

超级显微镜“上新” 大脑活动看得清

成果展示

化学驱智能注采 联动技术顺利实施

日前，中国工程院院士、清华大学自动化系教授戴琼海团队的研究成果——新一代介观活体显微仪器 RUSH3D 问世。这台仪器可以“看穿”大脑，具有跨空间和时间多尺度成像能力，填补了当前国际范围内对哺乳动物介观尺度活体三维观测的空白，同时为揭示神经、肿瘤、免疫新现象和新机理提供了新的“杀手锏”。相关研究刊发于国际学术期刊《细胞》。

通过这台超级显微镜可以看到什么，又能帮助人类解决哪些重大基础研究难题？

兼具厘米级视场 与亚细胞分辨率

突破传统光学成像系列 物理瓶颈

细胞是生命活动的基本单位。每时每刻，人体内都在上演着大量不同类型细胞间交互作用所形成的“交响曲”。

“在这一连接微观与宏观之间的介观尺度上，存在巨大的技术空白，使得当前研究难以在哺乳动物的活体环境器官尺度下，同时观测大量细胞在不同生理与病理状态下的时空异质性，这极大限制了脑科学、免疫学、肿瘤学、药理学等学科发展。”清华大学自动化系副教授吴嘉敏说。以脑科学为例，大量神经元间的相互连接和作用涌现出如智能、意识等功能，厘清神经环路的结构和活动规律是解析大脑工作原理的必由之路。然而，具备单神经元识别能力的传统显微镜往往只具备毫米级视场，仅能覆盖小鼠单个或几个脑区，实现单个平面神经信号动态记录；功能核磁虽然能够实现三维全脑范围观测，但空间分辨率却远不足以识别单细胞。

瞄准这一国际前沿难题，戴琼海院士团队在 2013 年率先开展介观活体显微成像领域研究，并在 2018 年成功研制出当时全球视场最大、数据通量最高的显微仪器——高分辨光场智能成像显微仪器 RUSH，这台仪器兼具厘米级视场与亚细胞分辨率。

然而，RUSH 系统仍面临一系列瓶颈，且每一项技术瓶颈本身都是生物医学成像领域的国际难题，在同一系统上同时解决这些活体成像问题极具挑战。

RUSH3D 的问世，使得上述难题迎刃而解。吴嘉敏介绍说，RUSH3D 能以 20Hz 的三维成像速度实现长达数十个小时的连续低光毒性观测。它不仅“分得清”，还“看得更全”“拍得更快”“看得更久”。

“做基础研究，就是要有敢于做颠覆性科研的勇气。”戴琼海说，过去十多年来，科研团队持续进行一系列的理论和关键技术创新，从而实现了仪器整体性能的颠覆性提升。

吴嘉敏介绍说，该成果的创新点，即提出一系列计算成像方法，在同一技术架构上，同时解决了一系列活体成像难题，从而解决视场、分辨率、三维成像速度、光毒性之间的固有矛盾。计算成像的核心理念是改变传统光学成像“所见即所得”的设计理念，利用计算编码、计算采集等多维尺度计算架构，实现对高维光场的超精细感知与融合，为机器设计更好的感知系统，从而突破传统光学成像的一系列物理瓶颈。

吴嘉敏进一步解释道，针对二维传感器难以捕捉三维动态变化的难题，团队提出扫描光场成像原理，在实现轴向 400 微米范围高速三维成像的同时，大幅降低激光照射对细胞的损伤。

针对活体组织复杂环境引起的光学像差降低系统成像分辨率与信噪比这一难题，团队提出基于波动光学的数字自适应光学架构，即无须在光学系统中增加额外波前传感器或者空间调制器，在后端就可完成大视场多区域自适应光学像差矫正，从而提升大视场复杂环境三维成像的空间分辨率，以及信噪比。这一设计使得仪器仅需常规尺寸物镜，就能有效克服空间非一致的系统像差和样本像差难题，实现全视场内均一高空间分辨率的十亿像素成像，显著降低介观成像系统尺寸与成本。

获得一批“国际首次” 观测成果

“优化科学研究的路径与产业发展方向，推动科学进步、人民幸

福，是我们始终坚持的奋斗目标。”戴琼海说。

目前，已有多个交叉研究团队利用 RUSH3D 在脑科学、免疫学、医学与药理学等多学科，获得一批“国际首次”观测成果。

“在脑科学方面，RUSH3D 通过其跨时空的多尺度成像能力，极大拓宽了科学家对大脑的认知。”吴嘉敏介绍说。

大脑皮层的神经网络被认为是高等动物神经系统中十分重要而又复杂的信息处理中心，是产生生物智能乃至意识的关键神经网络区域。然而，由于观测技术限制，目前大部分研究只能同时记录实验动物中一个或几个皮层区域的神经元活动，难以进一步研究皮层神经网络的联合动态变化。

通过 RUSH3D 大视场、三维高分辨率、高帧率的成像优势，交叉团队开创性实现对头固定状态下清醒小鼠背侧皮层 17 个脑区中十万量级大规模神经元的长时间高速三维记录，并且能够对同一群神经元多天连续追踪。运用该系统，研究人员证实了响应感觉刺激，调控运动的神经元并非只存在于单一感觉皮层、运动皮层，而是广泛存在于皮层各个区域，但各个区域神经元对感觉信息编码、整合、区分的能力存在差异。科研人员进一步发现，自发运动行为发生时，小鼠皮层神经网络采用由尾侧向鼻侧传导的发放模式。这一结果提示，视觉、触觉等感觉皮层神经元的整合和全皮层范围信号扩散，可能是引起自发运动的关键因素。

吴嘉敏说，在此基础上，RUSH3D 有望首次实现解析全背侧皮层的介观脑功能图谱，通过捕捉大脑内的成百上千万神经元间的动态连接与功能，揭示意识的生物学基础、智能的本质等基本问题，推动对神经退行性疾病的研究，还有望推动脑启发的人工智能发展。

(华凌)

近日，据中国石化辽河油田公司消息，由该公司研发的国内首创化学驱智能注采联动技术在辽河油田“锦 16 区块”锦 2-丙 3-A125 井组完成“一注一采”现场试验，并顺利实施投注、投产。这标志着中国石化第四代智能分注技术在化学驱智能注采联动方面取得重要进展。

截至目前，锦 2-丙 3-A125 井注入并封隔器座封后，测试信号正常并验收合格，各层注入量均满足地质配注要求。2023 年，为满足辽河油田利用化学驱方法进行精细高效开采的需求，辽河油田采油工艺研究院注采所科研人员攻克了化学驱智能注采分注技术，并成功研制出化学驱智能配注器，实现流量、压力、温度的实时监测。这些技术和设备的成功研发显著提高了注入端的效率。面对杆式泵+智能分采方法无法满足“锦 16 区块”大液量开采的新需求，项目组成功研发了泵下过流打压装置，解决了一趟管柱下入因管式泵单流而造成各层封隔器无法打压坐封的技术卡点，形成了“管式泵+智能分采”的一趟管柱化学驱智能分采技术，完善了化学驱智能注采技术系列。

两项技术的成功组合应用，标志着辽河油田采油工艺研究院科研人员将其国内首创的水驱智能注采联动技术，成功拓展到化学驱注采井组。这一突破为辽河油田化学驱增产再添一项技术新利器。

(郝晓明)

耐高温、可机械化 制种水稻培育成功

近日，据湖南省杂交水稻研究中心消息，湖南省农学会日前组织由中国工程院院士柏连阳为组长的专家组，在长沙市浏阳北盛展示基地，对湖南杂交水稻研究中心、湖南农业大学等单位培育的杂交水稻品种粒两优 8022、骥两优 1126 耐高温表现以及高温条件下杂交机械化制种进行现场考察与评议。专家组一致认为，团队研发的耐高温水稻亲本、耐高温杂交水稻品种以及品种在高温条件下全程机械制种技术均表现良好。

为应对全球变暖以及持续高温气候可能对农作物生产带来的不利影响，湖南杂交水稻研究中心、湖南农业大学等单位开展了长期的耐高温水稻育种及制种攻关。截至目前，团队已成功培育出卓两优 1126、缘两优 968、粒两优 8022、骥两优 1126 等耐高温水稻品种。

为研究可使水稻制种在持续高温气候下保持性状稳定的技术体系，团队选取了骥两优 1126 和粒两优 8022 杂交制种亲本，并将其生殖生长期全程控制在高温条件下。团队采用宽行比模式制种，利用激光平地机平地、母本飞机直播和父本机插的模式播种。在收割期，团队对母本依然采用传统收割机收割，父本则通过应用自主研制的专用父本清除机进行收割。

通过田间考察，专家组评价，种植的水稻品种的父本与母本生长正常，植株整齐一致，无明显病虫害迹象，且试验中展示的耐高温品种结实率均在 80% 以上。专家组选取了粒两优 8022 父母本行宽比为 60 厘米：200 厘米的丘块进行实割测产，结果显示，制种产量达每亩 216.5 公斤。

专家组认为，这些品种及机械化制种技术的推广应用，有望助力我国水稻种植和粮食生产应对全球气候变暖 and 持续高温气候的挑战，保障我国粮食安全。专家组建议继续开发并在适宜区域大力推广。

(俞慧友)

光伏污水处理厂 助力绿色低碳发展



近年来，南水北调中线核心水源区湖北省十堰市充分利用原有的资源禀赋和产业基础，加快绿色低碳转型。中国能建葛洲坝水务（丹江口）有限公司污水处理厂在国网十堰供电公司的支持下，在生化池上方建设光伏电站，通过清洁能源驱动污水处理，助力绿色低碳发展。

图为 10 月 27 日，工作人员对污水处理厂光伏发电情况进行巡查。伍志尊/摄