

研究成果竟能“进入”手机 中国散裂中子源也有“接地气”的一面

◎本报记者 叶青

“近期,中国散裂中子源大气中子辐照谱仪成功出束,未来将为新型半导体器件等领域的科研工作提供大气中子辐照试验环境,填补我国在该领域的空白。”近日,由中国科学院院士、中国散裂中子源工程总指挥陈和生领衔的“散裂中子源国家重大科技基础设施项目”获得2021年度广东省科技进步奖特等奖。接受科技日报记者采访时,陈和生透露,预计今年内中国散裂中子源将启动二期工程建设,未来的谱仪数量将增加



位于东莞松山湖的中国散裂中子源
新华社记者 邓华摄

到20台,覆盖更加广泛的研究领域,加速器打靶和靶站功率将从100千瓦提升到500千瓦,设备研发能力将大幅度提升。

国家大科学装置中国散裂中子源位于广东省东莞松山湖科学城。2006年选址东莞,2011年奠基,2018年8月正式投用,结束了珠三角地区无国家大科学装置的历史。“这是一个富有远见的决定。当时还没有提出粤港澳大湾区的概念,但中国科学院领导希望优化中国大科学装置的布局,让科学院在基础研究和应用基础研究方面的雄厚实力与珠三角地区强劲的经济实力,以及对科学技术和产业升级的迫切需求结合起来。”陈和生回忆道。

散裂中子源就像“超级显微镜”

“散裂中子源就像‘超级显微镜’,是研究物质材料微观结构的理想探针。”陈和生形象地比喻道。

有人可能会疑惑,这个大科学装置具体有什么用呢?

陈和生说:“散裂中子源进行的实验看似高深,但其中一些与我们的生活息息相关。比如,中子散射是研究手机锂电池的利器。”

而在肿瘤治疗领域,散裂中子源有望带来重要技术革新。2020年8月,中国散裂中子源团队成功研制出我国首台具有完全自主知识产权的加速器基础中子俘获治疗(BNCT)实验装置,为我国医用BNCT治疗装置整机国产化和产业化



散裂中子源进行的实验看似高深,但其中一些与我们的生活息息相关。比如,中子散射是研究手机锂电池的利器。

陈和生

中国科学院院士、中国散裂中子源工程总指挥

奠定了技术基础。

记者了解到,目前团队正在与南方医科大学附属东莞医院(东莞市人民医院)共同推进临床试验相关工作,并吸引中国科学院控股有限公司等企业在东莞松山湖成立了BNCT产业化的公司。

中国散裂中子源是继英国、美国、日本散裂中子源之后的世界第四台脉冲式散裂中子源。它的建成,改变了以往我国科学家只能到国外散裂中子源上申请实验机时的历史。

各种高、精、尖设备组成的复杂整体

中国散裂中子源的建设并非易事。“散裂中

子源装置不仅造价高,而且技术复杂,是各种高、精、尖设备组成的复杂整体。”陈和生特别提到,“如快循环同步加速器的25赫兹交流磁铁,在我国属首次研制。其间遇到了超乎想象的技术挑战,与国外的实验室合作也未能攻克难关。我们的科研人员与工厂技师联合攻关,经过6年时间,逐一攻破技术难关,终于靠自己的力量研制出合格的磁铁。”

针对交流磁铁磁场饱和,团队创新性地提出了谐振电源的高次谐波矢量控制方法,解决了多台磁铁之间的磁场同步问题,其效果优于国外散裂中子源。

截至目前,中国散裂中子源已经在基础研究和国家重大需求领域取得了一大批重要成果。注册用户来自国内外,已超过3400人。疫情之前,几乎每天都有几十名来自全国各地的高校、研究所、高新技术企业的用户来现场开展相关的实验研究。香港大学黄明欣教授团队利用中国散裂中子源的粉末衍射仪揭示了强度高而且韧性好的“超级钢”微观机制。

“中国散裂中子源共设计预留了20条中子通道,可建设20台左右的中子谱仪,一期工程已建成并对用户开放3台。正与粤港澳大湾区的高校、研究机构积极开展合作,共同建设8台合作谱仪,其中2台合作谱仪已经建成,另外6台将在未来2年内陆续建成。这8台中子谱仪都有自己的特长,给不同领域的用户提供相应的研究手段。”陈和生说。

树蛙为何“祖传”滑翔技能? 破解它或有助防治人类疾病

◎罗洪焱 陈科

“物竞天择,适者生存”,古往今来,这一自然法则一直不断地被印证。达尔文提出的这一自然选择学说,是生物种群层次的进化理论,自然选择是生物进化的动力。如果自然条件的变化是有方向的,那么经过长期的自然选择,微小的变异就得到积累而成为显著的变异,由此可能导致亚种或新种的形成。

动物复杂性状就是动物长期适应演化的结果。而对其形成机制的解析一直是一个科学难题,面临难以追溯、难以预测、难以调控的困难局面。近日,在国际学术期刊《美国科学院院刊》新发表的一篇封面研究论文的成果中,中国科学院成都生物研究所(以下简称中科院成都生物所)李家堂研究团队以云南西双版纳地区的“飞蛙”——黑蹼树蛙为研究对象,解析了“飞蛙”树栖适应性复杂性状的遗传基础,阐明了与其攀爬和滑翔行为相关表型的遗传基础。

解析动物复杂性状有重大应用前景

为应对外部环境条件的变化,自然界物种采取了各种各样的进化策略以适应不同的栖息地,如高原、海洋、荒漠等栖息地。例如,两栖动物作为脊椎动物的一个重要类群,就完成了脊椎动物从水生到陆生的过渡,使动物有了向更多样化发展的可能性。

动物复杂性状是动物长期适应演化的结果。如新研究中的树蛙,就演化出一系列树栖适应表型及行为特征以占据树栖生态位。

那么,究竟什么是动物复杂性状?动物的复杂性状可以分为表型连续分布的经典数量性状、表型间断分布的性状以及其他难以准确量度的动物各类行为和心理学等,举例来说,“经典数量性状包括身高、寿命、体重等;表型间断分布的性状主要指人类复杂疾病和动植物复杂抗性性状等,如

精神分裂、高血压、骨质疏松、植物抗病性状等。”李家堂研究团队成员、论文第一作者吴威说。

吴威解释,有的表型间断分布的性状存在潜在连续性分布,但在表现型上呈现间断分布特征;有的性状除了受到多种遗传因素影响外,还受到环境等非遗传因素的干扰,其机制相当复杂。“比如植物复杂的抗性性状可能受到光照、水分、或者温度等环境条件的影响;人类的一些复杂疾病也可能受到其生存环境、个人不良习惯、性格和心情等非遗传因素的影响。”

学界普遍认为,动物复杂性状是动物长期适应进化的结果,是动物多样性存在的主要基础。因此,系统解析动物的复杂性状不仅是一项揭示大自然本质规律的基础性前沿科学工作,也有重大的应用前景。

蹼足是支持树蛙滑翔行为的关键性状

在白垩纪末期大规模物种灭绝事件后,无尾目多个科的物种独立演化出了攀爬和滑翔的相关表型,并成功拓殖树栖生态位,黑蹼树蛙就是其中的代表性物种。黑蹼树蛙隶属于树蛙科,常年生活在热带雨林树冠层,是典型的树栖蛙类,其最高栖息高度达57米,为目前树栖蛙类停留高度的最高纪录。黑蹼树蛙具备强大的滑翔能力,纵身一跃,张开的蹼足就像迎风打开的滑翔伞,能够助力其“飞”越十余米远并平稳降落,因此这种树蛙也获得了“飞蛙”的美名。

中科院成都生物所李家堂研究团队等科研人员猜测,滑翔这一行为与黑蹼树蛙的蹼足有关。根据蹼足指/趾间区域的比例,可将蛙的蹼划分为无蹼、半蹼、全蹼和满蹼等类型,黑蹼树蛙的蹼属于满蹼。

为证实蹼足与滑翔的关系,研究人员以满蹼的黑蹼树蛙和无蹼的宝兴树蛙为研究对象,开展滑翔行为学实验。

“我们分别设置了1米、1.5米和2米的跳台,

让两种树蛙从跳台落下并记录运动轨迹。结果发现,黑蹼树蛙降落时会尽力摊开四肢和蹼足,轨迹形成一定弧度,且四肢与水平面的夹角明显更小。”吴威说,这一实验确认了树蛙的蹼在滑翔过程中起到重要作用,是支撑滑翔行为的关键性状。

作为一种复杂性状,蹼足的形成并非由单一基因所控制,而是由多基因之间复杂的调控机制形成。为解析这一调控机制,研究团队又提取了黑蹼树蛙和宝兴树蛙蹼足各个生长期的RNA,结合这两种树蛙四肢发育过程的表型和转录组数据,并通过比较基因组学和时序基因共表达网络分析,发现Wnt信号通路相关基因参与了蹼的生长和发育,对树蛙滑翔相关性状的形起到了关键作用。

“以树蛙为模板,对动物滑翔这种复杂性状的解析,对人们开展动物特殊功能的仿生研究以及人类相关疾病的防治具有重要意义。”吴威认为,黑蹼树蛙为揭开两栖动物树栖适应之谜提供了良好的动物模型。

不是所有树栖蛙类都能滑翔

树蛙滑翔复杂性状的形是逐渐演变而来的还是存在关键节点?

在物种水平,新物种的形是逐渐演变而来的还是突然出现的可以被认为进化渐变论与间



视觉中国供图

动物的复杂性状可以分为表型连续分布的经典数量性状、表型间断分布的性状以及其他难以准确量度的动物各类行为和心理学等。经典数量性状包括身高、寿命、体重等;表型间断分布的性状主要指人类复杂疾病和动植物复杂抗性性状等,如精神分裂、高血压、骨质疏松、植物抗病性状等。

断平衡论的争鸣。前者认为,变异是普遍存在的,变异的原因和形式是多样的,生物在长期演化过程中经历自然选择,其微小的变异逐渐积累为显著的变异,因此祖先种和现生种之间应该存在一系列连续的、界线不明显的中间类型,化石记录的不完善可能是中间类型缺失的原因。而后者认为,物种可保持长期的稳态,但在成种作用下跳跃式加速,实现在较短时间内快速演化为新种。

对树栖蛙类而言,几乎所有现生树栖蛙类均起源于白垩纪末期物种大规模灭绝事件之后,科学家推测,物种灭绝事件可能清空了当时的生态空间,而森林生态系统的恢复为树栖蛙类的出现创造了机会。这可能是蛙类拓殖树栖生态位的关键节点。但是需要注意的是,并不是所有树栖蛙类均会滑翔,只有演化出支持滑翔行为的相应表型,如满蹼、皮肤褶以及特殊的身体形态等特征的部分类群才具备滑翔能力。因此,蛙类拓殖树栖生态位的节点不适合直接用于表示其滑翔行为的起源。

“蹼足支持树蛙滑翔行为的关键性状,最先被用于游泳,尤其是后肢的蹼,而后在树蛙中被

用于滑翔,这属于性状的功能创新。”研究团队成员推测,从滑翔相关表型的形态演化来看,树蛙滑翔复杂性状的形可能是逐渐演变的。

蹼可能对树蛙垂直生态位的分化起到重要作用。比如具有满蹼且能滑翔的黑蹼树蛙通常栖息在树冠层,不具滑翔能力且为弱蹼的宝兴树蛙则栖息在高原草甸或沼泽中,而一些具有半蹼的树蛙则倾向于栖息在灌木丛。“这可能是逐渐演化的一种体现,但其具体演化模式及驱动因素还需要未来深入探究。此外,需要注意的是,并不是具有发达蹼的树蛙都可以滑翔,比如白颌大树蛙具有发达的蹼足,但其身形巨大,不具备滑翔能力。”吴威说,团队将不断进行研究,持续探索相关复杂性状的演化机制。

“蛙类滑翔行为是多次独立演化的趋同事件,不同物种间演化路径是否相同需要未来持续的探索。这涉及到一系列复杂的科学问题,如趋同表型是否有相同的分子机制,其演化路径是殊途同归还是单一路径?进化是否可重复等等?这需要我们不断去追问。”在吴威看来,能不能从动物复杂性状的解析中获取一些信号,为人类疾病的防治提供启示,这也是未来要继续探索的。

新知

地球“最动荡年代”发生了什么 635万年前三峡地区方解石有答案

科技日报讯(记者张晔)冷泉碳酸盐岩是冷泉活动的主要产物,而冷泉不仅是寻找海底天然气水合物的重要标志,也是研究全球气候变化的一个窗口。5月2日,美国《国家科学院院刊》在线发表了中美以学术团队的一项成果,解开了地球最古老的冷泉碳酸盐岩成因之谜。

这项成果由南京大学国际同位素效应研究中心教授彭永波团队联合美国内华达大学、以色列魏茨曼科学研究所、上海海洋大学等团队完成。在甲烷缺氧氧化过程中,微生物活动形成了大量的碳酸氢根,使环境的碱度增加,其与海水及孔隙水中的钙离子结合形成碳酸盐矿物,再与沉积物胶结之后,形成冷泉碳酸盐岩。

目前,最老的冷泉碳酸盐岩是大约635万年前三峡地区陡山沱组底部方解石。了解这些方解石的成因对于科学界了解“雪球地球”全球大冰期之后海洋中的硫酸根浓度、大气二氧化碳和氧气的浓度以及海洋的物理空间状态至关重要。但是,有科学家通过方解石的古温度推算,认为这些方解石是后期热液成岩的产物。

彭永波团队在厘定现代冷泉碳酸盐岩特有的高维同位素特征的基础上,对标测试了陡山沱组底部这些超低的无机碳同位素的方解石,发现方解石中黄铁矿的硫同位素、无机碳同位素、有机碳同位素、碳酸盐晶格硫酸根(CAS)的硫同位素,以及碳酸盐晶格硫酸根的硫同位素无一例外地和现代冷泉碳酸盐岩完全吻合。也就是说,陡山沱组底部这些超低的无机碳同位素的方解石,是当时微生物硫酸盐还原作用耦合的甲烷厌氧氧化过程的产物。

在此基础上,研究人员通过对比三峡地区7个剖面的地层化学指标,发现这些方解石是在盖帽白云岩溶蚀那一层之后才开始出现。研究人员推断,这应该是海洋硫酸根浓度突然增加的结果,并推测硫酸根浓度可能达到了现在海洋的水平。

彭永波表示,这个地质时期,是地球地质历史上经历过的“最动荡的年代”。地球刚从“雪球地球”全球冰期中挣脱出来,海洋和大气的物理化学状态,仍然处于剧烈的动荡期。结合模型,研究人员把海洋硫酸根浓度突然增加发生时间限定在冰川开始融化后的5万年的时间内,这对认识地球的各个圈层面对极端事件如何相互作用和响应有重要帮助。

南美洲和澳大利亚物种大量灭绝 或因它们大脑较小

新华社讯(记者王卓伦 吕迎旭)以色列与意大利科研人员的一项联合研究认为,一些大型哺乳动物的大脑体积与该物种的灭绝概率有关;已灭绝哺乳动物大脑的体积,比与其有进化关联的现存动物的大脑要小。关于这一研究的论文发表在英国期刊《科学报告》上。

来自以色列特拉维夫大学动物学院和意大利那不勒斯大学的研究人员从古生物文献中收集了距今12万年至500年间各大陆板块的共计50种已灭绝哺乳动物的数据,这些已灭绝动物的体重从11公斤到11吨不等。他们还选取291种现存哺乳动物与之进行比较,现存动物体重在1.4公斤至4吨之间。

研究人员把这些动物的颅腔体积、体重等数据根据不同物种统计建模,在体型类似、进化方面密切关联的动物中对比发现,现存动物的大脑比已灭绝动物的平均要大53%。

研究人员推测,大脑的体积与动物体型相关,较大的大脑代表了较高的智力,为物种进化带来优势,使其能够更好地适应不断变化的外界环境,如气候变化和人类狩猎等。

研究称,这一论断有助于解释南美洲和澳大利亚物种大量灭绝的原因,因为生活在这两块大陆上的大型哺乳动物的大脑相对较小。

北京谱仪Ⅲ首次观测到 单卡比玻压低过程

科技日报讯(记者顾满斌)近日,兰州大学稀有同位素前沿科学中心、兰州大学核科学与技术学院李培荣青年研究员与中山大学、中国科学技术大学、中国科学院大学以及高能物理研究所合作,在北京谱仪Ⅲ实验上,利用4.612至4.699Gev能区之间的实验数据首次观测到单卡比玻压低过程 Λ^0 到 $n\pi^+$ 。相关成果在《物理评论快报》上发表。

作为标准模型的基本组成之一,夸克领域的科学研究一直是探索无穷小世界的重要手段之一。作为最低质量的含粲夸克重子(粲重子) Λ_c^+ ,早在40年前就已被发现。然而,由于长期缺少实验进展,它的物理性质并没有被很好地理解。

不同于粲介子, w 玻色子交换机制在 Λ_c^+ 的衰变中扮演非常重要的角色,这类非因子化过程非常依赖实验信息作为输入。此外,众多唯象理论对于 Λ_c^+ 的卡比玻压低过程预言差别很大,其中最引人关注的就是两体过程 Λ_c^+ 到 $n\pi^+$ 和 Λ_c^+ 到 $p\pi^0$ 的衰变率研究,不同的模型对于这两个过程分支比的比值预言在2—10之间,理论的不确定性很大。然而目前实验上对于 Λ_c^+ 到 $p\pi^0$ 过程的测量只给出了分支比的上限, Λ_c^+ 到 $n\pi^+$ 则由于中子在实验上的探测困难而一直没有任何实验观测结果。

北京正负电子对撞机能区中粲重子 Λ_c^+ 和它的反粒子总是成对产生。因此,双标记的方法被应用在这个物理工作中。由于准确知道正负电子对的初始动量,基于动量守恒则末态的中子信号可利用丢失信息来描述。团队充分利用正负电子对撞的优势,在百余个撞实验样本中,挑选出了稀少中子信号。这是实验上首次观测到含有中子末态的粲重子卡比玻压低的衰变,这一结果对于理解 Λ_c^+ 的物理性质非常关键。

“蛙类滑翔行为是多次独立演化的趋同事件,不同物种间演化路径是否相同需要未来持续的探索。这涉及到一系列复杂的科学问题,如趋同表型是否有相同的分子机制,其演化路径是殊途同归还是单一路径?进化是否可重复等等?这需要我们不断去追问。”在吴威看来,能不能从动物复杂性状的解析中获取一些信号,为人类疾病的防治提供启示,这也是未来要继续探索的。