

行为“字典”让你知道动物在想什么

■本报见习记者 刁雯曼

蜜蜂采蜜后为什么会跳舞？猫在被主人抚摸时为什么会发出咕噜声？怎样才能知道，动物的脑子里究竟在想些什么？科学家们从未停止对动物行为奥秘的探索，以此研究大脑神经对行为的调控，以及在药物研发中的行为学评估。

中科院深圳先进技术研究院脑认知与脑疾病研究所研究员王立平、副研究员蔚鹏飞等自主研发了一种多视角、三维自动化行为采集设备，并提出一类通用动物三维行为图谱框架“Behavior Atlas”。相关研究成果近日发表于《自然—通讯》。

据了解，该行为采集设备，能够获取动物三维立体的运动姿态，将连续、复杂的行为简化为可以被人们理解的动作模块。该研究已在自闭症模型小鼠上进行了行为鉴定，成功实现在亚秒级自动精确识别小鼠特征性的行为异常。

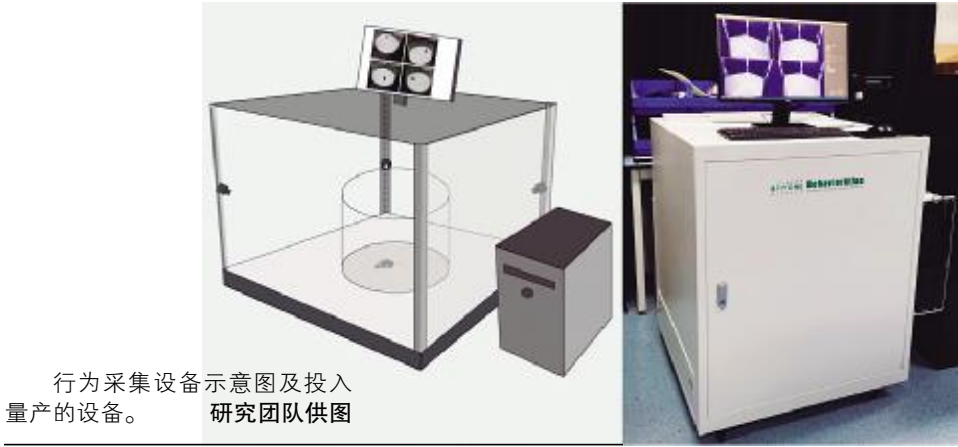
AI 加持 三维展示动物行为姿态

在传统的动物行为学采集与分析中，多采用单视角、提取 2~3 个身体特征点的方式来拍摄和追踪动物行为。然而身体部位的遮挡容易造成视角的偏差，导致行为数据分析误差。此外，追踪点太少难以将类似四肢的精细动作准确收集。

自 2018 年起，王立平、蔚鹏飞团队就开始思考利用新的机器学习等技术解决当前在动物行为学采集与分析领域存在的瓶颈。

“研究前期，我们使用传统方法对行为进行观测时发现，现有动物行为实验的数据集缺乏，人工标记原始的行为视频工作量极大。即使对于某一物种在特定场景下构建了足够的数据集，但因不同物种和行为场景存在差异性，也让积累的数据集无法复用。”蔚鹏飞表示。

对此，结合人工智能(AI)技术，团队自主



行为采集设备示意图及投入量产的设备。 研究团队供图

研发了多视角、三维自动化行为采集设备，能够构建动物三维、多身体部位的运动骨架，更加全面地表征动物的运动。

“与其他三维动物行为采集设备相比，我们的系统采用的相机个数、对相机性能的要求都比较低，这极大地方便了对动物三维行为数据的获取，且非常易于扩展至犬类、非人灵长类的大动物研究。”蔚鹏飞介绍。

此前，课题组博士生刘楠和韩亚宁使用该系统已成功在动物的焦虑行为分析中取得了初步进展，相关成果发表于《生物化学和生物物理研究通讯》。据了解，该技术涉及的两项专利已经授权转化，设备已经投入批量生产。目前，团队已经收到了国内外 20 多家科研机构的合作意向。

精确收集 构建行为“字典”

研究过程中，探索行为的本质规律，对行为进行解码，构建行为“字典”成为了团队研究的重点。

团队发现，动物在展现行为时，首先通过

肢体表现出丰富的姿态，而姿态的连续变化形成了行走、跳跃、攀爬、抓挠等动作，进一步表达出动物的天性、习性、喜怒哀乐等。这种“姿态—动作—行为谱”的行为模型就好比语言中的“字母—单词—语句”模式，具有层级性。因此，行为数据也需要层级化收集。

想要精确地收集行为数据，就要回归行为本身，构建行为“字典”。结合人工智能算法技术，研究团队从连续的三维行为序列中，首先对行为的姿态层进行离散化的表征，让机器识别出行为的每一个姿态，相当于构建行为的“字母表”；其次从这些姿态表征中，将具有相似排列模式的姿态序列挖掘出来，作为行为的动作层，相当于构建行为的“字典”。

“就像观测一只正在抓挠的小鼠，我们需要解构小鼠究竟挠了多少下、抓挠的时长、所在的场景等，多方面收集行为数据。”蔚鹏飞表示，根据行为的层级化表现，研究团队进一步构建了一类层次化动物行为图谱。

据悉，团队在自闭症小鼠模型上进行的验证实验中，成功从分离出的 40 多种行为亚型

中发现了自闭症小鼠模型具有的特异性行为。所构建的行为图谱对行为数据分析后，发现行为结果与动物的基因型存在高度的一致性。

目前该行为图谱仍在不断更新和完善中，针对不同物种进行研发。据了解，团队已经在非人灵长类、犬类中开展了研究，未来还将应用在猪等实验动物上。

行为数据说话 解答好生物学问题

行为学上的观测和量化对药物研发、疾病诊断有着重要意义。比如经典的“强迫游泳实验”，通过观测小鼠行为检测抗抑郁药物的作用。然而在该过程中，获取的行为数据不精准，使抑郁症模型的建立和评估方法存在差异，让该实验备受争议。

随着机器学习和人工智能技术的发展，旨在实现高精度、自动量化行为的“计算神经行为学”正在成为重要的新兴研究领域，我国在该领域鲜有涉足，在国际上仍然处于“跟跑”状态。

“长期以来，受技术的局限，我们对动物行为的观测还停留在动物‘在哪里’和‘跑多快’，而不知道动物在‘干什么’。基于目前团队研发的精细化动物行为检测与分析系统，我们能够更加客观、准确、全面地测量特定神经环路操控下、药物作用下以及基因操控下，动物行为变化特征及对应关系，从而进一步推动大脑认知机制、类脑智能以及脑疾病新药研发等领域的研究。”王立平说。

下一步，研究团队计划将“Behavior Atlas”与微型化在体双光子荧光显微成像技术、高通量神经电生理等技术相结合，在活体、长时程观测情况下，研究神经网络，以及各种脑内神经递质如何精细地编码特定的行为。

相关论文信息：<https://doi.org/10.1038/s41467-021-22970-y>
<https://doi.org/10.1016/j.bbrc.2021.03.125>

简讯

第 20 届亚洲科学理事会大会在广州召开

本报讯 近日，由亚洲科学理事会和中国科学技术协会主办的第 20 届亚洲科学理事会大会在广州南沙开幕。大会以“新材料时代：为可持续发展社会而创新”为主题，钟南山、吕坚、王恩哥、薛其坤、刘昌胜等专家齐聚南沙，深入探讨可持续发展与材料创新。

亚洲科学理事会大会旨在就亚洲地区共同的科学问题进行探讨，并提供交流合作平台。今年的大会首次采用“现场+网络”的方式召开，亚洲科学理事会 14 个会员组织的 30 余名负责人和代表参会，中外科技界著名专家学者 70 余人出席会议并作报告，大会共吸引了来自亚洲及全球各地的 700 余位专家学者通过线上和线下方式参会。（朱汉斌）

我国 2.5 米大视场巡天望远镜在青海开建

本报讯 近日，总投资 2 亿元的中国科学技术大学—紫金山天文台 2.5 米大视场巡天望远镜基建项目在青海冷湖天文观测基地正式开工。

该项目是中国科学技术大学在建的“双一流”学科平台，采用国际先进的主焦光学系统设计，同时具备大视场、高像质、宽波段的特点，能够实现高精度位置和亮度测量，具备强大的巡天能力，能够每 3 夜巡天整个北半球一遍。

2.5 米大视场巡天望远镜建成后，将成为北半球具备最高巡天能力的光学时域巡测设备。（桂运安）

山西开创 校企共建国家实验室新模式

本报讯 近日，四家企业与太原理工大学、中北大学、太原科技大学三所高校签署共建、共管、共享企业国家重点实验室协议。此次合作将充分发挥企业、高校双方在科技、人才和资源等方面的互补优势，整合资源，开创山西省企业国家重点实验室建设新模式。

据悉，围绕“14+N”个战略性新兴产业领域原始创新和关键技术突破需求，山西省将进一步完善全省科技创新体系，构建定位清晰、布局合理、梯次衔接、开放共享、富有活力的实验室体系。（李清波）

中科院相关机构与大兴安岭地区签署战略合作协议

本报讯 近日，中国科学院大学现代农业科学学院、中科院东北地理与农业生态研究所、中科院沈阳应用生态研究所分别与大兴安岭地区行署、大兴安岭林业集团公司签署战略合作协议。

据悉，各方将开展多形式、多层次的合作，如共建科学家工作室、加强人才交流与培养等，以构筑区域科技创新体系，促进大兴安岭地区生态提升、科技创新和经济绿色转型。（秦志伟）



近日在海南岛东南陵水海域拍摄的“深海一号”能源站。

“深海一号”能源站是我国自主研发建造的十万吨级深水半潜式生产储油平台，现落位于地处海南岛东南陵水海域的“深海一号”（陵水 17-2）气田。该气田是我国首个 1500 米深水自营大气田，探明天然气储量超 1000 亿立方米。“深海一号”能源站最大储油量约 2 万立方米，将用于该气田的开发。目前，“深海一号”能源站正在进行设备安装调试等施工，为气田开发做好准备。

新华社记者隋晓旭摄

苏淮猪克隆成功 可实现快速扩群

本报讯(记者李晨) 记者近日从南京农业大学获悉，上月该校养猪研究所、淮安研究院，与江苏省畜牧总站联合利用体细胞克隆技术进行胚胎移植的 3 头大白受体母猪先后顺利分娩。据悉，这次移植采用不同品种与不同性别混合移植，共获得 14 头苏淮仔猪(8 公、6 母)。南京农业大学养猪研究所教授黄瑞华说，这充分证明，通过体细胞保存可实现地方猪遗传资源保护和利用以及优秀种猪个体的扩群。

苏淮猪是以江苏省淮安市淮阴种猪场为基地，以南京农业大学为技术依托单位，会同淮安市农业农村委、江苏省畜牧总站等多家单位，历时 12 年联合攻关培育而成的畜禽遗传资源新品种。黄瑞华介绍，作为大约克夏猪和淮猪杂交选育而成的黑猪，苏淮猪既保留了原始地方猪种淮猪的耐粗饲、肉质优的特性，又吸纳了大约克夏猪生长快、瘦肉较多的优点，是节粮、瘦肉型猪优秀品种，抗逆性强，耐粗饲，体质强健。

选择苏淮猪作为克隆对象，是源于非

洲猪瘟疫情袭来之后，保护猪遗传资源新品种的迫切性。

南京农业大学淮安研究院常务副院长李平华介绍，非洲猪瘟疫情之下，该院联合江苏省畜牧总站和淮安市农业农村局，第一时间对淮阴新淮种猪场的苏淮猪采取了生物保护措施，并兼顾了培育猪种苏太猪的生物保种。“抢救性”地保存了苏淮猪、苏太猪等培育猪种 DNA 样品约 1000 份，保存苏淮猪体细胞 35 份、冷冻精液 18 份。

这些生物资源库保存效果如何，是否具备生物复制能力？黄瑞华说，只有复制成功，这些遗传资源的保存才可能为我国培育猪种持续选育与扩繁保驾护航。

2021 年 1 月，李平华与该团队副教授侯黎明，利用体细胞克隆技术首次将苏淮猪和二花脸猪两个性别的体细胞混合移植到 5 头大白受体母猪，期望一次性获得两个品种两个性别的克隆小猪。4 月 27—29 日，14 头苏淮仔猪顺利诞生，生长状况良好。

黄瑞华说，苏淮猪公、母猪个体混合



工作人员辅助克隆苏淮仔猪吃初乳。

南京农业大学供图

克隆成功证明，他们收集的遗传素材具有活体可复制性；收集猪遗传资源的体细胞遗传材料进行体细胞克隆，是完善猪遗传资源保护体系、推动生猪种业健康可持续发展的重要途径；不同性别个体体细胞混合克隆成功，进一步提高了克隆效率，为优秀猪个体扩繁带来了新希望。

发现·进展

中国地质科学院地质研究所等修订铅元素原子量

本报讯 近日，历时十年，通过 7 位专家的严格评审以及国际纯粹与应用化学联合会(IUPAC)的审核，IU-PAC 正式将铅元素标准原子量从原来的 207.2±0.1 修订为[206.14, 207.94]。这项工作由中国地质科学院地质研究所朱祥坤博士领衔的国际研究团队完成。相关成果发表于《纯粹应用化学》。

朱祥坤团队通过对自上世纪 50 年代以来数百篇有关铅同位素高精度分析的文献进行系统调研，在科学分类的基础上，对 8000 多个各类普通地球物质(不包括陨石等样品)的铅同位素高精度分析数据进行统计，厘定了铅元素原子量的最小值和最大值。铅元素原子量的最大值和最小值都来自于苏格兰西北部 28 亿年前的 Lewisian 古老杂岩体中的独居石。这些独居石被坚硬、稳定的石榴子石包裹，杜绝了外界普通铅的污染。

铅元素的原子量是一区间值，不是常数。为方便教学等用途，研究推荐使用 207.2 作为铅元素原子量。如果因科研、商业等原因需要精确的铅元素原子量值，需要对具体样本进行测定。

该成果将更新教科书的元素周期表，并对相关应用领域产生持久性影响。（张行勇）

相关论文信息：<https://doi.org/10.1515/pac-2018-0916>

中科院南京地质古生物研究所等

探究晚古生代为何由“温室”走向“冰室”

本报讯(记者沈春蕾) 近期，中科学南京地质古生物研究所(以下简称南古所)青年科研团队与来自南京大学、厦门大学，以及英、德、美等国内外同行开展合作，对石炭纪中期的古海洋环境变化、其与种子植物的演化关系进行了研究。相关研究成果日前在线发表于《地球与行星科学通讯》。

一直以来，维管植物特别是种子植物的登陆和大规模繁衍，被学术界认为是触发全球变冷和晚古生代冰期成冰事件的重要原因之一，但缺乏证据揭示它们之间的直接因果联系。

科研团队对华南和越南等地 5 条早石炭亚纪剖面开展详细的碳、锶、氧同位素分析(分别指示碳循环、大陆风化和古温度变化)，同时系统地梳理了晚泥盆世—早石炭亚纪早期全球种子植物属一级多样性及其地理分布变化，发现海水的锶同位素比值在杜内期中期开始下降，并伴随着碳酸盐碳同位素值和牙形刺氧同位素值的增加。

南古所副研究员陈波告诉《中国科学报》，碳、锶、氧这三个同位素体系的耦合变化正对应于种子植物早期演化阶段中最重要的—次辐射事件。此次事件中，种子植物以多样性的快速增加和分布范围的显著扩张为特征。

该研究表明，早石炭亚纪杜内期种子植物的辐射和扩张导致硅酸盐、尤其是玄武质硅酸盐风化的增加，使得磷等陆源营养物质大规模输入到海洋中，从而促进全球海洋生产力的提升和有机碳埋藏量的增加。硅酸盐风化和有机碳的埋葬会大量地消耗大气中的二氧化碳，最终导致气候的变冷和全球气候由“温室”向“冰室”期的转换。

陈波表示，这项研究结果对进一步理解陆地生态系统的兴起，及其在塑造全球气候中所扮演的角色有重要意义。

相关论文信息：<https://doi.org/10.1016/j.epsl.2021.116953>

中国科学技术大学等

虾“矛”蟹“盾”启发制备 高强高韧仿生材料

本报讯 中国科学技术大学教授骆天治团队与武汉大学副教授王正直、教授张作启合作，研究了具有防御功能的螳螂虾尾刺(矛)和寄居蟹左螯(盾)，综合利用多种实验手段揭示了其从纳米尺度到厘米尺度的化学梯度、微观结构和力学性能之间的相关性，并通过有限元分析和 3D 打印技术确认了两种结构中的增韧机制和结构优化原理。相关成果日前分别发表于《ACS 应用材料与界面》和《生物材料科学报》。

生物界中存在许多梯度结构设计的攻击与防御“工具”，这些梯度材料为人类提供了多种仿生材料设计原理。螳螂虾尾刺的外骨骼包括 4 个不同的结构层，每层都具有不同的微观结构和化学成分特征。这些层状结构的局部力学性能与微结构和化学成分密切相关，几者的组合有效地限制了裂纹的扩展，同时最大限度地释放了变形过程中的应变能，提高了结构的整体韧性和强度。

研究人员使用 3D 打印技术制备了多个尾刺的仿生微结构，通过力学测试验证了布林根(Bouligand)结构与径向的平行层状结构的组合，能极大地提高结构总体韧性和强度这一设计理念。这为制备高强高韧的仿生复合材料提供了一条新路径。

寄居蟹左螯的外骨骼分为 5 层。同样，这些层状结构的局部力学性能与微结构和化学成分也密切相关。特别是结构中三维正交排列的几丁质纤维通过桥接和拔出机制有效地提高了材料的断裂韧性。

寄居蟹左螯穹顶状形貌的局部曲率和三明治状的层间力学性能分布，从整体上为其抗冲击外部攻击提供了优化的力学性能，极大地降低了结构的变形和界面应力，展示了有效的防护功能。这为抗冲击结构的优化设计提供了一种思路。（桂运安）

相关论文信息：<https://doi.org/10.1021/acsmi.1c02867>
<https://doi.org/10.1016/j.jactbio.2021.04.012>