

总第 8914 期
2026 年 1 月 12 日 星期一 今日 4 版

中国科学院主管 中国科学报社出版
国内统一连续出版物号 CN 11-0084 代号 1-82
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

新浪微博 <http://weibo.com/kexuebao>



科学网 www.science.net.cn

太空实验室:赴星程,启新知

■本报记者 甘晓

距离地球约 400 公里的中国空间站已然成为太空的“新地标”。“十四五”期间,随着“天和”“问天”“梦天”三舱组装完成,中国空间站正式建成。

“十四五”期间,曾经仰望的星空中有了中国人的“太空家园”。它成为长期有人照料的国家太空实验室。

不久前,来自中国科学院大连化学物理研究所的载荷专家张洪章抵达中国空间站。自己参与的科研项目能够在神舟二十号任务中搭载上行,这令他感到无比幸运。

“国之大者在我心!在中国空间站这个国家级实验室里,我们将竭尽全力完成好每一个凝聚着每一位科技工作者智慧与汗水的科研项目,助力中国在科技领域实现更大的跨越与突破。”张洪章说。

科学实验柜“中国科学院造”

2021 年 4 月 29 日,天和核心舱成功发射,标志着中国空间站建设拉开序幕。此后,问天实验舱、梦天实验舱相继对接,2022 年 11 月 3 日,中国空间站“T”字基本构型在轨组装完成。2023 年 8 月 18 日,国家太空实验室正式启用,建立起独具中国特色的近地空间科学与应用体系。

大规模开展空间科学研究离不开一个个“方寸”大小却功能强大的科学实验柜。这些高约 1.7 米、宽 1.1 米、深 0.9 米的柜体是空间站科学研究的核心载体。

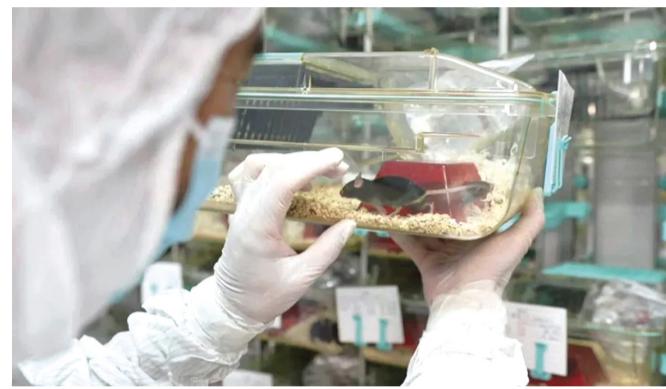
“把实验室搬进太空”是中国科学家的共同梦想。“太空实验室能够为我们提供很好的研究条件,比如长期的微重力、辐射条件,让我们可以研究这种环境下新的生命科学、物理科学现象,研究产生这些现象的机理,掌握未来人类长期在太空生存需要的技术。”中国科学院空间应用工程与技术中心研究员张伟表示。

为实现这一目标,中国科学院牵头研制了生命生态实验柜、流体物理实验柜、无容器材料实验柜、高精度时频实验柜等 14 个科学实验柜,每一个都相当于一个综合性实验室。

研制过程充满挑战。科研团队需要将整间实验室的设备集成到不足两立方米的空间内,同时确保其轻便、牢固且具备 10 年以上的科学前瞻性。除了破解共性和个性的技术难题外,团队还要争分夺秒,在有限的时间里交付科学实验柜。

为此,团队进行了数百次仿真和力学试验,通过“材料优选、轻量化设计、仿真分析、力学试验验证”的迭代优化,使实验柜主结构重量不足 100 公斤,却能承载高达 500 公斤的科学载荷,承重能力远超国际空间站同类设备。

在张伟看来,科学家就像大脑,酝



科研人员在实验室中观察“小黑鼠”状态。
空间应用中心供图

酿出科学想法,而工程师就像双手,把科学想法变成现实。

作为空间站中最复杂的实验柜,高精度时频实验柜的研制令人记忆犹新。它由 13 台单机组成,是世界上第一套由主动型氢原子钟、冷原子铷钟、冷原子光钟组成的空间高精度时频系统。由于技术难度超出预想,项目一度进展缓慢。

为破解这一难题,2019 年,中国科学院整合国家授时中心、上海技术物理研究所等十余家单位资源,突破多项关键技术,建成了目前世界上在轨设计指标最高的空间时间频率系统。

“太空特产”结硕果

太空实验室建成后,科研成果随之涌现。截至神舟二十号乘组返回,中国空间站已在轨实施 140 余个科学与应用

项目,上行实验模块、单元及样品等近 3.1 吨科学物资,下行空间科学实验样品 212.5 千克,产出一系列原创性科学成果。

2024 年 12 月 30 日,在即将迎来中国空间站全面建成两周年之际,《中国空间站科学研究与应用进展报告(2024 年)》(以下简称《报告》)发布。在《报告》展示的 34 个科学研究项目中,由中国科学院牵头的有 19 项。

其中,在空间生命科学领域,中国科学院分子植物科学卓越创新中心科研团队在国际上首次对空间站里水稻“从种子到种子”全生命周期的培养过程进行研究。太空中水稻返回地面后已种植至第三代,其垩白率较高,意味着口感更佳、营养更丰富,为未来太空农业提供了宝贵种质资源。

中国科学院水生生物研究所联合上海技术物理研究所科研团队共同研

制出一套水生生态系统,将斑马鱼送上空间站,在轨稳定运行 43 天,创下我国空间水生生态系统运行最长纪录。

在微重力物理领域,中国科学院物理研究所科研团队利用变重力科学实验柜,首次发现“反巴西果效应”——在低重力环境下,大颗粒反而向下沉降。这一发现为未来人类在月球、火星等低重力星球活动提供了理论支持。

中国科学院力学研究所科研团队则通过研究油箱在微重力下的液体行为,为航天器“油箱”设计提供了新理念,相关成果已应用于我国多颗卫星,并有望推动在轨加注技术发展。

此外,科学家还利用无容器材料实验柜制备出性能更优的多元偏晶合金;利用高温科学实验柜获得地面上难以生长的高质量晶体;利用生物技术实验柜研究骨细胞分化,为防治骨质疏松、肌萎缩等疾病提供新方案;在轨繁育三代果蝇,通过分析其太空中的特殊行为模式,研究微重力对生命活动的影响。

这些成果不仅推动科学前沿发展,还具有广阔应用前景。

据统计,目前科学家基于地面研究和空间站返回的实验样品等,已经在空间生命科学、空间材料科学、微重力流体物理等方向取得重要成果,在国际期刊发表论文 430 多篇。(下转第 2 版)



1 月 9 日,由中国科学技术协会指导、中国科学技术馆与北京茅以升科技教育基金会联合主办的“纪念茅以升诞辰 130 周年系列展览”在中国科技馆开幕。其中,茅以升平事迹展分 4 个展区,展览面积 400 平方米,共展出互动展品 7 件,茅以升先生的手稿、证书等相关实物原件 24 件,复制品 24 件。图为青少年参观“纪念茅以升诞辰 130 周年系列展览”。本报记者高雅丽报道 中国科技馆供图

破解 20 年谜题! 新发现为恶性肿瘤治疗带来希望

■本报见习记者 江庆龄 实习生 杨雨辰

2020 年 9 月,怀揣着成为一名“医生科学家”的梦想,唐爽在疫情期间“逆行”回国开启独立学术生涯,加入复旦大学附属肿瘤医院,任青年研究员、博士生导师。

此前的 16 年,唐爽已在临床医学、核医学、基础细胞代谢、肿瘤生物学与分子药学、临床转化研究等领域,完成了全链条培训。她将积累的经验与国家发展战略需求融合起来,回国后专注于肿瘤适应性调控与核医学研究。

近日,唐爽与复旦大学附属肿瘤医院助理研究员周倩、美国丹娜法伯癌症研究所教授赵景等合作开展的研究发表于《癌症发现》。他们揭示了抑癌基因 PTEN 缺失难治性恶性肿瘤的核心驱动机制,并鉴定出 PTEN 缺失肿瘤的关键致瘤靶点,为广大 PTEN 缺失的难治性恶性肿瘤患者提供了有效诊疗新方案。

一个被忽略的重要问题

“病人是最好的老师。”和一线临床医生以及肿瘤病人交流的过程中,唐爽受到了很多启发。而面对复发、转移、耐药的难治性恶性肿瘤患者时,她心中则是五味杂

陈。她开始认真思考如何通过基础研究突破,解决临床疾病的难点、痛点问题。

PTEN 的缺失正是临床上难治性恶性肿瘤的常见驱动因素。这一大类难治性肿瘤患者疾病进展迅速,预后很差,且缺乏有效的治疗药物。

唐爽解释,PTEN 是一类特殊的“刹车系统”,能抑制细胞的过度生长和分裂。一旦“刹车”失灵,细胞就容易走向“失控”增殖。

PTEN 是第二常见丢失的抑癌因

子,而 PTEN-PI3K 轴是最重要的人类泛癌通路之一,PTEN 缺失和 PI3K 持续激活均会异常磷酸化蛋白激酶 B (AKT)。经过近 40 年的发展,靶向 PI3K 的小分子药物进入快速转化阶段。

PI3K α 的编码基因 PIK3CA 在多种肿瘤中存在高频突变,使 PI3K α 亚型备受关注。美国食品药品监督管理局近年来批准了两款针对 PI3K α 的抑制剂,用于晚期难治性的乳腺癌治疗。然而,PTEN 缺失的恶性肿瘤对 PI3K α 抑制剂及其他多种治疗药物耐药。

近 20 年,赵景团队研究发现,PI3K β 在调节 PTEN 缺失肿瘤中具有关键作用,包括肿瘤生长、进展、治疗耐

药性以及免疫逃逸等重要功能。

相较于人们普遍关注的 PI3K α 亚型,同样在几乎所有细胞中表达的 PI3K β 是被忽视的存在。因为 PI3K β 的编码基因 PIK3CB 突变率很低,同时 PI3K β 被受体酪氨酸激酶的激活程度远低于 PI3K α。

那么,PTEN 缺失肿瘤为什么会选择性依赖 PI3K β? 这是一个存在了 20 年的分子谜题,在临幊上有重要意义。“在 PTEN 缺失的肿瘤中,可能存在一种未知的、超出 PI3K β 激酶活性的重要机制。”唐爽推测。

于细微处撬开关键新机制

“只有破解最基础的核心分子机制,才有可能通过靶向 PI3K β 实现对 PTEN 缺失肿瘤的有效治疗。”唐爽告诉《中国科学报》。

一个老问题为什么迟迟没有人解答? 唐爽坦言:“这种基础分子机制解析工作,既没有迎合当下热点,又没有酷炫的新技术加持,还没有大量临床资源背书,属于‘三没’、长周期、高风险还不讨巧的‘硬骨头’。”

抱着初生牛犊不怕虎的闯劲,唐爽开始探索该问题。她首先想到蛋白质相互结合。因为 PTEN 除已知的脂质磷酸酶活性外还具有蛋白磷酸酶功能,而蛋白质磷酸化可以通过改变蛋白质构象影响蛋白质间的相互结合。

然而,唐爽在文献调研过程中发现,国际上已经有团队运用蛋白质组学技术分别检测了 PI3K α 和 PI3K β 的相互结合蛋白,但并不能解释 PTEN 缺失肿瘤对 PI3K β 的“偏爱”。

“是研究方向不对,还是漏掉了什么重要细节?”唐爽一边思考,一边又仔细阅读了每篇文献。她敏锐地发现,已有的对 PI3K α 和 PI3K β 相互结合蛋白的检测,都是在 PTEN 正常的细胞中完成的。“这意味着,在复发、转移、耐药等难治性恶性肿瘤中,PTEN 缺失导致的 PI3K β 亚型选择性结合蛋白被漏掉了。”

思路一下子被打开了。结合多种实验手段,唐爽发现,在 PTEN 缺失的肿瘤细胞中,PI3K β 与受体酪氨酸激酶 EPHA2 存在很强的特异性相互作用,而 PTEN 是调控 PI3K β -EPHA2 结合的开关。这个结合在 PTEN 缺失的细胞中被显著增强。(下转第 2 版)

科学家破译共生根瘤菌识别豆科植物机制

本报讯(见习记者江庆龄)中国科学院分子植物科学卓越创新中心研究员杰睿·默里团队与研究员张余团队合作,首次成功解析了豌豆根瘤菌转录因子 NodD 蛋白与类黄酮类化合物(橙皮素)结合的高分辨率复合物晶体结构,以及 NodD 识别类黄酮类化合物的机制,并揭示了 NodD 中决定信号识别特异性的关键结构元件,开辟了人工设计高效固氮体系的新路径。相关研究成果 1 月 9 日发表于《科学》。

在自然界中,豆科植物的根部与根瘤菌通过共生互作形成的根瘤器官是高效的天然氮肥工厂。已有研究表明,豆科植物根系会分泌一种叫“类黄酮类化合物”的化学信号,它如同一把特制的信号钥匙。而 NodD 就像“分子锁”,能够识别与之匹配的“信号钥匙”,从而启动共生程序。然而,根瘤菌的“分子锁”如何特异性识别化学“信号钥匙”,一直是该领域备受关注且尚未完全阐明的科学问题。

研究团队发现,豌豆根瘤菌 NodD 蛋白的配体结合结构域通过两个蛋白口袋识别橙皮素,其中一个结合口袋位于 NodD 蛋白的单体中,另一个位于 NodD 蛋白的二聚界面上,这种结合构象在已知的 NodD 所在的转录调控因子家族中尚属首次发现。NodD 的 3 个关键结构元件形成识别配体的“结合口袋”,能适配橙皮素等黄酮分子,却不能适配其他类别的类黄酮类化合物。这阐明了根瘤菌 NodD 能够特

异性的类黄酮类分子结合激活的结构机理。

研究团队进一步比较了苜蓿根瘤菌 NodD 与豌豆根瘤菌 NodD,前者主要响应查尔酮,后者则主要响应黄烷酮 / 黄酮。研究人员锁定了位于关键结构元件上的几个关键氨基酸,并通过将苜蓿根瘤菌 NodD 中的 3 个关键激活域“移植”到豌豆根瘤菌 NodD 上,成功构建出一个“嵌合体”NodD 蛋白。改造后的豌豆根瘤菌 NodD 也能响应苜蓿根部分泌的类黄酮信号,并展现出和野生型苜蓿根瘤菌相似的结瘤固氮能力。

研究团队认为,这种精识别源于数百万年在重叠栖息地中的协同进化。为了确保成功建立共生关系,每种豆科植物都需要准确识别出更适合的根瘤菌菌株。它们通过一种相互的“双重锁 - 钥”机制实现该目标,即根瘤菌识别植物发出的独特信号,而植物则识别根瘤菌反馈的特异性信号,由此防止多种豆科植物相邻生长时发生配对混淆。

研究团队表示,未来通过精准改造 NodD 蛋白,不仅能定制适应特定作物的高效固氮菌株,实现“一对二”靶向固氮,更为推动水稻、玉米等豆科作物建立类似共生关系,减少农业对化肥的依赖打下坚实的理论基础。

相关论文信息:
<https://doi.org/10.1126/science.aec3061>

全新计算架构 让新器件“跑起来”

本报讯(记者李惠钰)“傅里叶变换”是频率的“翻译器”,可将声音、图像等复杂信号转换为频率语言,是科学和工程领域一种基础且应用广泛的计算方式。北京大学人工智能研究院研究员陶耀宇、集成电路学院教授杨玉超组成的科研团队,在国际上首次实现了一种全新的多物理域融合计算架构,可利用后摩尔时代的新型器件支持傅里叶变换,使算力提升近 4 倍,为具身智能、边缘感知、类脑计算、通信系统等领域开辟新的可能。相关研究成果 1 月 9 日发表于《自然 - 电子学》。

在后摩尔时代,以忆阻器、光电器件为代表的后摩尔时代的新器件凭借独特的计算性能,被视为突破算力与能耗困局的希望。尽管多种后摩尔时代的新器件在简单线性算子上具有显著优势,但由于支持算子种类单一,无法适配实际应用中多样化的计算方式需求,导致这些前沿技术始终难以跨越“从实验室到市场”的鸿沟。

科研团队瞄准傅里叶变换这一

通用计算方式,创造性地将“易失性氧化钒器件”与“非易失性氧化钒 / 铅器件”这两种适合做频率转换载体的新器件,在多物理域融合架构下进行系统集成,做出了可用于傅里叶变换等多样化计算方式的硬件系统。

论文共同第一作者兼通讯作者陶耀宇介绍,这一新技术架构实现了高达 99.2% 的傅里叶变换精度。实验与仿真结果显示,两种器件吞吐率相比目前最快的硅基芯片提升近 4 倍,能效提升达 96.98 倍,同时显著降低了存储与互连资源的消耗。

论文通讯作者杨玉超表示,新的计算框架有望突破后摩尔时代的新器件凭借独特的计算性能,被视为突破算力与能耗困局的希望。尽管多种后摩尔时代的新器件在简单线性算子上具有显著优势,但由于支持算子种类单一,无法适配实际应用中多样化的计算方式需求,导致这些前沿技术始终难以跨越“从实验室到市场”的鸿沟。

相关论文信息:
<https://doi.org/10.1038/s41928-025-01534-8>

宇航员将首次因医疗原因从国际空间站提前撤离



本报讯 美国国家航空航天局(NASA)1 月 8 日表示,目前在国际空间站执行“龙”飞船第 11 期载人任务的 4 名宇航员中有 1 人出现健康状况,决定安排该任务团队提前返回地球。

将返回地球的 4 名宇航员包括 2 名美国宇航员、1 名俄罗斯宇航员和 1 名日本宇航员。他们于 2025 年 8 月 1 日发射升空,原计划于今年 2 月下旬返回,这是首次因医疗原因从国际空间站撤离宇航员。NASA 目前尚未明确“医疗状况”的具体性质,也未透露受影响的宇航员身份。

NASA 局长贾里德·艾萨克曼在 1 月 8 日召开的新闻发布会上表示,提前让宇航员返回的部分原因是任务目标几乎已全部完成,所以提前结束任务影响不大。NASA 首席健康和医疗官詹姆斯·波尔克也表示,由于宇航员的情况处于绝对稳定状态,此次并非紧急撤离。艾萨克曼称,紧急医疗撤离可在数小时内完成,而此次撤离将在未来几天内进行。

NASA“龙”飞船第 11 期载人任务的 4 名宇航员。国际空间站此前发生过的医疗事件都

比较轻微,可在轨处理。“国际空间站上有一套非常完备的医疗设备,但还不足以像急诊室那样为患者提供全面检查。这次宇航员健康问题比较严重,我们感到担忧,希望对其进行全面检查,而最好的办法就是回到地球。”波尔克说。

4 名宇航员将乘坐把他们送往国际空间站的“龙”飞船返回地球。地球上的几家医疗机构或受伤的宇航员进行检查和治疗。艾萨克曼表示,这种情况前所未见,但实际的撤离操作与宇航员通常在任务结束时返回地球的方式并无太大不同。

此次 4 名宇航员撤离后,国际空间站上将仅剩 1 名美国宇航员和 2 名俄罗斯宇航员,直到计划于 2 月 15 日左右发射的“龙”飞船第 12 期乘组抵达。不过此次事件发生后,上述任务的发射时间可能会提前。

(徐锐)

