



主办:中国科学院 中国工程院 国家自然科学基金委员会 中国科学技术协会

总第 8476 期 2024 年 3 月 28 日 星期四 今日 4 版

新浪微博 <http://weibo.com/kexuebao>

科学网 [www.sciencenet.cn](http://www.sciencenet.cn)

# 王大中:做科研,是一种爱国方式

■本报记者 杨晨 陈彬

2022 年 8 月 15 日,国际天文学联合会小天体命名工作组发布公告,将国际永久编号为 192353 号的小行星命名为“王大中星”。这是中国科学院院士王大中被授予 2020 年度国家最高科学技术奖后,获得的又一殊荣。

王大中,一个中国乃至国际核能领域发展绕不开的名字。从上世纪 60 年代新中国首座自行设计与建造的屏蔽试验反应堆,到上世纪 90 年代一体化自然循环核供热堆,再到新世纪模块化球床高温气冷堆,王大中及其团队主持研究、设计和建造的 3 个核反应堆推动了中国以固有安全为主要特征的先进核能技术研究从跟踪、并跑到领跑的跨越式发展。

这一路上,王大中用勇攀高峰的科学精神照亮未知。在他心中,科学研究是一件值得用一辈子追求的事情,更是自己赤心报国最好的方式。



王大中

清华大学供图

## “200 号”里立初心

核能研究和保障对国家能源安全、优化能源结构、提升装备制造业水平等具有重大意义。1955 年,我国就作出开发核能的战略部署。

1958 年,清华大学向国家提出的自行设计和建造一座屏蔽试验反应堆的方案得到批准。这是新中国第一座自主设计与建造的核反应堆,其最初在校内基建项目中的工程编号为“200 号”。

同一年,作为我国首批反应堆工程专业学生,23 岁的王大中从清华大学工程物理系毕业,并留校工作,跟着大部队参与到这项任务中。

在时任总工程师吕应中的带领下,这群年轻人怀着满腔热血,毅然奔赴燕山脚下。

对于当时吃住都在马棚里的师生,考验他们的不是周遭的生活环境,而是有限的科研条件。大家手边连一张完整的参考图都没有,也缺少关键部件的计算和工艺说明书,更不用说先进的仪器、设备了。不仅如此,研究场地也得靠自己建:重修水渠、架设高压供电线路、挖地基搞土建……

齿少气锐,勇于立事。如此状况下,一群只有理论基础的学生在实践中不断摸索前进。

王大中最初参与的任务是制作反应堆工程的模型。

从马粪纸模型开始,到三合板模型,再到有机玻璃模型,他和老师、同学们不停讨论、查资料、设计和验证……终于,一个长、宽、高各约 2 米的玻璃模型制作完成,反应堆堆芯、各种工艺系统管道和建筑结构清晰可见。

经过 6 年奋战,1964 年 9 月底,清华大学屏蔽试验反应堆建成。据统计,建堆过程中,他们

共突破技术难关 37 项、自制仪器设备 67 种、建立专业实验室 11 个。实验基地建成后,吸纳了多所院校 900 多名原子能相关专业的师生,为我国核能事业的发展培养、储备了人才。

“200 号”后来成为这个基地以及清华大学核研院的代号。它象征了一段青春与奋斗的征程,更成为清华大学的一个精神符号。

正是经过了那一次“建堆人”的历练,王大中积累了不少实践经验,为往后的科研之路打下了坚实的基础。对他而言,这段岁月更化作内心长久且稳定的精神“核动力”。

荣获国家最高科学技术奖后,王大中在接受媒体采访时再次回首初心。他说,这份荣誉属于集体,属于所有知难而进、众志成城的“200 号”人,也属于所有爱国奉献、努力拼搏的科技工作者。

## 跳起摘取“核安全”果子的人

1979 年,美国三哩岛压水堆核电厂发生的重大安全事故给世界核动力研究带来警示。王大中敏锐意识到了“安全性”的重要意义,紧紧抓住这一核能发展的“生命线”。

上世纪 80 年代初,经学校选拔前往德国学习的王大中,选择了具备固有安全性这一特点的“模块化高温气冷堆”进行探索。尽管同行对此并不看好,但王大中依然坚持。经过反复的计算、设计、分析、比较……做了上百个方案后,他创造性地提出环形堆芯的新概念,并将单堆功率从 20 万千瓦提升至 50 万千瓦。

这一方案得到了德国业内人士的高度赞扬,相关技术也获得了德国专利。王大中的故

事——“中国人实现了一个奇迹”更是见于国外报端。

不过,王大中并未止步于此。学成归国后,为响应国家需要,上世纪 80 年代中期,从立项报告到方案设计再到工地建设,王大中全程负责低温核供热试验反应堆的研究和运行。

科学论证过程中,他专程带队去欧洲考察,最终选择壳式一体化自然循环水冷堆路线。1989 年,5 兆瓦低温核供热堆建成并投入功率运行,这是全球首座一体化自然循环水冷堆,首次采用新型水力驱动控制棒,具有良好的非能动安全性。

如今回看,这一路线的选择体现了王大中的远见卓识。21 世纪以来,一体化自然循环已成为国际上小型轻水核反应堆发展的主要技术方向之一,在小型核能发电、热电联产、核能供热、海水淡化等方面有极为广阔的应用前景。

当世界核能发展陷入低潮,王大中瞄准固有安全再次作出部署:一是模块化球床高温气冷堆堆型;二是从小规模试验堆到全尺寸工业示范电站的发展路线;三是坚持自主创新。

在“863”计划的支持下,王大中带领团队开始研发 10 兆瓦模块化球床高温气冷堆。这又是一个“从 0 到 1”的过程。高温气冷堆需要耐高温全陶瓷包覆颗粒球形核燃料元件,制造难度极高。

刚立项时,团队为此犯了难:到底是购买国外的,还是自己研发?经过多次论证,王大中决定,要将模块化球床高温气冷堆的关键核心技术牢牢掌握在自己手中。

王大中再次创造了奇迹。他带领团队批量生产出的两万个燃料球可耐受 1600℃ 高温,能把放射性物质牢牢“包裹”在其中,保证了反应堆安全,产品合格率达 98.1%,质量达到世界先进水平。

2000 年,10 兆瓦高温气冷堆建成,成为世界首座模块化球床高温气冷堆,对破解核安全这一世界难题具有重要意义。在 10 兆瓦高温气冷堆基础上,王大中还积极推进单一模块反应堆功率放大 25 倍、世界首座工业规模的模块化高温气冷堆核电站的建设,为高温气冷堆从实验走向实际应用作出了贡献。

说起做科研的心得,王大中经常强调“跳起来摘果子”。目标定低了,“果子”易被他人摘走,目标太高,欲速则不达,所以“跳起来够得着”最合适。

(下转第 2 版)



# 我国设市城市城区面积首次测定

本报讯(记者韩扬眉)3 月 27 日,自然资源部在其例行新闻发布会上正式公布了首次测定的全国 683 个城市城区面积:全国设市城市城区总面积 11.02 万平方千米,实际建设区域 7.80 万平方千米。

据悉,依据《全国国土空间规划纲要(2021—2035 年)》,自然资源部组织全国 683 个设市城市全面开展城区范围确定工作,形成我国第一版全国城市城区范围矢量数据集,首次实现城市城区范围的空间化、定量化和精准化。

据介绍,城区是指城市实际开发建设、市政公用设施和公共服务设施功能覆盖的空间地域范围,是观察城市化发展演化趋势、研究城市化的基本空间单元。由于缺乏空间标准和相应监测手段,我国城市建成区面积长期主要

依靠地方填报,各地对“城区”统计口径理解不同,影响统计数据准确性、可靠性和可比性,给科学决策带来一定障碍。

最近 5 年来,自然资源部整合国土、规划、地理、测绘和遥感等专业团队,融合多学科优势,开展相关标准研究,最终形成两个层面主要成果:一是全国 683 个设市城市城区范围(城市化标准统计区)总面积为 11.02 万平方千米,二是城市城区实体地域范围(实际建设区域)总面积为 7.80 万平方千米。

自然资源部相关负责人表示,实现城市城区空间范围确定的标准化,是科学实施城市统计监测、促进国家治理体系和治理能力现代化的重要基础性工作。全国首版城市城区范围成果发布,有助于逐步减少和统一相关概念,实现国土空间规划管理“一张图”。

# 科学家破解雌雄小鼠共情行为差异之谜

本报讯(记者朱汉斌)近日,中山大学中山医学院教授李勃兴和黄焱滢团队研究发现了雌雄小鼠共情行为的性别差异,并解析了介导共情行为的感觉模态、神经环路和潜在分子机制。相关成果在线发表于《神经元》。

“我们发现,雌雄小鼠在面对疼痛同伴时,表现出了明显的行为差异性。”论文共同通讯作者李勃兴告诉《中国科学报》,该效应和机制的发现不仅加深了人们对共情行为生物基础的理解,还凸显了遗传学、大脑功能与行为之间复杂的相互作用。

为了适应群体生活,个体需要及时识别其他个体的情绪状态并作出适宜的行为反应。这种感受、识别、理解和想象对方情绪状态并产生适宜行为的能力被称为共情。当目睹同伴经历痛苦时,个体会因情感共情而出现焦虑、不安、恐惧等情绪变化,也会因认知共情而表现出安慰、解救等亲社会行为。共情出现异常不仅会引起极端的利己主义,也可能导致极端的反社会行为。此外,共情异常也是孤独症、抑郁症、精神分裂症等多种神经精神疾病的共同特征。

研究人员通过无监督机器学习方法,详细分析了雌雄小鼠在面对疼痛同伴时的行为表现。结果显示,雌雄小鼠在测试初期呈现出共有的行为学特征,均通过频繁的探索行为来感

知同伴状态。但在测试后期,雌雄小鼠表现出明显不同的行为特征。雌性小鼠表现出类似安慰对方的社交亲近行为,而雄性小鼠则表现出类似焦虑和自我安慰的自我梳理行为。

“我们发现,疼痛同伴的体液气味是诱发共情行为的关键,阻断体液气味的传递则阻断了共情行为的产生。与之相对,单独的视觉或听觉信息不足以引起共情行为。”李勃兴说。

研究发现,雌雄小鼠在面对疼痛同伴时表现出不同的共情行为,该过程是由两条完全不同的嗅觉神经环路介导的,这两条环路在基因表达模式上存在固有的性别差异。在目睹同伴经历疼痛时,同伴的体液气味在雌雄小鼠中激活了不同的神经环路。在雌性小鼠中激活的梨状皮层至前边缘皮质环路引起共情性社交亲近行为;在雄性小鼠中激活的梨状皮层至内侧杏仁核环路引起共情性自我梳理行为。这两条环路激活程度的差异由其基因表达模式上的性别差异导致。

社会行为是一种先天本能行为,在动物的生存和繁衍中发挥着至关重要的作用。浙江大学医学院教授徐晗认为,该研究为社会行为的性别差异现象提供了令人信服的神经机制解释,同时对该领域的未来研究具有启发性。

相关论文信息:  
<https://doi.org/10.1016/j.neuron.2024.02.001>



3 月 27 日 6 时 51 分,我国在太原卫星发射中心使用长征六号改运载火箭,成功将云海三号 02 星发射升空,卫星顺利进入预定轨道,发射任务获得圆满成功。

云海三号 02 星主要用于开展大气海洋环境探测、空间环境探测、防灾减灾和科学试验等任务。

图片来源:视觉中国

# NASA 将关闭“钱德拉”望远镜



本报讯 近日,美国政府公布了 2025 财年预算。根据计划,对于太空望远镜的资助将大幅削减。这也意味着,美国国家航空航天局(NASA)不得不关闭运行近 25 年的钱德拉 X 射线望远镜(以下简称钱德拉)。

此举遭到天文学家的强烈反对。他们认为,该望远镜的效率一如往昔,目前仍然是美国高能天体物理学的基石,关闭钱德拉对美国 X 射线天文学是“灭顶之灾”。

钱德拉于 1999 年发射。荷兰空间研究所的 Elisa Costantini 一直在研究钱德拉发射以来产生的数据。她表示,关闭钱德拉将在高能天体物理学的数据版图上留下一个“漏洞”。

据《科学》报道,X 射线任务在 2023 财年获得了 6830 万美元资助。但根据拜登政府的预算,2025 财年,这一数字将降至 4110 万美元,次年将降至 2660 万美元。到 2029 年,这项任务将只获得 500 万美元。资金的减少可能会导致钱德拉 180 名员工中的一半被裁员。

X 射线揭示了宇宙中最热、活动最剧烈的地方正在发生的变化,如超大质量黑洞周围的旋涡气体、超新星爆发产生的碎片,以及巨大星系团内部的过热气体。自 1999 年以来,钱德拉和欧洲 XMM-牛顿 X 射线空间望远镜一直是 X 射线天文学研究的支柱。在迄今发射的所有 X 射线望远镜中,钱德拉拥有最清晰的分辨率,产生的图像和光谱可以与光学望远镜媲美。

钱德拉首次观测到银河系中心超大质量

黑洞人马座 A\* 发出的 X 射线,还首次发现了附近超新星 1987A 的冲击波。它和另一台望远镜发现伽马射线暴来自遥远星系的恒星形成区域。

钱德拉的过滤器和热保护装置最初计划服役 5 年,这些装置近年来已经退化。尽管如此,支持者认为,钱德拉还是一如既往的高效。基于其数据,每年约有 400 篇论文发表,申请使用该望远镜的天文学家人数是其可容纳人数的 5 倍。

“钱德拉取得了惊人的成功——观测效率几乎没有下降,远远超过了任务的初始要求。”美国钱德拉 X 射线中心主任 Patrick Slane 说。

此外,钱德拉有足够的推进剂使其再运行 10 年。如果将其关闭,天文学家担心,目前还没有接替者。“如果 NASA 在没有任何替代方案的情况下过早关闭钱德拉,将给 X 射线研究带来伤害。”德国马克斯·普朗克地外物理研究所的 Esra Bulbul 说。

(李木子)



钱德拉是近 25 年来近地轨道上最灵敏的 X 射线望远镜。图片来源:NASA

# 透气又透汗! 新型柔性心电监测贴片问世

■本报记者 沈春蕾

近年来,柔性电子器件在健康监测、个性化医疗等领域备受关注。但研究收集的用户体验反馈显示,柔性电子器件制备的可穿戴电子设备的透气性仍不尽如人意,汗液积聚在器件和皮肤之间,不仅给使用者带来不舒服的体验,而且影响电子器件监测生理信号的能力。

香港城市大学副教授于欣格带领团队通过三维定向汗液输运技术,开发了透气、透汗和高集成度的柔性电子器件,可以实现 7 天连续舒适佩戴以及生理信号稳定监测,为长期、舒适的穿戴电子设备提供了设计思路。3 月 28 日,相关研究成果发表于《自然》。

## 高性能和透气性相悖

相关研究指出,将电子器件嵌入轻薄的柔性材料中,可以制备出类似人类皮肤且具有感知功能的柔性电子皮肤。

于欣格向《中国科学报》介绍了柔性电子皮肤的主要用途:“通过柔性电子皮肤,我们可以收集生理信号的变化,并对收集到的生理信号进行采样处理,及时分析佩戴者的健康状况以及潜在的疾病发作风险,进而通过信息反馈及时告知用户。”

已有的研究揭示,相较于传感器,柔性信息反馈技术依赖的执行器在尺寸、重量、功耗上均较大,研发轻便、低功耗的基于柔性电子和人体的感知与交互技术,在智慧医疗、人机交互、虚拟现实和人工智能等领域具有广阔的应用前景。由此,于欣格带领团队开展了深入研究。

“我们发现,柔性电子皮肤的力学、电学等高性能与其透气性不能兼得,甚至是相悖的。”

于欣格告诉记者,柔性电子皮肤较差的透气性导致汗液挥发不了,不仅造成佩戴者生理不适,而且严重时会引起皮肤发炎,还会降低电子器件的信号质量以及黏附强度,限制了可穿戴电子设备的生理信号监测能力。

## 定向输运汗液技术

此前有报道称,柔性电子器件可以通过构建微米或纳米尺度孔洞结构,为皮肤提供透气、透汗通道。

于欣格团队曾尝试在这个方向开展相关研究,但发现由于单一的结构设计,构建的纳米或微米尺度孔洞结构只能实现电极层面的透气性。“可穿戴电子设备包括功能更加复杂的传感器、电路、封装等结构。要实现高集成度、多功能的透气电子皮肤,我们在流体操控和系统集成等方面仍面临巨大挑战。”他说。

在《自然》这篇论文中,于欣格团队提出了一种全新的研究思路。

受猪草蓑、仙人掌、蜘蛛丝等自然界生物启发,研究人员利用这些生物特殊表面上液体自发输运的机制,设计了一种在三维尺度上对液体进行自发、定向输运的结构——三维液体二极管。

于欣格介绍,在三维液体二极管的引导下,液体传输速率超过人体正常汗液速率的 4000 倍。基于此,研究人员开发出一种透气、透汗基底,并将其与高性能柔性电路直接集成,制备出兼具高透气性与高集成度的可穿戴电子设备——一种透气、透汗的心电监测贴片。

相关用户体验实验显示,相比同类产品,这

款心电监测贴片在用户舒适性、长期生物相容性、出汗状态下的黏附性和信号质量方面有更出色的表现,在佩戴者日常活动和运动状态下可以实现长达 7 天的连续心电监测。

于欣格透露,他们还将该技术应用于织物集成电子中,设计了一种无须电池、舒适佩戴的多功能无线环境监测衣物。

## 柔性电子未来可期

随着科技的发展以及人们对健康的关注,可穿戴电子设备的使用越来越广泛。精准和舒适,既是佩戴者对可穿戴电子设备的要求,也是于欣格等研究人员努力的方向。

“我们希望开发出更多柔性电子器件或者其他辅助性设备,使其不仅便携、佩戴舒适,还可实时、精准监控健康状态。”于欣格告诉《中国科学报》,柔性电子器件的优势是轻薄化、小型化和可穿戴化,让佩戴者没有负担和压力。

于欣格曾带领团队开发出一款皮肤虚拟现实(VR)系统。该系统可被看作是一块酷似人类皮肤、可伸展的布料,厚度只有 3 毫米,可以直接贴在皮肤上,也可以轻易地取下来。

此次,基于前期的技术积累,于欣格团队提出了一种用于构建柔性、集成透气电子皮肤的普适性策略。

“我们期待能实现透气电子皮肤从概念到实际应用的发展,在改善柔性电子皮肤用户体验的同时,进一步激发其在临床监护以及长期健康监测领域的应用潜力。”于欣格说。

相关论文信息:  
<https://doi.org/10.1038/s41586-024-07161-1>