中国科学报

CHINA SCIENCE DAILY

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

扫二维码 看科学报　扫二维码 看科学网

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 8767 期　2025 年 6 月 10 日　星期二　今日 4 版

新浪微博 http://weibo.com/kexuebao　科学网 www.sciencenet.cn

“全球深渊探索计划”获批

本报讯（记者朱汉斌 通讯员杜梦然）近日，由中国科学院深海科学与工程研究所牵头的国际大科学计划“全球深渊探索计划”正式获得联合国“海洋科学促进可持续发展十年”执行委员会批准，标志着中国深渊科考开启全球合作新篇章。

“海洋科学促进可持续发展十年”是由联合国教科文组织政府间海洋学委员会主导的国际科学倡议，旨在通过加强全球海洋科研协作，为实现联合国可持续发展目标提供科学支撑。记者获悉，“全球深渊探索计划”由中国科学院深海科学与工程研究所联合新西兰、丹麦、德国、智利、法国、印度尼西亚、巴西、俄罗斯、印度、库克群岛、巴布亚新几内亚、新加坡、葡萄牙等 10 多个国家的科研机构共同发起。

2014 年，中国科学院启动“深渊科学与技术研究计划”；2016 年，中国科学院突破马里亚纳海沟万米科考“禁区”，开启了深海研究的“万米时代”；2022 年，依托国际上唯一的强作业能力全海深载人潜水器“奋斗者”号以及“探索”系列科考船，“全球深渊深潜探索计划”启动实施，截至目前已携手来自 10 个国家的 145 名科学家，通过 214 个潜次到达马里亚纳海沟、克马德克海沟、普伊斯哥海沟等全球 9 个深渊海沟。

据介绍，“全球深渊探索计划”聚焦深渊极端环境生命地质多尺度过程，围绕深渊生命分布格局与生命演化、板块俯冲与地质构造演化、深部与海底物质能量交换、深渊碳循环与全球变化以及人类活动影响下的深渊环境变化，开展多学科、多海沟、跨国界的深潜科学研究，旨在挺进地球最深海洋“无人区”，拓宽人类对深渊极端环境、地质及生命认知的新疆域，建立深渊科学学科体系，为探索、保护和治理深海提供重要科学支撑。

“全球深渊探索计划”团队将在有关国际合作框架下重点推进全球深渊研究中心建设，组织实施年度深渊载人深潜联合科考航次，开展系统性合作研究，定期发布科考进展与研究成果并建立相关的开放共享机制。其启动实施将进一步引领国际深渊科学由孤立性研究向系统性研究转变，共同推动国际深渊学科发展。

“一竿子插到底”，他们“追光”前行

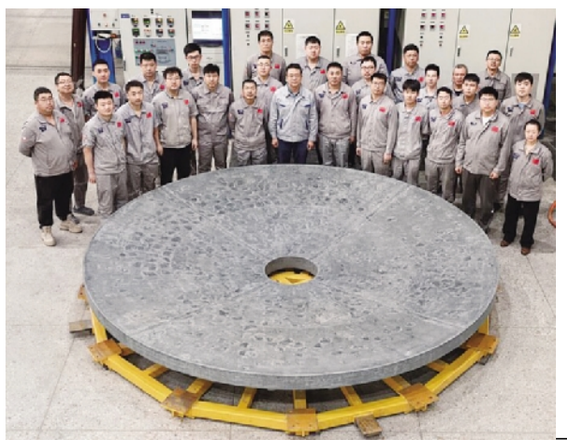
■本报记者 沈春蕾

“科技工作者要做建设大军里真正的排头兵。这个排头兵不仅是要找一条路，还要披荆斩棘，让后面的建设大军能够跟上来。”

中国科学院长春光学精密机械与物理研究所（以下简称长春光机所）第一任所长王大珩对科技工作者创新责任的解释，影响着一代又一代科研人员。

1400 万斤小米，是国家在 20 世纪 50 年代拨给王大珩创办中国科学院仪器馆（长春光机所前身）的首笔经费，新中国的光学事业由此起步。在王大珩的带领下，长春光机所熔炼出中国第一炉光学玻璃，从而结束了中国没有光学玻璃的历史。

早年，王大珩提出从技术攻关到仪器研制“一竿子插到底”的精神。经过半个多世纪的沉淀和积累，长春光机所在新时期凝练出“博大精深、科学务实、团结奉献、开放共赢”的“长光精神”，指引着年轻的科研人员延续前辈至精至专、做深做透的优良传统，继续脚踏实地、“追光”前行。



▲太阳 X 射线－极紫外成像仪。
◀4 米碳化硅反射镜研制团队。
长春光机所供图

博大精深：10 年“冷板凳”迎来“大项目”

赵文兴 1978 年考入长春光机所，成为王大珩的研究生。他传承了老师提出的“一竿子插到底”精神，并将其发扬光大，不局限于已有的研究成果，转而投入博大精深的新材料研究。

赵文兴最初的研究方向是玻璃材料。20 世纪 90 年代，时任长春光机所奥普光学材料事业部主任的赵文兴在国外访问时看到碳化硅反射镜，迅速意识到碳化硅作为反射镜材料的巨大优势，“这个材料跟玻璃比刚度更好、热量传播更快，我们也应该试试”。

当时，碳化硅反射镜已在国外光电装备实现应用，但国内该领域尚处空白状态。赵文兴认为，碳化硅比玻璃更适合研制大口径反射镜，也是未来光学材料发展绕不过去的一道坎儿。

此前，长春光机所曾试图从国外购买碳化硅反射镜材料，对方却以涉及关键战略领域为由，拒绝向中国出售。

考虑到从国外购买材料、引进技术均受到限制，赵文兴回国后立即向所里申请开展碳化硅材料的研究。尽管他对碳化硅材料的了解不多，但他时常提起一句话：“我是王大珩的学生，不能丢了老师的名声。”

1998 年，年近 50 岁的赵文兴带领 5 个人的团队开启了碳化硅材料制备技术的攻关。在接下来的 10 年时间里，这个攻关团队默默无闻地忙碌着，在外人眼中显得有些沉寂。

2008 年，赵文兴所在的长春光机所光学中心研究团队研制出我国首套具有自主知识产权的 0.7 米量级碳化硅反射镜。当时，世界上应用于可见光望远镜的碳化硅反射镜最大口径为1.5 米量级。虽然没有做到世界最大，但研究团队实现了我国碳化硅反射镜从“0”到“1”的突破。

坐了 10 年“冷板凳”的赵文兴团队终于迎来了“大项目”——2009 年 9 月，国家重大科研装备研制项目启动，宣布研发 4 米碳化硅反射镜。

4 米，赵文兴等人很清楚，这是当时碳化硅反射镜口径的全球之最。用 4 米碳化硅反射镜做成的望远镜，在地面上能看清太空中拳头大小的碎片。

2010 年至 2016 年，赵文兴团队先后 5 次开展 4 米碳化硅反射镜坯制备试验。前面 4 次均因镜坯出现裂纹宣告失败，但大家并没有气馁，因为裂纹的宽度在逐渐缩小。直到 2016 年第五次试验，镜坯终于研制成功。

在此基础上，长春光机所陆续突破了一系列反射镜制造关键技术，2 米、2.4 米、3 米单体碳化硅反射镜相继研制成功；围绕着大口径反射镜制造的工艺路线，一整套完整的、具有自主知识产权的加工、检测装备同步开发完成；研制的以 4 米量级磁流变高精度抛光设备、多姿态摆臂轮廓仪为代表的系列装备更是国际上都没有的精密制造设备。

2018 年 8 月，经过近 10 年的艰苦攻关，直径 4.03 米、重量仅 1.6 吨的碳化硅反射镜研制成功，并顺利通过验收。这是世界上公开报道的最大口径碳化硅单体反射镜，意味着大口径反射镜制造的全部核心技术真正掌握在中国人自己手中。

如今，在长春光机所中央的小花园里还保留着赵文兴团队在 2015 年研制的第四块碳化硅反射镜坯。它的外观呈圆饼状，中间有一孔，镜面还有当年试验出现的裂纹。这里已经成为研究所一处地标性景观。

赵文兴也将接力棒传递到以长春光机所研究员张舸为首的年轻人手中。关于光学材料的故事还在续写。

科学务实：将光栅“做大”“做精”

长春光机所是中国光栅的发源地。1958 年，这里开始研制我国第一台光栅刻划机，诞生了我国第一块光栅。1964 年，我国第一颗原子弹爆炸试验的光谱设备，就使用了这里自主研制的光栅。

李文昊，国家光栅制造与应用工程技术研究中心主任，2002 年本科毕业后来到长春光机所工作并读博，一直从事光栅的研制工作。

如今，李文昊正带领一个年轻的大光栅团队追随老一辈科学家的足迹，继续“追光”前行。在这个团队中，35 岁以下的年轻人占比 70%。科学务实、敢闯敢拼是他们的科研写照。

2025 年 5 月，李文昊团队在大口径光栅衍射波前控制方面取得进展，相关研究成果发表于《光：科学与应用》。该研究提出了一种光栅－激光互补式的工作台位移测量技术，可以补偿工作台运动误差引起的光栅刻线误差，实现大口径光栅的高精度制作。

李文昊告诉《中国科学报》，光栅是一种具有周期性微结构的精密光学元件，在光谱学、天文学、激光器、高端仪器装备等诸多领域都有重要应用。光栅面积大，可获得高集光率和量程；光栅精度高，可获得更好的信噪比和分辨率。

但是，同时将光栅“做大”和“做精”，属于世界性难题，也成为制约我国相关领域技术发展的短板。尽快攻克此类光栅制备技术，是各光栅强国之间竞争的焦点。（下转第 2 版）

新成果实现 全球百万湖泊精准动态监测

本报讯（记者陈彬）近日，清华大学水利水电工程系教授龙笛团队成功揭示了全球百万湖泊水域面积的多尺度动态与季节性主导机制，在世界范围内打破了长期困扰遥感水文界的“时间－空间”权衡瓶颈，推动全球湖泊遥感监测从“静态观测”迈入“高精度动态解析”。相关研究成果在线发表于《自然》。

现有权威数据集为全球湖泊变化提供了重要参考，但在时空连续性与季节性动态监测方面存在不足。为突破这一关键瓶颈，龙笛团队构建了一套融合 MODIS 卫星传感器时间分辨率优势与 GSW 空间分辨率优势的深度学习遥感大数据融合框架，借助清华大学高性能计算集群“探索 1000”及云计算平台，累计消耗计算资源超 8 万个机时，完成了遥感大数据处理与深度学习模型训练，构建了迄今时空分辨率最高、覆盖范围最广、连续性最强的全球湖泊水域面积时序数据集，实现了对全球约 140 万个湖泊在月尺度、30 米空间分辨率下的水域面积连续监测。

简单来说，如果将卫星遥感比作拍摄地球的“太空相机”，以往拍出的照片不是分辨率不足，就是连续性不够。现在，团队作为基于人工智能的数据时空融合“导演”，将不同卫星数据制作成高清流畅、无断档的地球湖泊“连续剧”，首次实现了全球百万湖泊的精准动态监测。

基于该数据集，研究团队还有新发现。研究显示，占全球总面积 66%的湖泊和占全球数量 60%的湖泊水域面积动态都以季节性变化为主导。更为重要的是，这一季节性主导的分布格局与全球人口分布之间存在高度耦合关系——全球 90%以上的人口，都居住在以季节性主导湖泊为主的流域。

该发现从全球尺度上揭示了人类活动区域与水文季节性变化之间的深层联系，显示湖泊水文过程日益受到季节性极端事件和人为调控的双重驱动。农业灌溉、工业和生活用水的季节性需求变化，都可能直接影响湖泊的“变化”节奏。

研究还发现，季节性极端事件可以在短期内显著放大或抵消湖泊几十年来的长期趋势。这为理解极端气候事件对湖泊生态系统和水资源安全的冲击提供了科学依据，也为未来湖泊温室气体通量估算、生态生境保护及极端水文事件响应策略的制定提供了理论支撑。

相关论文信息：

https://doi.org/10.1038/s41586-025-09046-3

我国科学家在光钟领域取得新突破

本报讯 近日，中国科学院国家授时中心研究员常宏团队成功研制出频率稳定度和系统不确定度均优于 2×10^{-18} 的锶光晶格钟，相关研究成果在线发表于《计量学》。

审稿人认为：“国家授时中心最新研制的锶光钟，实现了目前世界上第二小的不确定度光钟。”

新研发的锶光晶格钟完全满足 2022 年第二十七届国际计量大会通过的关于 2030 年开展时间单位“秒”定义变更时对光钟性能的要求，使中国成为继美国之后，第二个实现光晶格钟性能（频率稳定度和不确定度）优于 2×10^{-18} 的国家。

为实现这一超高精度，研究人员将多项前沿技术深度融合：创新性结合了移动光晶格技术、法拉第笼技术、主动控温热屏腔技术以及浅光晶格技术，有效解决了传统锶光钟黑体辐射频移和密度频移等频移项测量精度难以突破的问题，使其降低至 10^{-19} 量级，同时将直流斯塔克频移长期控制在 10^{-20} 量级。结合高效的冷原子量子参考体系制备过程和窄线宽激光技术，他们使系统频率稳定度达到了 3.6×10^{-16}（τ/s）-0.5，1.2×10^{-18}（57000s）；系统总不确定度达到了 1.96×10^{-18}。

近年来，国家授时中心在光钟研究领域成果频出。2023 年，锶光晶格钟通过国家授时中心守时氢钟和卫星链路溯源国际原子时，实现了绝对频率测量；在锶光晶格钟平台上，利用弗洛凯技术抑制浅光晶格里的隧穿效应实现了线宽在 Hz 量级的钟跃迁谱线；2025 年，空间光钟在国际上首次实现在轨碱土金属激光冷却。（李媛、张行勇）

相关论文信息：

https://doi.org/10.1088/1681-7575/addc77

非洲航天局揭牌成立

寰球眼

本报讯 近日，首个管辖整个非洲大陆的航天机构——非洲航天局（AfSA）揭牌成立。其总部设在埃及开罗，旨在协调非洲航天领域的工作——目前已有 20 多个非洲国家拥有自己的航天计划。

AfSA 的优先事项包括改善卫星通信，为农村人口提供通信连接；生成和获取来自太空的数据，以追踪气候变化影响、提供灾害救援，以及助力农业、水安全和粮食安全领域发展。

然而，该机构尚未满员运转，其预算、详细的行动计划及资金来源也未确定。AfSA 的核心资金将来自非洲联盟的预算，该预算 2024 年为 6.06 亿美元。

但该机构的空间工程师 Meshack Kinyua Ndiritu 表示，预算还将通过开发银行这样的外部来源进行补充。在他看来，除资金外，该机构的另一大挑战是如何让处于不同发展阶段的非洲联盟国家就优先事项达成一致。

尼日利亚市场研究公司 Space in Africa 的分析显示，2024 年，非洲国家的航天预算总额为 4.65 亿美元。尽管这还不到全球航天支出的 1%，但该数值自 2018 年以来环比增长了 64%。

欧洲航天局、俄罗斯航天局和阿联酋航天局均在 AfSA 揭牌仪式上与其签署合作协议。

AfSA 的首批联合项目之一是“非洲－欧盟空间伙伴关系”。这是一个由欧盟资助的为期 4 年、耗资 4500 万欧元的项目，旨在加强两个地区的合作并强化非洲的空间生态系统。

非洲一些国家的航天计划已有数十年历史，主要集中在卫星上，包括通信卫星和遥感卫星。埃及和南非各发射了 10 多颗卫星，许多国家都设有接收和处理卫星数据的地面站。然而，只有少数非洲国家拥有卫星制造能力，大多数国家仍然依赖外国的发射服务。Ndiritu 补充说，AfSA 目前专注于卫星而非深空探测任务，但这并不意味着未来不会参与更宏大的任务。“我们想先学会走路，再跑步。”

美国麻省理工学院的航空航天工程师 Danielle Wood 表示，AfSA 应在全球范围内平等地建立联系，同时将重点放在非洲大陆的优先事项上。“这是一个新时代。过去，机会似乎都在非洲之外，但现在非洲内部也存在许多合作机遇。”Wood 说。（李木子）

非洲航天局总部位于埃及开罗太空城。
图片来源：Ahmed Gomaa

让人又爱又恨的塑料，回收利用如何破局？

■本报记者 倪思洁

“目前全球废弃塑料回收利用的成效一般，有时无计可施。我们作为科技工作者，有没有可能用科技手段解决这个问题？”6 月 7 日，中国科学院院士、中国科学院上海有机化学研究所研究员唐勇在于北京召开的“塑料的绿色和可持续发展”高端学术沙龙上说。

在这场学术沙龙上，来自科研院所、高校、相关企业等 20 多家单位的专家学者，探讨了目前塑料的回收及循环利用、生物基塑料、生物降解塑料等相关技术的发展现状、技术壁垒、政策导向、发展前景，共同谋划未来塑料产业可持续发展的重点方向。

废弃塑料：“放错地方的资源”

塑料，日常生活中随处可见，用途极其广泛。“塑料是改变人类生产和生活方式的最伟大发明之一，具有性价比高、使用方便等主要特征，已经成为人类不能不用的重要基础材料。”唐勇感慨。

然而，如今废弃塑料的处置治理成了令全球头痛的问题。中国科学院理化技术研究所研究员黄勇介绍，塑料大量使用后废弃在自然环境中，给人类的健康带来潜在风险。塑料产业的绿色与可持续发展需要解决在大量使用过程中以及废弃后对环境造成的风险问题。

唐勇也表示，传统塑料采用“先创制使用，后收集治理”的分段发展模式，在给人类创造美好生活的同时，快速消耗有限的化石资源，在使用后还引发了微塑料、土壤农膜污染、白色污染和固体垃圾等全球关注的问题。

中国科学院院士、中国科学院长春应用化学研究所研究员陈学思介绍，从全球视野看，全球传统塑料消费量超过 5 亿吨，但回收率不足 30%。如果将传统塑料废弃物长期埋于地下，既难以降解，又严重污染土壤；如果焚烧处理，又会产生有害烟雾和有毒气体，严重污染环境。

有数据显示，2022 年，全球塑料的产量为 4.2 亿吨，我国塑料的产量是 1.1 亿吨，占全球产量约 1/3。

在中国工程院院士、四川大学高分子研究所教授王琪等专家学者的眼中，“废弃塑料是放错地方的资源”“在固体废弃物中，废弃塑料更具回收利用价值”。

回收利用：为何成效一般？

当前，全世界都在倡导对废弃塑料进行回收利用。

对于回收利用的成效，数据显示，全球废弃塑料年产生量超过 3.6 亿吨，回收利用约 0.36 亿吨，其中物理回收占 8.9%，化学回收不到 0.1%；我国废弃塑料年产生量超过 1.3 亿吨，回收利用约 850 万吨，其中物理回收占 6.6%，化学回收不到 0.1%。

更让人遗憾的是，在为数不多的化学回收中，大部分回收方式主要是热解。“这种方式缺乏经济性。”唐勇用“成效一般”形容当下全球废弃塑料的回收利用情况。

会上，有专家认为，之所以成效不高，与废弃塑料回收利用的四大难题有关，一是塑料分布广阔，难以回收；二是塑料的组分复杂，难以分离；三是塑料具有化学惰性，难以分解或聚合；四是废弃塑料的数量巨大，以当下的能力难以消纳。

解决方案：全生命链条治理

正因为塑料回收利用难，科学技术被寄予厚望。

2020 年 12 月 18 日，中国工程院、科睿唯安、高等教育出版社联合发布的《全球工程前沿 2020》，将“废塑料降解与回收循环利用”列为 28 项工程开发前沿之一。

2021 年 4 月 10 日，上海交通大学与《科学》杂志联合发布的“125 个科学问题”中包括“我们如何能更好地管理世界上的废塑料”“我们能创造环境友好的塑料替代品吗”“是否每种材料都能实现回收和再利用”。

“未来，我国需要从塑料的全生命周期碳轨迹角度出发，对塑料合成、加工、应用、废弃的全链条进行污染防治。”王琪说。

在唐勇看来，重塑塑料体系才有可能从技术层面终结塑料污染问题。“我们需要发展化学闭环循环和升值重构技术，解决可回收废弃塑料的处置问题；发展环境可消融型塑料，破解最难收集的塑料制品废弃治理难题。”唐勇说。

经过讨论，与会专家认为，消除废弃塑料对环境的危害，实现塑料产业绿色及可持续发展，首先要减少使用塑料的量，特别是要减少一次性塑料制品的使用量；其次要发展新型的、在特定环境中可解聚的塑料材料，以利于塑料制品的重复使用和化学回收，在塑料整个生命周期减少碳排放和能源消耗；再次要大力发展生物（质）基塑料，使塑料产业减少对化石资源的依赖，更多利用可再生资源；最后要加大对可在自然环境中分解为二氧化碳和水的新型生物降解塑料研发的支持力度，减少不可回收的一次性塑料制品废弃后对环境的危害。