

他们用“人口普查”，“锁定”20 种脑细胞

■本报记者 陈彬

过去一段时间,中国科学院院士、海南大学校长骆清铭团队一直在从事一项“人口普查”工作。“普查”范围是动物大脑,“人口”则是大脑中数以亿计的神经元细胞。

“大脑是自然界最复杂的生物网络系统,神经元的精准定位与组织模式是构建神经网络、保障大脑正常生理功能的核心。但长期以来,受技术条件等的影响,学界对细胞在全脑范围内的空间分布特征、组织规律及功能关联性始终缺乏系统性认知。”接受《中国科学报》采访时,骆清铭如此解释。

骆清铭团队的工作就是要搞清楚这些神经元细胞在大脑中的精确定位与分布。不久前,相关工作迎来了突破——借助自主研发的全脑细胞架构解析平台,团队成功获取了小鼠全脑的连续高分辨率图像,相关图像达到前所未有的清晰度和数据完整性。其成果发表于《自然－通讯》。

不同的“普查手段”

将这份工作与“人口普查”联系在一起的,是骆清铭团队成员、海南大学教授李安安。

“众所周知,动物大脑中存在海量神经元细胞。”李安安说,这些神经元细胞在大脑中的位置、种类和数量,对于大脑活动都有重要影响。但因为大脑结构的极端复杂性,目前科学界对神经元细胞的具体情况还没有清晰的认知。

李安安说,要解决这一问题,需要进行一场细致的“人口普查”。

国际上有一些相关的“人口普查”手段,近些年引起很多人关注的空间转录组测序技

术便是其中之一。该技术通过测量大脑内部每个点上的细胞基因序列,可以得到整个大脑的神经元细胞分布情况。不过,该技术也有一些不足。

“最大的问题是测量精度不足。”海南大学教授李向宁告诉《中国科学报》,这就好比在一场“人口普查”中,该技术只能将市域范围作为最小普查单元,不能准确测量出某个县的人口组成情况。

“我们的做法类似于利用经纬线,将普查区域(大脑)划分为等距的小方块,再去分析每个小方块中‘居民’的性别、年龄、民族……”李向宁说,当所有区域的信息都掌握后,团队将其融合,形成一幅完整的“人口分布图”。

这项技术的优势在于能大幅提升神经元细胞分布图的清晰度和数据完整性。“依然以‘人口普查’作类比,如果说传统方式只能获得市域范围的图,借助我们的技术及平台,可以获得县城乃至村域的人口分布图。”骆清铭说。

“全覆盖”与“挑重点”

以空间转录组测序技术为代表的传统方式,特点可以归结为“广度”占优而“精度”不足,骆清铭团队的方式则恰恰相反。

具体来说,动物大脑中的神经元细胞分为不同类型,如果将这种差异性比作居民不同姓氏的话,传统的“普查”方式是要统计所有姓氏的具体情况,这显然意味着巨大工作量。相比之下,团队倾向于瞄准某几个“大姓”,全面而详实地记录这些“姓氏”在普查范

围内的所有精确信息。

“大脑中的神经元细胞究竟有多少种,目前没有定论。但现代神经科学研究中,哪些种类 of 神经元细胞最受重视、研究最多和使用频率更高,这个答案并不难找。”李安安说。

最终,研究团队选取了 20 种关键类型的脑细胞进行研究和统计。经过多年努力,他们不仅成功绘制出这 20 种细胞的全脑三维分布图,还实现了对脑内所有单个标记细胞的清晰识别,并将其精准映射到参考脑模板中。

“这相当于我们在‘人口普查’中,不仅获得了这些‘大姓’在每个县乃至每个村的详细分布比例、人口数量等精确信息,也绘制出某个单一‘姓氏’在全国的详细分布图,甚至可以精确定位某一个被标记的‘居民’个体。”李安安说。

骆清铭表示:“这项成果填补了全脑单细胞分辨率分布图谱的国际空白,推动脑科学研究从传统‘宏观描述’阶段迈向精准化‘精细解析’阶段。”

“工具书”的作用

在研究中,团队成员发现在已知脑区内可能存在某种独特的三维组织模式,这意味着大脑可能存在更精细的功能分区。此外,通过全脑尺度的信息学整合分析,他们还发现大脑皮层整体偏向“兴奋性”神经信号,小脑则偏向“抑制性”神经信号。这种平衡机制的发现为脑疾病研究提供了新视角。

“需要注意的是,这些发现建立在对 20 种关键类型脑细胞的统计和研究基础上,但并不意味着我们只能统计这 20 种细胞。”骆清铭表示,团队构建的研究平台以及相关的共享数据集,将支持科研人员对其他类型脑细胞进行统计与分析。

这意味着,这幅由不同脑部神经元细胞组成的“人口普查图”,还将继续扩大规模,扩充内容。对于脑神经研究来说,这无疑有着重要的意义。

“简单举例,如果有科研人员想研究多巴胺能神经元,可以先在我们的数据平台中查询此类神经元细胞在不同脑区的分布情况和具体数量,再根据这些数据设计相关实验。”李安安说,“从这个角度看,我们的成果其实起到了科研‘工具书’的作用。”

除脑神经科学外,这部“工具书”还能在其他领域体现独特的价值。

以人工智能为例,李安安表示,仿人脑技术通过模拟人脑神经网络结构与信息处理机制,可以构建具备低功耗、自适应等特征的计算系统。但要模仿大脑,首先需要明确大脑的神经元细胞分布情况。“我想,该领域的研究人员看到我们的研究成果后,应该会感到非常兴奋。”李安安笑着说。

对此,骆清铭表示,虽然目前的研究成果足以令人兴奋,但针对神经元细胞精准定位与组织模式的研究仍处于起步阶段。“目前,我们仅仅解决了不同神经元细胞的空间定位问题,诸如神经元之间的信息传递方式等问题,依然有待进一步探索。在这方面,我们还有很多工作要做。”

相关论文信息:
<https://doi.org/10.1038/s41467-025-65238-5>

2025 年中国科学院科普讲解大赛举办

本报讯(记者朱汉斌)11 月 27 日至 29 日,由中国科学院学部工作局主办、中国科学院广州分院承办、华南师范大学附属中学协办的 2025 年中国科学院科普讲解大赛在广东省广州市华南师范大学附属中学举行。本次比赛共吸引中国科学院 46 家院属单位的 84 名选手参加。

中国科学院学部工作局相关负责人表示,学部工作局紧密围绕国家战略需求与全院中心工作,持续打造“科学与中国”“公众科学日”“科学节”“科学公开课”“格致论道讲坛”等一系列高质量科普品牌,并积极推动高端的科学资源与教育、人才的融合发展,不断探索科学内容的艺术化表达,推出众多优质科普作品。

本次大赛聚焦前沿科技领域,参赛主题涵盖国之重器飞行升力如何产生、黑土保卫战、空间无人驾驶是怎样炼成的、耕海牧渔新模式、狙击深海“冰血栓”、基因测序与精准医学等多个前沿科学方向。选手们以生动有趣的表达、形象贴切的类比、互动性强的演示,将深奥的科学原理化为生动的故事,将晦涩的专业术语变得通俗易懂,不仅展现了科技工作者的专业素养,更让前沿科技走出实验室,照亮更多人的心灵,激发青少年对科学的好奇与向往。

经过比拼,最终评选出中国科学院力学研究所马晓天、上海硅酸盐研究所丁尧、武汉植物园李喜钰等 10 个一等奖,地球环境研究所张卉佳、宁波材料技术与工程研究所许昊一、广州能源研究所荣子涵等 10 个二等奖,南京地质古生物研究所贺一鸣、武汉植物园向双、西双版纳热带植物园依康等 10 个三等奖,优秀奖奖多名;20 家单位荣获优秀组织奖。

决赛全程通过多平台同步直播,36 万观众即时线上观赛,实现了科学知识的广泛传播。

三步走,“太空炼丹炉”炼出“仙丹”

■本报记者 刘如楠

近日,神舟二十号航天员乘组搭乘神舟二十一号载人飞船返回东风着陆场。据了解,神舟二十号乘组在轨期间完成多项任务,包括高温材料实验柜实验样品更换、无容器柜实验腔体样品清理及更换等工作。

其中的无容器材料实验柜由我国自主设计,具有非常优异的性能。8 月底,利用该实验柜,科学家成功把钨合金加热到超过 3100℃,创造了新的世界纪录。何为“无容器”?它有哪些优势?如何在太空“炼丹”?未来将有哪些新应用?带着这些问题,《中国科学报》采访了相关领域专家。

何为“无容器”

研究材料的物理化学性质,加热、冷却是核心手段。科学家通常使用电阻炉进行加热,就像“烤红薯”一样,把样品材料放进炉膛,利用电流通过电阻材料产生热能,最高可以加热到 1200℃至 1600℃。

但这种加热方法有局限性,必须将样品材料放入容器内进行。这就意味着,容器的性质要比样品材料更稳定。不然,样品材料还没加热至熔点,盛它的容器就先熔化了。即便容器没有熔化,部分样品材料也可能附着在容器壁上,而容器壁会对实验过程形成干扰。

科学家想到了“无容器”的办法——通过“悬浮术”让熔融的金属或者非金属材料成为液滴,飘浮在空中。这时,液滴不会和容器壁接触而受到污染,“纯净”材料能在较低温度下不凝固,仍然保持液体状态。

但这又带来了新问题,即便悬浮着,地面的重力作用也会对样品材料形成影响。比如对合金材料加热时,不同物质受重力作用的影响不同,由此带来密度沉降、加热不均问

题,往往会影响科学实验的结果。

大家都期待能到太空中做实验,最大程度地减少重力作用的影响。空间站的微重力环境让液态金属只受表面张力作用,自然收缩成完美球体,不易被外界干扰。

与此同时,中国空间站在紧锣密鼓地建设中。作为中国空间站科学实验的总体单位,中国科学院空间应用工程与技术中心于 2014 年开启实验柜的设计研制工作,为“天宫”量身打造了 14 个实验柜,无容器实验柜便是其中之一。

2022 年 12 月 31 日,中国空间站全面建成,科学家的梦想成真。

“炼丹”三步走

无容器实验柜就像一个大衣柜,高 1.8 米、宽约 1 米。上部中心位置是核心的实验腔。围绕实验腔分布着激光加热、位置控制、释放回收、观察与测量、供电与真空、实验电控等功能部件。

要利用这个“太空炼丹炉”炼制“仙丹”,第一步是精准定位。

在太空中,脱离了重力的束缚,想让样品材料“乖乖听话”,要先通过样品释放系统让其精准运送到实验腔内,再通过静电悬浮术让其保持悬浮状态。

“进行加热、冷却等操作时,让样品材料稳定悬浮是个‘技术活’。有时升温过快,样品就‘溜走了’,这就需要逐步加热。因此,研究者要根据样品特性定制专属的升温、降温方案。”中国科学院空间应用工程与技术中心研究员、实验柜主任设计师张立宪介绍说。

第二步是“烈火”炙烤。

与太上老君用的六丁神火不同,在“太空

炼丹炉”中,科学家用的是双激光加热法,即半导体激光和二氧化碳激光双管齐下。两种激光加热方法各有优势,半导体激光功率高、加热速度快、耗能高,二氧化碳激光功率低、耗能低。

“对于一些氧化物材料,低于 1000℃时,对半导体激光吸收效果不好,就需要先用二氧化碳激光器加热;待其升至一定温度后,再用半导体激光器加热。”张立宪告诉《中国科学报》。

利用激光加热,除了“热得快”外,还有一大好处是“冷得快”。需要样品材料冷却凝固时,激光一停,立刻就能冷却下来,没有所谓的“余温”。同时,通过调整激光参数,可使温度控制更加精准,加热与冷却方式切换更加灵活。

第三步是原样回收。

“炼丹”完成后,实验柜的释放回收系统能够自动将实验样品回收收到样品盒中储存。回收完成后,只需要航天员取出样品盒即可。待到样品盒返回地面后,再由相关领域的科学家继续研究。

创下世界纪录

8 月底,科学家利用这一无容器材料实验柜,成功把钨合金加热到超过 3100℃,创造了新的世界纪录。

金属钨是目前已知熔点最高的金属,熔点高达 3422℃。由于具有超高熔点,钨及其合金能够在核聚变反应堆等极端环境下使用。长期以来,钨合金在超高温度下的物理化学性质研究一直是科学界的难题。

在空间站里利用无容器材料实验柜进行实验,可以让科学家在理想条件下,清晰观测金属材料在极端高温下的真实演化过程,比

骆清铭表示,团队构建的研究平台以及相关的共享数据集,将支持科研人员对其他类型脑细胞进行统计与分析。

这意味着,这幅由不同脑部神经元细胞组成的“人口普查图”,还将继续扩大规模,扩充内容。对于脑神经研究来说,这无疑有着重要的意义。

“简单举例,如果有科研人员想研究多巴胺能神经元,可以先在我们的数据平台中查询此类神经元细胞在不同脑区的分布情况和具体数量,再根据这些数据设计相关实验。”李安安说,“从这个角度看,我们的成果其实起到了科研‘工具书’的作用。”

除脑神经科学外,这部“工具书”还能在其他领域体现独特的价值。

以人工智能为例,李安安表示,仿人脑技术通过模拟人脑神经网络结构与信息处理机制,可以构建具备低功耗、自适应等特征的计算系统。但要模仿大脑,首先需要明确大脑的神经元细胞分布情况。“我想,该领域的研究人员看到我们的研究成果后,应该会感到非常兴奋。”李安安笑着说。

对此,骆清铭表示,虽然目前的研究成果足以令人兴奋,但针对神经元细胞精准定位与组织模式的研究仍处于起步阶段。“目前,我们仅仅解决了不同神经元细胞的空间定位问题,诸如神经元之间的信息传递方式等问题,依然有待进一步探索。在这方面,我们还有很多工作要做。”

相关论文信息:
<https://doi.org/10.1038/s41467-025-65238-5>

发现·进展

吉林大学等

协同提升金刚石硬度与韧性

本报讯(记者孙丹宁)近日,吉林大学教授朱品文、李全、陶强与宁波大学教授崔田合作,在金刚石超硬材料的结构设计和可控制备研究方面取得新进展。团队从含羞草叶片的曲率响应中获得仿生启发,提出了仿生曲率诱导策略,构建出立方－六方异质结构。该结构有效抑制位错运动并耗散裂纹能量,实现了硬度与韧性的协同提升,为超硬材料的结构设计和可控合成提供了新思路。相关成果发表于《科学进展》。

通过石墨前驱体中构筑可编程的微米级曲率结构,团队在高温高压合成过程中实现了对局部应力场空间分布的主动调节,产生局部应力集中效应,从而主导了相变动力学过程。这种仿生几何设计理念的核心在于让结构几何成为调控相变的“隐形手柄”。通过曲率诱导的应力场调控,研究团队在常规静态高压条件下实现了立方金刚石(CD)与六方金刚石(HD)相的协同生长,构建出具有复杂界面结构和层次调控能力的 CD-HD 异质结构体系。该方法在传统静压体系中实现了相变路径的主动控制,打破了以往必须借助冲击波或强非静水压力才能诱导 HD 生成的技术壁垒,建立了“曲率－应力－结构”的设计思路。

这一仿生策略不仅拓展了材料结构设计的自由度,也从概念层面验证了通过结构几何调控实现材料演化可编程控制的可能性。研究结果显示,基于该方法制备的金刚石复合材料表现出优异的力学性能,维氏硬度高达 169GPa,比传统纳米多晶金刚石(NPD)提升 36%;断裂韧性达到 15.7 MPa·m^{1/2},比 NPD 提高 104%,约为天然金刚石的 3 倍。

该研究为破解金刚石材料“硬度与韧性难以兼得”的难题提供了新思路,体现了仿生结构与应力场工程的深度融合,为突破超硬材料的性能极限提供了知识储备。该方法还有望进一步推广至立方氮化硼、过渡金属硼化物等重要超硬材料,为极端环境结构材料、耐磨防护涂层和高性能切削工具等领域的材料创新与产业化应用提供有力支撑。

相关论文信息:
<https://doi.org/10.1126/sciadv.aea3692>

郑州大学

确认发现长江流域最早青铜器

本报讯(记者刘如楠)近日,郑州大学教授靳松安团队发现,河南淅川沟湾遗址出土的青铜铍和青铜棒形器的年代可追溯到 4500 年前,是目前长江流域地区发现的最早青铜器,为研究冶金技术起源、传播和发展提供了新材料。相关研究成果发表于《亚洲考古研究》。

为配合南水北调中线工程丹江口水库建设,2007 年至 2009 年,郑州大学研究人员对沟湾遗址进行了考古勘探与发掘。他们在遗址中首次发现了汉水中游地区具有环境设施的史前聚落,为该地区史前文化研究提供了新标尺。此外,遗址还呈现出鲜明的南北交融特征。

据了解,该遗址的两件青铜器物均出土于屈家岭文化晚期地层,青铜铍形制与同期石铍一致,残长 3.66 厘米,横截面呈扁平状,可见铸造痕迹;青铜棒形器为亚圆柱形残件,长 6.45 厘米,器身存在明显铸造孔隙。

两件器物外表可见明显缝线。金相观察显示,两件器物均为铸造组织。成分分析显示,两者均为铜锡铅三元合金,铅含量分别为 9%和 12%,锡含量分别为 3%和 5%,同时检测到微量的银、砷、锌、钨等多种金属元素。较多的杂质元素与疏松多孔的质地表明,原料应是直接使用多金属共生矿冶炼而成,反映出早期冶金技术的原始特征。铅同位素检测表明,两件器物的铅均为普通铅,为后续追溯矿料来源提供了基础数据。

此前中国早期青铜遗存多发现于西北、北方地区。沟湾遗址两件青铜器物的发现,不仅证实了长江中游地区在屈家岭文化晚期已出现了青铜铸件,还将长江中游早期冶金的时间上限推至 4500 年前。研究表明,长江流域与北方地区在冶金技术探索上可能处于同步发展状态,为重构中国早期冶金文明的多元起源格局提供了重要材料和支撑。

相关论文信息:
<https://doi.org/10.1016/j.ara.2025.100664>

广东省科学院等

破解水中药物残留识别难题

本报讯(记者朱汉斌)近日,广东省科学院测试分析研究所(中国广州分析测试中心)科研团队联合广东工业大学,成功开发出基于机器学习的拉曼光谱水中典型药物残留检测识别新技术。相关成果相继发表于《分析化学学报》(国际版)。

近年来,抗生素及消毒剂使用量不断攀升,药物的环境残留问题愈发严峻,对生态系统和人体健康构成潜在威胁。因此,开发快速、精准的药物残留检测与识别方法,对于管控环境药物残留及其生态风险意义重大。表面增强拉曼光谱(SERS)技术凭借成本低、便携、快速等优势,在环境药物残留检测领域得到广泛应用。但在实际水体检测中,基质信号干扰和目標物谱峰重叠等问题,导致现有拉曼光谱技术难以准确识别多种目標物。

为解决上述难题,研究团队将机器学习方法与 SERS 技术深度融合,开发出适用于水中多种药物残留识别的算法模型。该模型基于多层感知机算法构建,可精准识别养殖尾水中的典型药物,如磺胺嘧啶、二甲基蓝和孔雀石绿等。与此同时,团队引入高斯核密度数据增强技术,结合多层感知机算法构建出具有强鲁棒性与泛化性的识别模型,进一步提高了水体基质干扰下的识别准确率,实现了对养殖、河流、湖泊等水体中多种同类抗生素残留的准确识别。

该技术有效提升了药物残留快速识别的精准度,为环境污染物的灵敏检测与精准识别提供了创新方案。

相关论文信息:
<https://doi.org/10.1016/j.aca.2025.343920>
<https://doi.org/10.1016/j.aca.2025.344896>