

# 边吃边玩，大脑“很忙”

## 科学家首次阐明进食行为全过程的精细神经调控

■本报记者 刁雯璿

为什么小孩子总是不专注吃饭，边吃边玩？这些看似简单的行为，背后往往有着复杂的神经调控机制。深刻了解不同行为背后的神经学原理，有助于我们理解大脑的生物学基础。

中国科学院深圳先进技术研究院（以下简称深圳先进院）脑认知与脑疾病研究所、深港脑科学创新研究院王立平团队，3月15日在《神经元》发表的关于大脑精细调控进食行为全过程的最新研究成果，对上述问题进行了解答。

### “吃饭”行为不简单

对于人和动物而言，进食是关乎生存的头等大事。物种在复杂多变的自然环境中，既要敏锐地发现食物线索，又要时刻提高警惕关注环境变化。经过亿万年的进化，自然选择塑造出物种精妙的进食行为策略，并固化到了大脑保守的“古老”结构中。

受研究手段的限制，过去，研究者们大多只用“吃了多少”（即进食量）这一指标作为研究进食行为的“秤”。如今，人类已发现大脑中数十个脑区的多种神经元都可以控制动物“吃得更多或更少”，但对大脑各个脑区多类神经元之间是如何协同工作以确保进食行为全过程顺利进行的，科学家们并不清楚。

王立平团队在实验中发现，小鼠的进食行为并不是简单的“吃饭吃到饱”。一整天没吃东西的小鼠，即使很饿，也无法持续专注地“好好吃饭”。与人类幼儿相似，它们在进食过程中表现出了“边吃边玩”的特点。因此，对进食行为的科学描述，应该更加倾向于是一个“循环的行为序列”，而不仅仅是“进食量”这个单一变量。

研究团队首先建立了深度学习算法辅助的行为记录与分析系统，在此基础上对小鼠进食行为进行了精准描述，即小鼠的进食行为是片段化的，“靠近食物、进食、离开食物、探索环境”等一系列行为会循环出现。

“人类在固定的时间吃饭，是社会化的训练的结果，但幼儿在学习独立进食过程中，大多表现为‘边吃边玩’。事实上，出于社交或其他动机，成人在进食过程中同样会不断关注周围环境，而不会一直专注于食物本身。”论文第一作者、深圳先进院助理研究员刘清晴解释道。

### 大脑对“吃饭”的精细调控

下丘脑弓状核中的刺鼠相关蛋白神经元（ARC<sup>NPV</sup>神经元）、外侧下丘脑的γ-氨基丁酸神经元（LH<sup>GABA</sup>神经元）和背侧中缝核中的γ-氨基丁酸神经元（DR<sup>GABA</sup>神经元）是三类已知的可促进进食的神经元。

为了厘清这些神经元在进食过程中的分工，研究团队分析了这些神经元在进食过程中的神经（钙信号检测）反应模式，发现这三类神经元被依次激活，循环反应。具体表现为：在小鼠饥饿、环境中无食物，但小鼠在探索环境而没有去吃的情况下，ARC<sup>NPV</sup>神经元被激活；在小鼠靠近食物和进食过程中，ARC<sup>NPV</sup>神经元被抑制，LH<sup>GABA</sup>神经元和DR<sup>GABA</sup>神经元被激活。其中，LH<sup>GABA</sup>神经元仅在进食行为发起时被激活，而DR<sup>GABA</sup>神经元会在进食过程中被持续激活。当小鼠离开食物并探索环境时，DR<sup>GABA</sup>神经元被抑制。

研究团队进一步用光遗传学方法验证了这些神经元的功能，发现ARC<sup>NPV</sup>神经元会在饥饿情况下对正在进行的与进食无关的行为进行限制，由此使进食相关动机占据主导地位，从而帮助发起进食行为；LH<sup>GABA</sup>神经元介导了进食行为的发起；DR<sup>GABA</sup>神经元则与进食行为的维持有关。

研究团队首次详细描述了动物进食与非进食行为循环出现的“片段化进食”行为特征。三类神经元依次发挥功能，一方面保证了动物摄取食物的效率，另一方面使动物保持了对环境的警觉。

### 为摄食障碍疾病研究带来新思路

摄食障碍是一类精神疾病，其最直接的表现是进食行为异常。所谓进食行为异常，包括暴食症、神经性厌食症等。世界卫生组织的统计数据显示，2022年中国成年人肥胖比例达到了16%，欧美一些发达国家的肥胖比例更是超过了30%，为社会经济发展带来了很大的挑战。神经性厌食症多发于青少年女性，发病率在0.3%~1%。此外，焦虑、抑郁等情绪障碍性疾病也常伴有进食行为的异常。

由于人们对摄食障碍疾病发病机理的认识还不够清楚，目前对这类疾病的治疗在很大程度上是“头痛医头，脚痛医脚”，许多患者会出现病程的反复，难以获得有效治疗。因此，对进食行为及其神经调控机制进行详细解析非常重要。

中国科学院院士、精神病学与临床心理学家陆林认为，该研究把对进食行为本身的描述及其背后神经生物学机制的解析提升到一个新高度，有望针对神经性厌食症、暴食症等摄食障碍疾病的研究提供新的科学思路 and 潜在的干预靶点。

中国科学院院士、神经生物学家段树民指出，王立平课题组借助深度学习的方法对动物进食过程中的各种自发行为作了客观精准的描述，并在此基础上发现了调控进食行为的准备、发起和维持的神经反应序列，为精准解析特定复杂行为背后的神经学原理提供了全新研究思路。

论文通讯作者王立平则介绍说，该研究对连续行为神经调控序列的精细解码，将有助于新类脑计算模型的建立，并应用于实验动物和人类的行为监测，为人工智能辅助的行为预判提供新的理论指导。

相关论文信息：  
<https://doi.org/10.1016/j.neuron.2023.02.025>

# 彩色油菜花上新！总花色达 63 种

本报讯（记者张晴丹）近日，全国各地的油菜花相继盛开，吸引无数游客驻足观赏。在四川省什邡市孝楠农业科技有限责任公司高级农艺师李孝楠提供的花粉基础上，江西农业大学农学院研究员付东辉采用将花粉与优良材料杂交、回交和自交等多种选育方法，把不同花色基因重新组合，促使油菜花的花色种类不断更新。今年，付东辉又新选育出7种花色，即大红、暗玫玫红、梅红、肉红、肉玫红、绛紫红、彤红，使油菜花花色从2022年的56种增加到63种。

今年的彩色油菜花具有颜色深、亮度高、色泽艳以及性能优的特点，其观赏价值全面升级。此外，付东辉在2021年30种稳定花色的基础上，又使玫红、极红、极紫红、白夹褐斑4种颜色达到稳定。

选育出来的彩色油菜花除了花色类型丰富，花香浓郁外，适应力也很强。通过选择花品种、合适的播种时间和相关核心专利技术，从海南到黑龙江、从广东到西藏和新疆均可以种植彩色油菜花。而且，彩色油菜花花期长达一两个月，可根据需要调整开花时间，实现“定制开花”。



“接下来，我们将使新选育出来的花色株系维持稳定，提高产量和含油量，增强抗逆性。与此同时，我们将探索花色变异的原因，以便

高效选育出花色类型更丰富、色泽更好、观赏价值更高以及产油量不低于普通油菜的新品种。”付东辉说。

# 国际月球科研站要来了 初设五个目标

本报讯（记者倪思洁）继我国探月工程“绕、落、回”三步走完成后，我国探月工程已经进入筹划建设国际月球科研站的新阶段。

“目前，国际月球科研站的科学与应用目标论证工作尚未结束，但已经取得阶段性进展。”近日，在第35届全国空间探测学术研讨会上，中国科学院月球与深空探测总体部主任、中国科学院国家空间科学中心副主任邹永廖说。

他透露，国际月球科研站初步设计的总体科学与应用目标有5个方面，包括月球考古、巡天探秘、日地全景、科学实验、资源利用。

国际月球科研站是指在月球表面或月球轨道上，建设长期自主运行的综合性科学实验基地。去年底，中国探月工程总设计师吴伟仁在接受媒体采访时曾表示，探月工程四期任务

即将实施，嫦娥七号、嫦娥八号将在月球上构建月球科研站的基本型。科研站选址月球南极，将于2028年左右建成基本型，以后逐步扩展成国际月球科研站。

邹永廖介绍，月球考古，即月球演化进程的综合探测与研究，主要任务是构建月球内部精细结构模型，实施“透明月球”计划，构建月球水与挥发分演化模型。

巡天探秘，即研究恒星形成和活动规律，探寻人类的另一个家园及其高能暂现源，构建宇宙演化的完整“图谱”，探寻人类所知宇宙的前世今生，目标是回答“人类在宇宙中是否孤独”的问题，并揭示宇宙黑暗时代和黎明时代的演化历史。

日地全景，即利用月基平台，对太阳、日—

地—月环境、地球宏观地质现象开展全因果链的无缝观测，揭示其物理过程和形成机理，具体将开展月基太阳三高观测，观测太阳的高温日冕、高能辐射、高速太阳风和日冕物质抛射，并开展月面环境探测和月基对地全景观测。

科学实验，即开展月基基础科学实验研究，例如，探索研究月面环境下的“植物生长发育对月面环境的感知与应答”“月面下植物—微生物相互作用”“面向植物培养的月壤生物可利用性”“月面环境因素对闭合陆生生态系统的能量物质流转与系统稳定”等理论与技术问题。

资源利用，即对月球资源进行就位利用，包括利用月球上的矿产等物质资源、太阳能等环境资源以及月球在太空中所处的位置资源等。

# 不再是“研究对象” 而是“研究参与者”

邱仁宗

近日，国家卫生健康委员会、教育部、科学技术部和国家中医药管理局联合发布了《涉及人的生命科学和医学研究伦理审查办法》（以下简称《办法》），这是一部基于我国16年伦理审查丰富经验并与国际标准接轨的规范。

《办法》的中心是保护参与生物医学研究的健康人（临床I期）和病人。他们参与研究，与科研人员平等地为科学事业作出贡献。这是我国第一次将参与研究的健康人和病人称为“研究参与者”，过去的称为“研究对象”或“受试者”。

“研究对象”这一术语将参与者视为被动的客体，似乎不具自主性。因此后来称参与者为“受试者”。受试者的英语表述有主体之意，但未能在中译名中体现出来，仍是将参与者视为接受研究人员干预的被动人员，没有表达出他们与研究人员平等地为科学事业作出贡献这一点。现在改称“研究参与者”，肯定了他们为科学作贡献的道德地位，可以调动其积极性，使研究更有效。

此外，参与者通常为非专业人员，他们与研究人员相比在信息或知识拥有，以及社会结构的权力拥有上处于弱势地位，因此他们得到研究人员和监管人员保护的权利，研究人员和监管人员有保护他们的义务。《办法》体现了上述权利和义务。

《办法》很好地继承和发扬了《纽伦堡法典》的精神。《纽伦堡法典》是世界上第一部保护研究参与者的国际法文件和研究伦理学文件。

《纽伦堡法典》原是纽伦堡国际法庭审判纳粹医生判决书的第二部分，原来的题目是《可允许的医学实验》。在审判中法官以及参与调查和审判纳粹医生进行惨无人道人体实验的医生发现，医学研究必须有他人参与，仅仅依靠实验室研究和动物实验是不够的。在对纳粹医生反人类人体实验罪行进行判决时，必须厘清涉及人的医学实验应该怎样做。

纽伦堡国际法庭是国际反法西斯同盟国联合组织的，我国是国际同盟一员，有义务遵守《纽伦堡法典》。该法典规定的10条原则则可以归类为两条基本的伦理要求。

第一条是保护研究参与者的生命健康，使风险最小化、获益最大化。这要求后来发展为要求对临床试验或研究中干预的可能风险与受益比进行评估，选择风险—受益比有利于研究受试者和社会的干预方案。

第二条强调研究参与者同意参与研究应该是绝对自愿的，并且允许退出研究。这要求后来发展为要有有效的知情同意，即知情同意不是仅仅为了取得一份研究参与者同意的同意书，必须将有关研究的信息毫无保留地告知研究参与者，不可隐瞒研究可能致伤害的信息，要帮助研究参与者理解所告知的信息，最后要让他们在没有强迫和不当引诱下自由地表示同意。

上述原则使《纽伦堡法典》成为生命伦理学这一门新学科诞生的起源。我国的最新发布的《办法》以更清晰的语言对《纽伦堡法典》的基本伦理要求作了明确规定。读者可以仔细阅读《办法》的第三章《伦理审查》和第四章《知情同意》。

保护研究受试者的主要支柱是确保知情同意和独立的伦理审查得到实施。知情同意如上所述。而关于伦理审查，独立性非常重要。这里讲的独立性不是在行政关系上的独立性，而是各级伦理审查委员会及其成员在审查研究方案时要保持道德判断的独立性，即每个成员以及整个伦理审查委员会要根据相关法律法规以及伦理规范对研究方案是否应该被批准、修改后再审查是否批准作出自己的判断，不能依赖机构领导或研究负责人的意见作决定。

我国建立了三级伦理审查委员会，默认的做法是由研究人员所属机构伦理审查委员会审查其研究方案，有些重大的或敏感的研究方案可能需要上一级省市级伦理审查委员会做二次审查。省市级伦理审查委员会对机构伦理审查委员会负有监督和指导的责任，而卫健委部级伦理审查委员会（即医学伦理专家委员会）则对机构和省市级伦理审查委员会负有监督和指导的责任。

如果从2007年的《涉及人的生物医学研究伦理审查办法（试行）》开始计算，全国范围内涉及人的生物医学研究的伦理审查办法已有16年的历史，积累了丰富的经验。但目前发展是不平衡的，尤其是现在科技发展有不同的路径，有的路径是在国家资助下只管埋头苦干，有的路径则是将科研与市场、资本、企业捆绑在一起。尤其是后者中从事高端研究的科研人员，他们不但要进行实验室、动物和临床研究，还要建立企业、管理企业、推销产品、通过营销手段集资，完成研究并进入市场，与投资者分享高额利润。

高端研究往往需要高端投入和高端收入。例如一些高端抗癌药物，病人一次要付出几十万元的费用，这一方面加剧医疗可及性问题，另一方面可能驱使部分医学研究人员急功近利，忽视高端技术的重大风险以及伦理规范和相关法律法规，给病人造成严重伤害。例如目前的基因编辑技术还不成熟，它存在脱靶、中靶后修补“伤口”过程中发生差错以及嵌合现象，存在许多不确定性和未知因素。一旦忽视上述问题，就可能严重伤害研究参与者的生命健康，需要警惕！（作者系中国社会科学院哲学研究所研究员）



## 新方法提升甲醇生物转化合成脂肪醇效率

本报讯（见习记者孙丹宁）近日，中国科学院大连化学物理研究所研究员周雅进团队在甲醇生物转化研究中取得新进展。他们在甲醇酵母中通过代谢途径区室化，将甲醇利用与脂肪醇生物合成偶联，显著提高了甲醇到脂肪醇的生物合成效率。相关成果近日发表于美国《国家科学院院刊》。

脂肪醇作为添加剂可应用于化妆品和洗涤剂等领域，用途广泛。目前，脂肪醇主要以石化资源或植物油为原料经化学法合成，而生物合成有望实现其可持续供给。甲醇是重要的化工原料，可以通过二氧化碳大量制备，是未来可持续的生物炼制原料。然而，微生物的甲醇代谢速度慢，且甲醇有一定的生物毒性，制约了其到目标产物的合成效率。

该研究发现，以甲醇为原料、利用改造的多

形汉逊酵母合成脂肪醇的产量非常低。其主要原因是甲醇毒性以及复杂的甲醇代谢调控过程造成了脂肪醇合成受阻。考虑到过氧化氢酶是甲醇代谢主要场所，团队将脂肪醇合成途径靶向过氧化氢酶与甲醇代谢偶联，将脂肪醇合成产量提升了3.9倍。随后，团队通过强化前体供给、还原力供应、甲醇耐受性以及甲醛的同化过程，将脂肪醇合成产量进一步提高了2.5倍。最终，团队实现了工程菌株在1升发酵罐中合成脂肪醇3.6克，是目前有文献报道的以甲醇为单一碳源生物合成脂肪醇的最高产量。

该研究发展的过氧化氢酶代谢偶联策略能大幅提高甲醇到目标产物的物质转化效率，为其他一碳资源生物转化应用提供了参考。

相关论文信息：  
<https://doi.org/10.1073/pnas.2220816120>

## 新成果有望攻克激光雷达 抗干扰和高精度探测两个难题

本报讯（记者崔雪芹）随着高级别自动驾驶的日益普及，确保行驶舒适安全的激光雷达作为其核心器件，受到越来越多的重视。高性能、小体积、低成本、低功耗、高安全的激光雷达是未来厂商竞相追逐的方向。

北京大学电子学院王兴军教授课题组—常林研究员课题组在两年攻关的基础上，研制出一种全新的硅基片上多通道混沌光源，提出了一种基于混沌光梳的并行激光雷达架构。相关研究成果近日发表于《自然—光子学》。

“该研究攻克了激光雷达抗干扰和高精度并行探测这两个难题，保证高性能高安全的同时，极大降低未来激光雷达系统的体积、复杂度、功耗和成本。”论文通讯作者王兴军告诉《中国科学报》。

研究团队通过集成微腔光梳的调制不稳定状态，产生天然的多通道随机调制信号，其信号混沌带宽可超过7G赫兹，且光梳的调制不稳定态在18G赫兹的失谐范围内展现出了良好的鲁棒性，能够应对外部泵浦光源的频率抖动。同时，材料的高非线性系数使产生的调制不稳定光梳的阈值功率相比其他材料平台低1至2个数量级，能够与片上DFB激光器共集成。

在此基础上，研究团队搭建了并行激光雷达演示系统，并对实物目标进行了高精度三维成像，验证了10通道规模的单像素成像，证明了各

通道间良好的正交隔离性。

此外，研究团队还对接收信号在不同信号干扰混杂下的抗噪功率抑制比进行了测试，实测可得在3分贝阈值判据和12.5微秒积分时间下，单路信号的功率动态范围接近60分贝，对调频连续波信号的抗噪功率抑制比接近30分贝，对自身随机调制信号的抗噪功率抑制比可达22分贝，展现出了良好的有源抗干扰能力。上述结果有望推动下一代高性能抗干扰激光雷达的变革。

相关论文信息：  
<https://doi.org/10.1038/s41566-023-01158-4>

科学网客户端全新上线



更多科教资讯  
扫描二维码下载查看