

# 嘘，别惹蚂蚁！

## 研究揭示蚁穴背后的物理学原理

■本报记者 唐凤

在卡通片《别惹蚂蚁》中，卢卡斯欺负小蚂蚁时看到的只有草坪上冒出来的一个小土堆，中间有一个小洞，几只蚂蚁四处乱爬。蚁丘看上去很普通。

但当卢卡斯被神奇药水缩小后，一个蚂蚁地下王国展现在他眼前。隧道向下延伸，不断分支并通向专门的空间；蚁后的家、幼蚁的温床、食物储藏间、垃圾站等。25英尺的地下，在没有机械和加固材料的情况下，蚂蚁建造了一个能容纳数百万同伴的家园，并能维持数十年。

现在，利用X成像和计算机模拟技术，美国研究人员揭开了蚂蚁如何建造这些复杂而稳定的结构。相关论文刊登于美国《国家科学院院刊》。

### 有“想”才做

蚂蚁“知道”如何挖隧道吗，还是它们只是盲目地挖？加州理工学院的José Andrade一直有这个疑问。

但Andrade是一名工程师，对蚂蚁“一窍不通”，所以他求助于该校生物学和生物工程助理教授Joe Parker，后者的研究重点是蚂蚁及其与其他物种的生态关系。

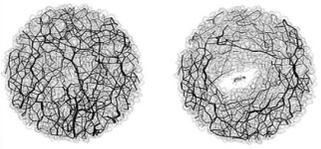
Parker说：“Andrade团队需要一个研究蚂蚁的人，以便深入了解这些群居昆虫的适应性和集体行为，弄清楚其挖掘行为机制提供一些生物学信息。”

《中国科学报》从加州理工学院获悉，研究人员花了近1年时间培养并了解蚂蚁。他们不仅需要繁殖足够多的蚂蚁进行研究，还需要进行大量试验。

研究人员在一个容器中建立了小型蚁群，容器中装有500毫升土壤和15只西方收获蚁。每隔10分钟，高分辨率X射线扫描装置就会捕捉到每一只蚂蚁和每一粒土壤的位置，每次试验持续20小时。

“蚂蚁有点反复无常，它们想挖就挖。”Andrade告诉记者，“我们把蚂蚁放在一个容器里，有些蚂蚁会马上开始挖掘，并会取得惊人的进展。但有些可能要花上几个小时，甚至根本不挖。有些蚂蚁会挖一会儿，然后停下来休息一下。”

一旦蚂蚁开始行动，研究人员就会对整个过程进行X光扫描，从而生成所有内部隧



▲在蚂蚁挖隧道之前，土壤颗粒之间的力链是随机排列的（左），但当蚂蚁挖隧道后，力链会重新排列。

▲研究人员站在蚂蚁穴模型旁边。

图片来源：美国加州理工学院

道的三维扫描图。研究人员可以借助扫描结果创建模型，显示蚂蚁随着隧道越来越深取得的进展。

### 蚂蚁也懂物理学

接下来，研究人员开始分析蚂蚁的实际工作是什么。

他们发现，首先，蚂蚁会尽可能地提高效率。它们会沿着容器的内边缘挖掘，因为容器本身能充当隧道结构的一部分，从而减少工作量。

它们会把隧道挖得尽可能直。“因为直线是两点之间最短的路径。而且，它们懂得利用容器的侧面，这表明蚂蚁的工作非常高效。”Andrade说。

蚂蚁也会尽可能地挖出陡峭的隧道，一直挖到所谓的静止角。这个角度代表了颗粒材料在崩塌前可以堆积的最大角度。

什么是静止角？Andrade提到，想象在海

滩上建造一个沙堡。如果用的是干沙子，加进去的每一勺沙子都会顺着已经堆好的沙子滑下去。更多的沙子会使沙堆更高、更宽，但永远不会变得更陡。如果使用湿沙，就能够把沙堆得足够陡峭，以建造墙、塔和沙堡等。

湿沙比干沙有更高的静止角，蚂蚁能分辨出挖洞时的角度能有多陡，而且不会超过这个角度。“如果我是一名挖掘者，如果要活下来，我的挖掘技术必须符合物理定律，否则隧道就会坍塌，我就会死。”他说。

蚂蚁隧道的物理原理是这样的：当蚂蚁移走土壤颗粒时，它们会导致隧道周围承重链的重新排列。这些力链在蚂蚁开始挖掘之前是随机的。重新排列后，力链一方面加固了隧道现有的土壁，同时减轻了隧道末端颗粒承受的压力，使蚂蚁更容易安全地移走它们。

“在工程学和蚂蚁生态学中，蚂蚁如何构建这些持续数十年的结构一直是个谜。”

Parker说，“事实证明，蚂蚁在挖掘时受益于这些环向力链。”

### 超级有机体

回到开头的那个问题：蚂蚁在挖洞的时候知道自己在做什么吗？

实际上，有人曾把熔化的塑料或金属倒进蚁巢，当它们凝固成模型后，人们就能看到这些巨大的隧道系统。“这些系统令人印象深刻。我曾看到一张模型照片，旁边有一个人。我在想，‘天哪，这真是一个奇妙的结构。’从那以后，我开始怀疑蚂蚁是否‘知道’如何挖掘。”Andrade说。

但是人们没有办法询问蚂蚁，于是，研究人员一开始就假设蚂蚁有意识地在泥土中摸索，寻找松散的土粒以便移走。这就像抽积木游戏，玩家需要选择哪块积木能安全取出来。而那些无法移开的石块，就是蚂蚁建筑的承重“梁柱”（即力链）的一部分。

“一开始，我们假设蚂蚁可以感觉到这些力链，并避免在那里挖掘。它们可能在不停地敲打土壤颗粒，以评估施加在这些颗粒上的机械力。”Andrade告诉记者，“但后来，我们发现，它们似乎并不‘知道’自己在做什么。它们没有系统地寻找沙子中的薄弱点。相反，蚂蚁可能根据物理定律进化出了挖掘能力。”

Parker将这称为行为算法。“这种算法并不存在于一只蚂蚁身上。”他说，“所有工蚁的群体行为就像一个超级有机体。这种行为程序是如何在所有蚂蚁的大脑中传播的，这是自然界的一个奇迹，我们无法解释。”

Andrade希望开发一种人工智能方法，可以模拟这种行为算法，这样他就可以在电脑上模拟蚂蚁是如何挖掘的，并将蚂蚁的挖掘能力用于建造人类隧道。

“与流体或固体等材料相比，颗粒材料的形成方式不同。移动颗粒状材料是非常耗能的，而且成本非常高昂。”他说，“如果蚂蚁的行为算法能够被进一步分析并最终复制，那么就可能自动采矿机器人上得到应用——无论在地球上还是其他行星上，机器人都能更有效地工作。”

所以，别惹蚂蚁。

相关论文信息：

<https://doi.org/10.1073/pnas.2102267118>

## “小柯”秀

一个会写科学新闻的机器人

### 《科学》

#### 真核生物翻译终止的分子机制获解析

确保真核生物翻译终止速度和保真度的机制，这一成果由美国斯坦福大学医学院Joseph D. Puglisi和约翰·霍普金斯大学医学院Rachel Green研究组取得。近日出版的《科学》发表了这项成果。

研究人员建立了单分子荧光分析体系，使用体外重组酵母翻译系统跟踪整个终止过程中核糖体以及两种必需释放因子（eRF1和eRF3）的动态。研究人员发现这两个真核释放因子结合以快速识别终止密码子并通过严密调控的多步骤过程引发翻译终止，类似于翻译延伸过程中的转移RNA选择。因为释放因子从酵母到人类都是保守的，以酵母翻译终止为基础的分子机制可能也在真核蛋白质合成过程中广泛适用。

据了解，翻译终止后新生多肽从核糖体中释放出来，特别是在终止密码子处，但这一过程必须准确快速的发生。

相关论文信息：

<https://doi.org/10.1126/science.abi7801>

### 《美国化学会志》

#### 自磷酸化DNA酶实现细胞外信号分子三磷酸腺苷快速特异成像

加拿大麦克马斯特大学李应福团队取得一项新成果。他们研究出用自磷酸化DNAzyme快速和特异性成像细胞外信号分子三磷酸腺苷(ATP)。该项研究成果发表在近日出版的《美国化学会志》上。

该课题组首次尝试设计一种用于ATP荧光成像的自磷酸化DNAzyme (SPDz) 传感器。在对ATP的响应中，SPDz传感器表现出亚秒响应动力学、极高的特异性和微摩尔亲和力。研究小组特别展示了细胞表面锚定的SPDz传感器，用于星形胶质细胞中应力诱导的内源性ATP释放和单细胞水平上机械刺激诱导的ATP释放的荧光成像。

研究团队还验证了它们在星形胶质细胞电刺激后可可视化ATP信号的快速动态特性的效用。因此，SPDz传感器是监测不同细胞过程中ATP信号的常用工具。

据介绍，腺苷5'-三磷酸是一种参与多种生理和病理过程的中枢细胞外信号转导剂。然而，由于现有ATP检测方法的局限性，缺乏对ATP动力学的时间和空间成分的精确测量。

相关论文信息：

<https://doi.org/10.1021/jacs.1c04925>

更多内容详见科学网小柯机器人频道：<http://paper.sciencenet.cn/Alnews/>

## 福岛核污染水将从海底隧道排至近海

### 据新华社电 日本广播协会近日报道说，

据相关人士透露，日本政府和东京电力公司已决定通过海底隧道将福岛第一核电站的核污染水排放至近海。福岛县渔业协同组合联合会8月24日对此表示“坚决反对”。

受2011年发生的大地震及海啸影响，日本福岛第一核电站1至3号机组堆芯熔毁。截至今年3月，包括为冷却这些堆芯而注入的水和周边不断汇入的地下水、雨水，该核电站内已产生125万吨核污染水。且仍在继续增加。日本政府今年4月决定，将核污染水经过滤、稀释后排入海，排放将于约两年后开始，预计将持续20年至30年，

### 全球科技参考

中国科学院兰州文献情报中心

#### 英国投资1.7亿英镑 推进下一代核反应堆

近日，英国商业、能源与工业战略部宣布投资1.7亿英镑用于先进模块化反应堆(AMR)的研究、开发和示范计划，以促进生产低碳电力、清洁氢气和高温热量，使重工业脱碳。

与通常使用水进行冷却的传统反应堆相比，AMR使用新型燃料和冷却剂。AMR通常比传统核电站更小、更灵活，并且建造成本较低。目前国际上主要有6种类型的AMR技术可以在实现净零排放方面发挥作用，包括气冷快速反应堆、铅冷快速反应堆、熔盐反应堆、超临界水冷反应堆、钠冷快速反应堆以及甚高温气体反应堆/高温气体反应堆(HTGR)。其中，HTGR作为温度输出最高的技术之一，被考虑用于示范项目。该计划将在21世纪30年代前完成首个AMR示范项目的建设，HTGR将是其中最具有前景的示范项目。

除了能为电网安全供电，HTGR还能够产生低碳氢能。此外，由于能产生极高温度的热量，HTGR可以帮助到2040年工业脱碳和为区域供热网络供电。英国大约有37%的碳排放来自供热，其中很大一部分来自重工业过程。通过产生500°C-950°C温度范围的热量，HTGR可以显著减少水泥、造纸、玻璃和化学品生产等工业过程的排放。(刘燕飞)

#### 美研究揭示 有毒污染和气候变化风险全球分布

近日，《公共科学图书馆—综合》发表文章表示，全球气候风险与有毒污染的空间分布之间存在很强的相关性，受气候变化影响

直至废墟工作完成。

日本广播协会24日援引相关人士的话报道，日本政府和东电研究过两种核污染水排放方案：一是通过海底隧道排放至距离核电站1公里左右的近海，二是直接从沿岸排放。相关人士透露，日本政府与东电已决定采用通过海底隧道排放至近海方案，理由是这种排放方式更易让核污染水在海洋扩散。

报道说，由于开凿海底隧道需要稳定的地下岩层，东电决定于9月开始对相关海底状况进行磁力勘探，之后实施钻探调查以确认地质结构。

东电还将在9月向日本原子能规制委

员会提交实施该计划的申请。

日本福岛核污染水排海事关全球海洋生态环境安全，事关各国人民生命健康，国际社会普遍对日方此举可能带来的影响表示强烈担忧，以福岛县为首的日本各地渔业从业者也一直强烈反对。福岛县渔业协同组合联合会负责人24日表示，该联合会“坚决反对将核污染水排放到海洋的立场没有改变”。日本全国渔业协同组合联合会会长岸宏24日发表声明说，该组织已要求日本政府对核污染水排放入海方案进行负责任的说明，但至今没有得到具体答复。(姜梅梅)

风险最大的国家往往也是面临有毒污染风险最高的国家。

先前的研究表明，低收入国家面临的有毒污染和气候变化风险比高收入国家更高。然而，这两种风险之间的关系尚未得到探索和检验。来自美国圣母大学和普林斯顿大学的研究人员，基于圣母大学全球适应指数、耶鲁大学环境绩效指数和全球健康与污染联盟3个数据集，分析了2018年以来176个国家有关全球气候风险、环境质量、有毒污染导致的死亡率和环境执法能力等数据，以衡量有毒污染与气候变化风险之间的关系。

研究发现，全球气候风险与有毒污染的空间分布之间存在很强的和统计学上显著的关系，即受气候变化影响风险最大的国家往往也是面临有毒污染风险最高的国家。污染产生、经济状况和制度准备方面的不平等是相互关联的，并加剧了有毒和无毒(温室气体)污染风险最高的国家的风险。在减少有毒污染和气候变化风险方面最有可能产生高回报率的前10个国家分别为新加坡、卢旺达、中国、印度、所罗门群岛、不丹、博茨瓦纳等。结果表明，有毒污染风险与气候风险之间存在很强的相关性，各国管理这些风险的能力各不相同。研究认为，使用目标评估工具可以有效地确定降低风险的最佳地点，同时也提示高风险的低收入国家必须紧急应对治理挑战。(廖琴)

相关论文信息：

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0254060>

#### 岩石通过风化作用 捕获二氧化碳

要实现《巴黎协定》确定的全球气候目标，就需要快速和大规模部署负排放技术来

去除大气中的碳。目前，造林、生物质能源和二氧化碳捕集与封存是主要的陆地负排放技术，相比之下，涉及土壤固碳和强化风化的负排放研究较少。近日，由德国奥格斯堡大学气候与环境科学实验室领导的国际研究小组在《自然—地球科学》发表论文，探索了硅酸盐岩石粉末在负排放方面的用途，发现其具有快速提升碳去除的潜力。这种负排放技术的原理是通过自然的风化过程分解或溶解，加强二氧化碳与地球表面岩石与矿物的反应，被称为非生物二氧化碳去除途径。具体的步骤为：将硅酸盐矿物磨成粉末，并将其分散在与二氧化碳反应的陆地表面，最终达到从大气中去除碳的目的。

研究小组使用了生态系统碳循环模型来模拟岩石粉末的二氧化碳去除能力，同时考虑了非生物与生物途径。结果发现，每年的二氧化碳去除量高达25Gt(10亿吨)，其中约50%来自生态系统对岩石粉末的响应，而在以前被认为不适合使用岩石粉末的地区，二氧化碳去除率最高。同时，研究得出，1.1Gt玄武岩可去除1.3Gt二氧化碳，在一众岩石中达到的效益最优。因为玄武岩不仅是一种丰富的矿物资源，具有很高的耐候性，而且还含有植物所需的营养物质，可以通过释放养分、调节土壤酸碱度和稳定土壤有机质，提高土壤肥力，并能提高土壤保水率。这在很大程度上改善了植物光合作用过程中二氧化碳的固定及其在生物量和土壤中的储存受到土壤肥力低下的制约，促进了生态系统碳储存。最后需要强调的是，玄武岩虽有以上优点，但开采、破碎和研磨玄武岩的经济成本和相关的额外温室气体排放及其分布是这一技术的受限之处。(秦冰雪)

相关论文信息：<https://doi.org/10.1038/s41561-021-00798-x>

## 科学线人

全球科技政策新闻与解析

### 荒唐！申请资助遭遇预印本禁令



澳大利亚生态学家在研究退潮时海藻的分布。图片来源：Izzet Noyan Yilmaz/Alamy

澳大利亚主要的研究资助机构裁定20多份申请不符合资格，因为后者提交了预印本和其他未经同行审查的材料。这一举动引发了科学家的强烈抗议，他们认为此举是对开放科学的打击，并将阻碍职业发展。

在新冠肺炎疫情大流行使预印本的使用成为主流之际，研究人员表示，澳大利亚研究理事会(ARC)限制申请人引用最新研究成果的举动，既与现代出版实践格格不入，也与允许或鼓励使用预印本的海外资助机构相反。

目前受到ARC资助的Nick Enfield是悉尼大学的一名语言人类学家，他认为这个决定是不合理和不道德的。“这个国家一流的研究资助机构可能会在一个荒谬的技术问题上抛弃有价值的研究。”他说。

ARC没有具体回应其排除预印本的理由，或证实有多少申请者被认为不合格。但一位发言人表示，该规则“确保所有申请者都具有相同的待遇”，并称“资格问题可能出现在很多方面”。

至少23名研究人员被认为不符合资格，因为他们申请两个著名的ARC资助计划时引用了预印本，这可能决定他们职业生涯的成败。有些人将不再被允许申请，这意味着他们的职业生涯实际上已经结束，因为申请有次数限制。

根据ARC的定义，预印本是一份提交给期刊或其他出版物的手稿，尚未通过同行评审。此前，ARC禁止研究人员将预印本列入自己的出版物清单。一些研究人员表示，他们理解原始规则的基本原理。

而根据2020年9月出台的一项规定，申请人不得在申请的“任何部分”中“包括或提及”预印本，即使表明这是及时和相关的。ARC表示，这一变化在申请开始时通过网络研讨会传达给大学研究办公室”。然而，研究人员认为，规则的变化在给申请人的说明中没有被明确表达或定义。

一位申请被拒的物理学家表示，这是“创新的杀手”。30年来，物理学家、天文学家和数学家一直在开放获取的预印本服务器上共享同行评议前的论文。

斯威本科技大学天体物理学家、曾在ARC评估小组任职的Matthew Bailes说，审稿人有能力判断预印本和论文的相对价值。(文乐乐)

### 美行为学家被控论文造假



Dan Ariely 图片来源：LENGEMANN

美国杜克大学行为科学家Dan Ariely陷入了造假风波。近日，据《科学》网站报道，一篇博文披露Ariely在2012年与人合写的一篇关于诚信的论文中伪造了部分数据。这5位研究作者都没有否认造假的存在，但其他人表示自己对此不负责任。Ariely也承认，只有他处理过最早版本的数据文件，包含了捏造的内容。

然而，Ariely否认数据是编造的，他说这些数据是由一家保险公司收集的，但他没有保留与保险公司互动的记录，他认为这些记录可能会揭示哪里出了问题。

宾夕法尼亚大学的Eugen Dimant表示，在这样一位有影响力科学家的工作中发现可能存在欺诈行为是令人震惊的，特别是对“追随他脚步的新一代研究人员”来说。

行为科学家Leif Nelson和Joseph Simmons通过博客揭露了这一欺诈行为，并说一个彻底、透明的调查是必要的。考虑到其他大学过去不愿调查自己的研究人员，他们怀疑杜克大学是否会进行这样的调查。

这篇2012年发表在美国《国家科学院院刊》的论文报道了一项实地研究，据称一家未具名的保险公司随机挑选了13488名客户，让他们在一份表格的顶部或底部签署一份诚实声明。研究表明，那些在最上面签名的人更诚实——他们报告的平均驾驶里程比在最下面签名的人多2428英里，这将导致更高的保险费。这篇论文还包含来自两个实验室的数据，后者显示了类似结果。

但之后，在重复该研究时，调查者发现了一些问题。例如，一组客户在第一次注册保险时提供的里程表读数被复制，并在原始里程上加上1到1000之间的随机数字，以掩盖欺诈行为。在电子表格中，原始数字的字体是西文正体，但在另一种字体Cambria中，每个数字都有一个相似的“双胞胎”。保单上列出的汽车数量相同，里程表读数与原始数字差距在1000英里以内。在100万个模拟试验中，同样的相似性不止一次出现。调查者写道：“它们不可思议地相似。”

Ariely称这一分析结果是“确凿无疑的”。但他和合著者分别要求撤回文章。《国家科学院院刊》编辑部在给《科学》的一份声明中说：“我们了解情况，正在与作者沟通。”(鲁亦)