

在达尔文的里程碑式著作《物种起源》中，他有一次信仰危机。他坦率地写道：“眼睛具有将焦点调整到不同距离、接纳不同数量的光以及校正球面像差和色差的无与伦比的能力，假设它是由自然选择形成，我承认，这似乎荒谬至极。”在科学家们执着于研究眼睛的进化细节的同时，我们仍然停留在生物学“智能是如何出现的”这个问题上。在没有外部设计师的情况下，生物系统如何能够自下而上地产生连贯且以目标为导向的行为？

事实上，智能是对可用信息的有目的反应，通常是对未来的预测，它并不仅存在于某些特物种的头脑。它在许多不同的时空尺度上分布在整个生物学中。不仅有聪明的人、哺乳动物、鸟类和头足类动物。这种智能且有目的解决问题的行为可以在所有生物的一部分中找到：单细胞和组织、单个神经元和神经网络、病毒、核糖体和RNA片段，甚至运动蛋白和分子网络。可以说，理解智能的起源是生物学的核心问题，且这个问题仍然是开放的。在这篇文章中，我们认为当前发育生物学和神经科学的进展提供了一条有前景的途径来展示模块化系统的架构如何构成进化和有机体智能的基础。

生物学家被训练去专注于研究生命系统的机制，而不是它们的目的。作为生物学家，我们应该弄清楚“如何”而不是“为什么”，追求因果关系而不

是目标。“为什么”不仅总是存在，而且正是驱动选择特定“方式”的原因，使生物体能够从巨大的可能性空间中选择和利用特定机制来生存。例如，就人眼而言，晶状体的光学特性只有在它们有助于将光线聚焦在视网膜上时才有意义。如果你不问晶状体为什么是透明的，无论花多长时间研究它是如何变得透明，你永远不会了解它的功能。

事实上，随着“组学”革命产生关于基因组、转录组、蛋白质组和连接组的系统定量数据，理解智能如何出现的问题变得更加急切。生物系统正被剖析到其终极复杂性，但在隧道的尽头并没有出现神奇的答案。大数据竞赛并没有为生命系统提供更好的解释。如果有的话，那就是它让解释生命系统变得更难了。

现代生物学在试图解释有意义的智能行为时面临着基本的知识鸿沟。一个由细胞和电信号组成的系统如何产生一个具有行为和精神状态的良好适应性身体？如果细胞没有智能，那么智能行为是如何从由它们组成的分布式系统中出现？这个基本的谜团充斥着整个生物学。从某种意义上说，所有生物现象都是“群体决策”，因为生物体是由各个独立的部分组成——器官、组织、细胞、细胞器、分子。生命系统的哪些特性使各个组件协同工作以实现更高级的目标？

一个共同的答案出现在两个不同



## 生物智能起源的新线索



的领域：发育生物学和神经科学。论证分三步进行。第一步基于自然选择的第一个也是最好的设计理念之一：模块化。模块是独立的功能单元，如建筑物中的公寓。模块实现局部目标，这些目标在某种程度上是自我维护和自我控制的。模块具有基本的解决问题的智能，它们与系统其余部分的相

对独立性使它们能够在变化的环境下实现其目标。在我们的建筑示例中，一个住在公寓里的家庭可以继续他们的正常生活并追求他们的目标，例如送孩子上学，而无论其他公寓里发生了什么。例如，身体中的肝脏等器官运行着特定的低级功能，例如控制血液中的营养物质，这与大脑中发生的

事情相对独立。

论证的第二步是模块可以在层次结构中组装：较低级的模块组合形成越来越复杂的较高级的模块，然后成为更高级别模块的新构建单元，并依此类推。在我们的公寓楼里，家庭可能属于一个当地协会，比如一个政党的地方分会，其目标可能是确保该地区所有家庭未来的福利。这个政党可能属于一个议会，其目标可能是制定整个国家的政策，等等。在生物学中，不同的器官可以属于一个生命体的同一个身体，其目标是生存和繁殖，而不同的生物体可以属于一个群体，就像一个蜂巢，其目标是为它的成员维持一个稳定的环境。同样，细胞的局部代谢和信号传导目标整合到一个构建和修复复杂器官的形态发生结果中。因此，越来越复杂的智能从模块的层次结构中出现。

这似乎解决了这个问题，但层次模块化仍然不能解释进化，也就是在较低级的层次一次只改变一个元素是如何能够操纵较高的层次。如果上层模块是由下层模块构建，那么是否仍然需要同时修改大量内容来更改上层模块呢？我们论证的第三步解决了这个问题：每个模块都有一些关键元素，它们充当控制旋钮或激活模块的触发点。这被称为模式完成，系统一部分的激活会打开整个系统。在我们的公寓楼里，这个家庭将有一个核心人物，比如说父母中的一位，他（她）将在会议中代表家庭，并在需要时参与其中。这些触发点用于代表整个模块，从而使这些模块能够在新情况下被激活、更改、停用或部署，而无需操纵

就像棘轮一样，进化可以有效地攀登智能阶梯，从简单的分子一直延伸到认知。层次模块化和模式完成可以帮助理解细胞和神经元在形态发生和大脑处理中的决策，从而产生适应性良好的动物和行为。研究集体智能是如何在生物学中出现的，不仅可以帮助我们更好地理解进化和设计的过程和产品，而且还与人工智能系统的设计相关，并更广泛地适用于工程学甚至社会科学。（马孔硕）

## 科学家研究从香蕉皮等生物质中提取氢燃料

随着世界能源需求的增加，人类对化石燃料的消耗也在增加。其结果是温室气体排放大量增加，对环境造成严重的负面影响。为了解决这个问题，科学家们一直在寻找替代性的可再生能源。

一个主要的候选者是由植物和动物的有机废物，或“生物质”产生的氢气。生物质还可以吸收、清除和储存大气中的二氧化碳，而生物质的分解也可以为我们带来负排放或清除温室气体。但是，即使生物质预示着未来的道路，仍然存在将其最大限度地转化为能源的最佳方式问题。

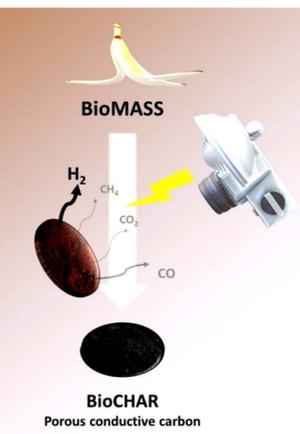
目前有两种将生物质转化为能源的主要方法：气化和热解。气化将固体或液体生物质置于1000°C左右的温度下，将其转化为气体和固体化合物，气体被称为“合成气”，而固体是“生物炭”。合成气是氢气、甲烷、一氧化碳和其他碳氢化合物的混合物，而这些就是作为“生物燃料”用于发电的东西。另一方面，生物炭通常被认为是一种固体碳废物，它可以被用于农业应用。

另一种方法，即生物质热解法，与气化法类似，只是生物质是在较低的温度下加热的，温度在400-800°C之间，压力在惰性气体中达到5巴。有三种类型的热解：常规、快速和闪电热解。在所有这三种类型中，前两种需要的时间最长，产生的炭也最多。闪电热解在600°C下进行，产生最多的合成气，并且停留时间最短。不幸的是，它也需要能够处理高温和高压的专门反应器。

现在，由EPFL基础科学学院的Hubert Girault教授领导的科学家们已经开发出一种新的生物质热解方法，不仅能产生有价值的合成气，而且还能产生用于其他用途的生物炭。这项工作发表在《化学科学》上。该方法使用氙灯进行闪光灯热解，氙灯通常用于固化印刷电子产品。Girault的研究小组在过去几年中也该该系统用于其他

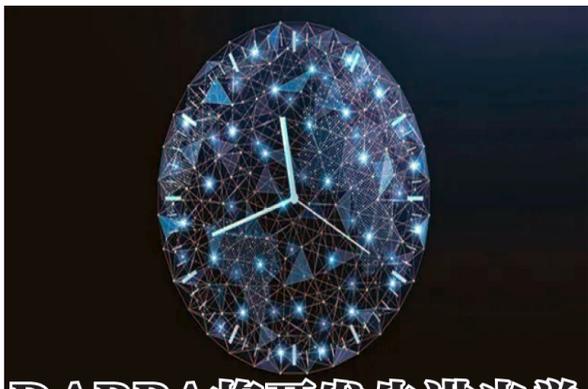
目的，如合成纳米颗粒。

该灯的白色闪光灯提供了一个高功率的能量源，以及促进光热化学反应的短脉冲。这个想法是一个强大的闪光灯，让生物质吸收了这些闪光能量，并瞬间触发了光热生物质转化为合成气和生物炭。这种闪光技术被用于不同来源的生物质：香蕉皮、玉米棒、橘子皮、咖啡豆和椰子壳，所有这些生物质最初都在105°C下干燥24小时，然后研磨并过筛成薄薄的粉末。然后在环境压力和惰性气体参与下，将这些粉末放在一个带有标准玻璃窗的不锈钢反应器中。氙灯闪烁，整个转换



过程在几毫秒内结束。

研究人员表示，每千克干燥的生物质可以产生大约100升氢气和330克生物炭，这相当于原始干燥香蕉皮质量的33%。该方法也可以计算能量结果，即每千克干燥的生物质有4.09兆焦耳能量。这种方法的优势之处在于它的最终产品，氢气和固碳生物炭，都是有价值的。氢气可以作为绿色燃料使用，而碳生物炭，既可以被埋藏起来作为肥料使用，也可以用来制造导电电极。（航柯）



## DARPA将开发先进光学时钟以取代GPS原子钟

美国国防预先研究计划局（DARPA）发布了强韧光学时钟网络（ROCKN）计划，旨在研发低尺寸、重量和功率（SWaP）的光学原子钟，比GPS原子钟计时精度/计时保持性能更好，并且可在真实场景下使用。

现代战争中的时间同步精度需求达到十亿分之一秒，甚至万亿分之一秒。现有装备（如导弹、传感器、飞机、舰艇和火炮等）都依靠GPS卫星平台的原子钟来实现纳秒级高精度计时。仅仅几十亿分之一秒的时间误差都会使装备定位的精度偏差超过一米以上。在GPS受到干扰的情况下，时钟同步精度将进一步恶化并严重威胁作战目标的实现。

ROCKN项目基于DARPA多年来的光学原子钟项目实验室研究成果。虽然ROCKN时钟精度不如当前最好的实验室光学时钟精度，但其精度和计时保持性能超过现有GPS原子钟，并且能够保持低SWaP需求。

DARPA表示，ROCKN项目的目标是将光学原子钟从复杂的实验室成果转变为可在实验室外运行的小型/坚固的实用化产品。一旦研发成功，ROCKN光学时钟将比现有微波原子钟的精度提高100倍，有效减少计时误差，纳秒级计时精度的保持时间也将从几

小时提高到一个月。ROCKN计划可形成诸多关键技术、组件和演示成果，最终形成满足未来网络化应用需求的时钟架构。

ROCKN计划分为两个技术领域：第一个技术领域是开发一个强大的、高精度的小型便携式光学时钟。项目参与团队将设计一种可安装在战斗机或卫星平台上的便携光学原子钟，精度可达每100秒1皮秒。该光学原子钟具有抗温度/加速度冲击和抗振动噪声等优势，支持在飞机、车辆或卫星等多平台上使用。

第二个技术领域是建立一个更大的、可运输的，具有卓越计时保持性能的光学时钟。项目参与团队将开发一个可运输的光学原子钟，可部署在海军舰船或野外场景中，在无GPS信号的情况下提供相当于GPS纳秒级的精度，计时保持可持续30天。

ROCKN计划为期四年，包括两个两年期研制阶段。在第一阶段，两个技术领域的参与团队将开发一个物理模型来进行技术演示；在第二阶段，参与团队将开发完整/可操作的时钟。在计划完成时，研发团队将验证固定站、移动站和机载站之间的时钟同步情况，且100GHz分布式相干计时精度将得到充分验证。（石峰）

## 抗菌又保鲜 这种食品包装很“智能”

新加坡南洋理工大学和美国哈佛大学公共卫生学院的一个研究团队开发了一种“智能”食品包装材料。它是可以生物降解的，并能杀死对人体有害的微生物，还可以将新鲜水果的保质期延长两到三天。相关论文发表于《美国化学会—应用材料与界面》。

这种食品包装是由一种叫做玉米醇溶蛋白的物质、淀粉以及其他天然生物聚合物制成的，并注入一种天然抗菌化合物的混合物。其中包括百里香油——一种烹饪中常用的植物，以及柠檬酸。

在实验室实验中，当暴露于湿度增加或有害细菌产生的酶时，包装中的纤维会释放出微量的天然抗菌化合物，杀死污染食物的常见危险细菌（不论细菌是在包装表面还是食品本身的表面上），如大肠杆菌和李斯特菌。

该食品包装有可能被用于多种产品，包括即食食品、生肉、水果和蔬菜。在一项实验中，用这种包装包裹的草莓在发霉前可以保持7天新鲜，而用主流水果塑料盒包装的草莓只能保持4天新鲜。

主持这项研究的南洋理工大学抗菌生物工程中心主任Mary Chan表示：“对于食品行业的包装而言，这项发明将成为一个更好的选择，因为它显示了优越的抗菌特性，而且只有在存在细菌或高温时才‘明智’地释放抗菌素，也就是只有在需要时才提供保护，从而最大限度

地减少化学品的使用，并保留包装食品的天然成分。”

共同领导这项研究的哈佛大学陈曾熙公共卫生学院副教授Philip Demokritou说：“食品安全和浪费已经成为我们这个时代的重大社会挑战，对公共卫生和经济造成巨大影响，危及粮食安全。开发高效、可生物降解、无毒的食品包装材料是提高食品安全、减少食品腐败和浪费最有效的途径之一。”

“在这项研究中，我们使用了包括生物聚合物、无毒溶剂、天然抗菌素在内的天然化合物，并开发了可扩展的系统来合成智能抗菌材料。这些材料不仅增强了食品安全和质量，而且在全球范围内减少不可降解塑料的使用，有望消除环境和健康的危害，促进可持续农业系统。”Demokritou介绍说。

新加坡ComCrop公司的首席执行官Peter Barber对这项工作进行了独立评估。他说：“对于像我们这样希望减少塑料使用、拥抱更环保替代品的公司来说，这一食品包装材料将成为一种可持续的解决方案。其抗菌特性可能会延长蔬菜的保质期，对我们很有帮助。这种包装材料对整个行业来说是有希望的，我们期待着了解更多关于包装的知识，并在某一天实现应用。”（王方）



用新研发的材料包裹的草莓可保鲜7天。