体卫星组合而成，尺寸为10×10×30cm。

由于目前全球范围内的大型地面空

气质量监测站网络

（比如美国环境保

护署的空气质量系统）只提供地面监测点的特定位置的空气质量信息，所以大气科学家利用各种卫星数据以填补其监测空白，并在广阔和连续的空间尺度上监测空气质量参数。而商业企业一直走在提供高分辨率卫星图像的前沿。Planet公司是业内

第一家在同一网络中为地球观测的特定目的发射众多小型卫星的公司，同时还有许多其他公司已经拥有或正在计划构建不同用途的小型卫星网络。Planet公司能够提供每日覆盖大部分地球陆地的高分辨率监测数据，这是大多数其他商用卫星所无法做到的，它们的任务是根据用户的要求专注于地球的特定区域。研究人员指出，尽管政府卫星也在提供空气质量信息，但其空间分辨率远不及商业卫星，例如NASA的中分辨率成像光谱辐射计只能提供精度低至250米的各种空气质量参数，但PlanetScope的精度可达3米。因此，在政府资助研发的卫星具有竞争力之前，商业卫星数据将在非常广泛的科学应用中受到高度追捧。

虽然商业卫星优势明显，但研究人员也发现了使用小型卫星进行大气颗粒物研究的一些缺点。研究人员称，研究是对使用商业高分辨率立方体卫星数据的可行性的初步调查，虽然这些数据显示了其在空气质量评估应用方面的良好前景，但如何确保数据一致性是需要考虑的主要问题，因为数据是由130多个独立传感器数据合并而成的。此外，小型卫星观测地球的波段数量有限，目前商用卫星传感器仅有3~4个波段，通常只覆盖光谱的近红外可见部分。这对于需要更多电磁波覆盖的研究来说无疑是一个缺点。

研究人员称，目前的工作首先是基于校准概念确定数据质量，然后则是评估地理位置的准确性。该研究为上述工作提供了框架和方法。未来还将进一步改进利用商业卫星的相关技术并继续评估数据质量。

（张树良）  
相关论文信息：

<https://doi.org/10.3390/rs13152981>

## 王晓东：科学家需要什么样的“自由”

（上接第1版）

今天，我国生物科技发展到了一个新阶段，与国际接轨的渠道已经完全打通。当下，一位科学家想成立一家生物科技公司，如果只是瞄准国内市场，只怕机

会不大，因为你做的事情大家都会做，所以一定要去追求更大、更艰巨的目标。我希望看到更多创业者瞄准国际市场，这将是一个非常健康的转变，也是一个值得奋斗的新阶段、新目标。

《中国科学报》：能否从您的自身经

历出发，谈谈科学家创业需要克服哪些惯性思维。此外，还有哪些建议？

王晓东：企业和科研有很大不同。科

学家发文章就像射箭一样，箭射到哪里，就在哪儿画一个靶子。而创业是要先有一个靶子，然后努力把箭射向靶心。二者难度是不一样的。而且，一旦箭已离弦，科学家自己能决定的事情就很少了。

从科学家角度来讲，如何摆正自己