

能思考、会游泳、可工作数月

## 比一粒盐还小的机器人问世

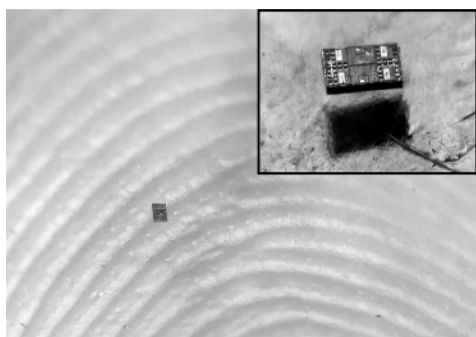
**本报讯** 科学家研制出迄今最小的可编程自主机器人。这些微型机器人的成本约1美分，可以在液体中游动，感知周围环境并自主响应，且能够连续工作数月。相关研究成果近日发表于《科学-机器人》和美国《国家科学院院刊》。

在没有放大镜的情况下，几乎看不见这些机器人。其尺寸大约为200微米×300微米×50微米，比一粒盐还小。由于它们与许多活体微生物在相同规模上运作，未来或许能帮助医生监测单个细胞，或协助工程师组装用于先进制造的微型设备。

与其他微型机器人不同，这种机器人不依赖电线、磁场或外部控制，而完全由光驱动。内部的微型计算机使它能够通过预设路径，探测局部温度变化，并相应调整自身运动。这使其成为第一个在如此小的规模上实现真正自主和可编程的机器人。

“我们制造出了大小仅为先前1/10000的自主机器人。”论文作者、美国宾夕法尼亚大学的Marc Miskin说，“这为可编程机器人开启了一个全新尺度。”

过去几十年里，电子器件的尺寸持续缩



一个小到可以放在指纹脊线上的微型机器人。

图片来源：密歇根大学

小，但机器人技术并未遵循相同的发展轨迹。根据Miskin的说法，制造出1毫米以下独立操作的机器人是非常困难的。

在日常尺度上，运动由重力和惯性等决定，这些力取决于物体的体积。然而，在微米尺度下，与表面相关的力占据了主导地位。阻力和黏性变得具有压倒性，极大地改变了运动方式。“如果你足够小，推水就像推沥青一样费

力。”Miskin解释道。由于物理学上的这种转变，用传统方法设计机器人注定会失败——微小的手臂或腿很容易断裂，并且极难制造。

为突破这些局限，研究人员开发了一种全新的机器人移动方式。这种机器人不会弯曲或伸缩，而是产生了一个电场，轻轻推动周围液体中的带电粒子。随着这些离子的移动，它们会拖曳附近的水分子，从而在机器人周围的流体中产生运动。“机器人好像置身于一条流动的河流中。”Miskin说，“但机器人本身也在驱使这条河流流动。”

通过调节电场，机器人可以改变方向，沿着复杂的路径移动，甚至可以像鱼群一样协调其运动，速度可达每秒一个身长。

由于使用的是没有活动部件的电极，因此这种机器人异常坚固耐用。Miskin介绍，它可以用微量移液器在不同样品间反复转移而不会受损。在LED灯的驱动下，这种机器人能够持续游动数月。

机器人实现真正的自主需要的不仅是移动，还必须能够感知环境，作出决策并为自己供能。所有这些组件都必须集成在一块只有几分之一毫米大小的芯片上。美国密歇根大学的

David Blaauw团队接受了这项挑战。

Blaauw表示，电源是最大障碍之一。“对电子器件来说，关键挑战在于太阳能电池非常小，只能产生75纳瓦的电力。这是智能手表功耗的10万分之一。”他说，为使系统工作，团队设计了专门在极低电压下运行的电路，将功耗降低至原来的1/1000以下。

空间则是另一个主要限制。太阳能电池占据了机器人表面的大部分面积，几乎没有给计算机硬件留出空间。为解决这个问题，研究人员重新设计了机器人软件的运行方式。Blaauw解释说：“我们将传统上需要许多指令才能实现的推进控制程序合成一条特殊指令，从而缩短程序长度以适应机器人微小的存储空间。”

目前的机器人只是一个起点，未来版本可能搭载更先进的程序，移动速度更快，包含更多传感器，或能在更恶劣的环境中工作。研究人员将该系统设计为一个灵活的平台，结合了稳定的推进方法和制造成本低廉并随时间调整的电子器件。

(李木子)

相关论文信息：

<https://doi.org/10.1126/scirobotics.adu8009>

## 指尖血有助检测阿尔茨海默病

**本报讯** 科学家发现，从指尖采血获得的样本可用于检测阿尔茨海默病的关键指标。这一方法有望简化阿尔茨海默病检测流程并降低侵入性，有助于在传统检测方法难以覆盖的地区扩大筛查范围。相关研究成果1月6日发表于《自然-医学》。

阿尔茨海默病通常利用脑扫描或脑脊液检测确诊，这些方法具有侵入性且昂贵。检测血液中的生物标志物(如p-tau217)的方法正在兴起，并有望成为准确、容易获取的阿尔茨海默病检测工具。

瑞典哥德堡大学萨尔格伦斯卡学院的Nicholas Ashton和同事测试了一种新方法检测阿尔茨海默病。这种方法只需采集几滴指尖血液，并将其置于卡片上干燥。研究人员将该过程应用于337名受试者，以检测与阿尔茨海默病有关的蛋白和其他大脑变化。他们发现，指尖采血样本中的p-tau217水平与标准血液检测结果高度吻合，且能以86%的准确率识别与阿尔茨海默病相关的脑脊液变化。其他两个标志物GFAP和NL也得到了检测，其结果与传统测试方法高度一致。作者还发现，参与者无需依赖研究人员指导，便可成功自行采样。

不过，研究人员表示，这一方法尚未进入临床应用阶段，还需进一步完善。

(冯维维)

相关论文信息：

<https://doi.org/10.1038/s41591-025-04080-0>

## 仿生皮肤可同时改变颜色质地

**本报讯** 科学家研制出一种新型合成皮肤，可同时改变质地与颜色。该技术未来有望应用于伪装、柔性机器人及先进显示技术领域。相关研究成果1月8日发表于《自然》。

物体的外观取决于其颜色和质地，但能够独立切换这两项特性的表面材料一直很难研制。受章鱼等动物改变皮肤外观的启发，美国斯坦福大学的Mark Brongersma和同事开发出一种可编程薄膜，能实现纹理与色彩的动态转换。该材料初始状态平整无纹，遇水膨胀后即显现图案与色彩。

在这项研究中，科学家利用电子束在薄膜上“刻写”图案，并添加产生色彩效果的光学层。这些变化能够迅速发生——多色彩转换耗时不到20秒，且材料可进行数百次切换而不衰减性能。根据皮肤接触液体的面不同，色彩与纹理还能独立改变。

研究人员指出，虽然当前每件装置仅能呈现单一图案，但未来的版本有望实现多图案显示、电子控制及大规模生产。

(赵熙熙)

相关论文信息：

<https://doi.org/10.1038/s41586-025-09948-2>

## 雀巢在31个国家和地区召回部分婴幼儿配方奶粉

**据新华社电** 总部位于瑞士的雀巢公司1月6日表示，已在全球31个国家和地区发布针对部分批次婴幼儿配方奶粉产品的召回通知。

雀巢当天在官网发文说，公司对用于生产可能受影响的婴幼儿配方奶粉产品的所有花生四烯酸油及相关油脂混合物进行了检测。雀巢解释说，发现供应商提供的这种油脂原料存在质量问题，相关批次婴幼儿配方奶粉中可能存在蜡芽孢杆菌。这种细菌可能引起食源性疾病。

雀巢说，由于花生四烯酸油被广泛用于多种婴幼儿配方奶粉，此次召回涉及多个国家和地区品牌产品。目前尚未确认有任何消费者因食用相关产品而出现患病情况。

美国食品标准局6日介绍，蜡芽孢杆菌具有高度热稳定性，因此在烹饪、使用沸水或冲调婴儿奶粉的过程中不太可能被灭活或破坏。这种细菌可能引发食物中毒，且症状可能迅速出现，包括恶心、呕吐、胃部痉挛等。



在印度尼西亚，人们在清理来自珊瑚礁的渔获物。

图片来源：Joshua Cinner

目前全球有数百万人无法获得足够的营养食品。随着人们对粮食安全问题的担忧加剧，科学家正在寻找陆地之外的解决方案。

美国史密森尼热带研究所主持的一项研究发现，恢复珊瑚礁鱼类种群可以大幅提高可持续海产品的年产量，从而为数百万人提供食物。

研究表明，许多珊瑚礁鱼类种群被过度捕捞，其产量远低于长期可持续的水平。研究人员指出，通过恢复这些鱼类资源，可以帮助解决全球饥饿问题。

“我们的研究量化了过度捕捞珊瑚礁鱼类群落给食物供给造成的损失，同时也评估了恢复鱼类资源并使其处于可持续水平能够带来的收益。”论文第一作者、沙特阿拉伯阿卜杜拉国王科技大学的Jessica Zamborain-Mason说。

根据研究结果，更健康的珊瑚礁鱼类种群能够显著增加人们可获得的海产品数量，同时又能保持在可持续发展的限度内。如果鱼类种群得以恢复，全球珊瑚礁的可持续鱼

## 科学此刻

## 重建珊瑚礁人人有鱼吃

类产量将提高近50%。这一增长足以满足数百万人的推荐海鲜摄入量需求，即每人每周约227克。

其中，最大收益将出现在那些面临严重饥饿和微量营养缺乏的国家。非洲和东南亚地区将受益最多。其中，印度尼西亚从恢复的珊瑚礁渔业中获得的食品供应增长潜力最大。

研究人员分析了世界各地珊瑚礁的数据，涵盖了多米尼加共和国、巴拿马、牙买

加、肯尼亚、毛里求斯、菲律宾和印度尼西亚等国。同时，他们计算了鱼类种群达到“最大可持续产量”和“相当不错的产量”所需的时间，以及在不同捕捞法规下所需的恢复时间。结果表明，根据珊瑚礁的枯竭程度和限制捕捞的程度，平均恢复时间在6年到50年不等。

研究人员强调，恢复珊瑚礁鱼类种群不仅能够保护生态系统，还可以直接改善营养状况，帮助减少饥饿。要实现这些收益，就需要强有力的渔业管理，使鱼类资源不断增长。

科学家表示，下一步应制定既能保护海洋生态系统又能支持依赖其生存的人群的战略。“我们的研究结果进一步证实，有效监测和管理珊瑚礁渔业，除了能够保护环境，对粮食安全和公共卫生也有积极影响。”Zamborain-Mason说。相关研究成果近日发表于美国《国家科学院院刊》。

(王铄)

相关论文信息：

<https://doi.org/10.1073/pnas.2508805122>

## 青少年周末补觉有助预防抑郁

**本报讯** 一项近日发表于《情感障碍杂志》的研究显示，青少年如果在周末补回工作日缺失的睡眠，可能有助于改善心理健康状况。研究发现，在16至24岁的年轻人中，周末补觉的人出现抑郁症状的风险，比不补觉的人低41%。

这项由美国俄勒冈大学与纽约州立大学上州医科大学进行的研究，强调了睡眠与青少年心理健康的重要联系。青少年是睡眠问题高发、抑郁风险偏高的群体，但此前关于周末补觉的研究却很少将这一年龄段纳入观察范围。

该研究首次聚焦美国青少年的周末补觉情况，此前的研究对象多为中国和韩国青少年。对美国青少年而言，工作日睡眠不足是普遍现象。学业、社交、课外活动及社会兼职等事务挤占了他们的时间与精力，导致睡眠时长缩水。

论文共同通讯作者、俄勒冈大学的Melynda Casement表示：“长期以来，睡眠研究专家与临床医生都建议，青少年每天要保持规律作息，睡眠时长应达到8至10小时，但对许多青少年乃至大多数人而言，这

一标准并不符合现实。”

研究人员强调，每晚睡足8至10小时依然是理想状态，但如果实在无法实现，那么周末睡个懒觉或许有助于降低患抑郁的风险。

“青少年本身就容易养成熬夜的习惯。”Casement说，“如果他们工作日实在睡不够，不妨在周末补觉。这种方式大概率能起到一定的保护作用。”

研究人员分析了2021至2023年“全美健康与营养检查调查”中16至24岁人群的数据。这些年轻人需要报告自己工作日与周末的入睡及起床时间。研究人员据此计算出他们的周末补觉时长，即周末日均睡眠时长与工作日的差值。

此外，参与者还需反馈自身情绪状态，如果每天都感到悲伤或抑郁，即被判定为存在抑郁症状。

Casement指出，抑郁是16至24岁人群致残的主要原因之一。这里的“残疾”定义宽泛，指日常功能受损。“这使得这一年龄段人群成为研究抑郁风险因素，以及探索这些因素与干预措施关联性的重点关注对象。”人体的睡眠周期又称昼夜节律，进入青



图片来源：pixabay

春期后，这一节律开始发生变化，使得大多数青少年难以像童年时期那样早睡。

Casement解释说：“青少年会从‘早起的百灵鸟’逐渐变成‘熬夜的夜猫子’，入睡时间会不断推迟，这一趋势将持续到18至20岁。过了这个阶段，他们的作息才会再次向‘早起模式’倾斜。”

青少年的理想作息是晚上11点左右入睡，早上8点左右起床，但这与美国许多高中较早的上课时间相冲突。正因如此，许多睡眠专家与医疗从业者都支持“推迟上学时间”的公共健康倡议。

(王方)

相关论文信息：

<https://doi.org/10.1016/j.jad.2025.120613>

## “小柯”秀

一个会写科学新闻的机器人

《自然-物理学》

几何驱动的  
非对称分裂模式细胞周期

奥地利科学技术研究所的Carl-Philipp Heisenberg团队揭示了几何驱动的非对称分裂模式细胞周期和斑马鱼胚胎中的合子基因组激活模式。1月5日，相关论文发表于《自然-物理学》。

早期胚胎的几何形态是最具物种特异性的不变特征之一，然而，它在确保发育可重复性和稳健性方面的作用尚未得到充分探索。

研究表明，在斑马鱼中，受精卵的几何形态，特别是其曲率和体积，是触发一系列影响发育事件至关重要的初始条件。胚胎几何形态引导囊胚层中模式化的不对称细胞分裂，产生细胞体积和核质比的径向梯度，这些梯度产生有丝分裂相波。

研究证明，降低细胞自主性会改变这些波的形态，突出了由几何形态衍生的体积模式在设定细胞周期振荡固有周期中的指导作用。除调控细胞周期外，早期胚胎的几何形态还在中囊胚转换阶段对合子基因组的激活进行空间模式化，这是建立胚胎自主性的关键步骤。破坏胚胎形状会改变合子基因组的激活模式，并导致胚层的异位特化，凸显了几何形态在发育中的重要性。

相关论文信息：

<https://doi.org/10.1038/s41567-025-03122-1>

更多内容详见科学网小柯机器人频道：

<http://paper.sciencenet.cn/Alnews/>

## 高能耗数据中心如何零碳运行？搬到水下！

(上接第1版)

“我们设计了一套集成海上风电、浮动光伏、波浪能和电池储能的能源系统，并辅以智能能源管理系统，实现了能源生产、存储、调配、冷却和碳排放的全生命周期优化。”论文共同第一作者、香港理工大学博士生董瀚江介绍。

研究团队提出了三重冷却机制，包括海水换热、吸收式制冷和电动压缩机制冷。海水换热利用海水的天然低温特性，为服务器进行初步散热；吸收式制冷则进一步降低温度，确保服务器在适宜的环境下运行；电动压缩机制冷作为补充，在极端情况下保障服务器正常运行。这三重冷却机制相互配合，在保障服务器运行温度稳定的同时，最大限度地回收和利用废热，有效提升了系统整体能效。

在系统可靠性方面，团队同样进行了精心设计。考虑到海洋环境的复杂性和不确定性，团队设计了应急柴油机组和混合冷却架构。应急柴油机组能够在极端天气、电池故障或设备宕机等突发情况下迅速启动，为数据中心提供紧急电力支持；混合冷却架构则可以根据不同工况灵活调整冷却方式，确保系统的冷却效果不受影响。这些设计大大增强了系统的韧性，提高了水下数据中心在复杂海洋环境中的应对能力。

“我们建立了详细的数学模型并在模拟的海洋环境与典型数据中心负载场景下进行案例仿真分析。”董瀚江说，“分析结果验证了该架构在技术上的稳定性、长期运营的经济性及相较于传统数据中心显著的碳减排效益。它本质上是一个实现了能源生产、存储、调配、冷却和碳排放全生命周期优化管理的智能体。”

## 从概念迈向工程实践

尽管水下数据中心的蓝图令人振奋，但将其从理论架构推向实际应用，仍面临一系列需要攻克的技术与工程挑战，如海洋腐蚀、极端气候、维护难度大等。然而，从长远运营的角度来看，水下数据中心具有显著的优势。

研究团队表示，这一构想可以节约大量土地资源，避免因数据中心建设而占用宝贵的陆地空间。同时，借助海洋可再生能源和海水冷却技术，水下数据中心能够大幅降低电力成本，减少对传统能源的依赖。更为重要的是，水下数据中心能够显著降低碳排放，为实现碳中和目标作出积极贡献。

“随着海洋工程、可再生能源和信息技术的发展，水下数据中心将成为未来绿色AI与数字经济基础设施的重要形态之一。”朱继忠指出，该系统最大特色在于最大化利用自然界的馈赠——持续的海水可再生能源和天然的低温冷却介质，几乎不依赖陆上电网和化石能源，具备卓越的环境可持续性地理部署灵活性。

“下一步，我们计划开展小型原型系统的详细设计与仿真验证，并积极寻求与能源企业、数据中心运营商及海洋工程公司的产业合作，共同探索水下数据中心从实验室走向规模化应用的现实路径。”朱继忠说。

对于水下数据中心建设可能对海洋环境造成的影响，朱继忠认为“这是一个长期、系统的复杂问题”。其团队提出的方案旨在最大化利用海洋可再生能源与天然低温海水，通过多能互补与智能系统实现近零碳运行。从设计原理看，系统依靠海水冷却和可再生能源供电，理论上减少了传统数据中心的温排水与碳排放问题。

尽管如此，任何海洋工程都需全面评估长期生态影响，包括设备安置对海底生态的扰动、材料腐蚀可能带来的污染风险及冷却过程对局部水质的微量改变。研究团队在设计中考虑了系统可靠性与应急措施，但具体环境影响仍需通过后续原型试验与监测进一步验证。

相关论文信息：

<https://doi.org/10.1038/s44287-025-00246-7>