中国科学报

CHINA SCIENCE DAILY

总第 9113 期　2026 年 11 月 10 日　星期二　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

听《中国科学报》　《中国科学报》官微　科学网 App　科学网官微

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

十年磨一剑　筑牢基础软件底座

■本报见习记者 樊晓丽 通讯员 张欢

近日，第六届 RISC-V 中国峰会在深圳举行。高性能服务器芯片、车规级处理器、人形机器人等前沿成果集中亮相，RISC-V 正从技术验证阶段加速迈向规模化商用。

鲜为人知的是，这个正在兴起的产业背后，是一场跨越十载的科研攻关。

十年前，面对底层技术受制于人、指令集生态壁垒难以突破的困局，中国科学院软件研究所（以下简称软件所）组建 RISC-V 基础软件团队（以下简称团队），牵头布局国内 RISC-V 基础软件生态建设。

如今，国内 RISC-V 生态实现了从“有芯片可用”到“有软件可跑”，再到“生态有人共建”的阶段性跨越。这支国家战略科技力量，也在持续求索中凝练出“开放协同、厚植根基、求真致用、固本培新”的团队精神。



RISC-V 软件迁移工具研发团队进行技术研讨。　软件所供图

开放协同：在贡献中赢得主动，在开放中实现自主

2019 年，外部环境骤变，一系列技术断供事件接踵而至，我国数字信息产业链底层技术安全风险凸显。应国家部署要求，中国科学院组织力量支撑鸿蒙生态建设，软件所第一时间投入攻关，主导开源鸿蒙驱动框架核心设计，并贡献了超两成的代码。

这场“应急”攻关，也让团队有了更深刻的判断：弥补现有生态短板只能解燃眉之急，想要摆脱受制于人的现实困境，必须直抵技术底座，而指令集就是基础所在。

指令集是基础软硬件生态的底层语法。选择一种指令集，就意味着选择了与之匹配的整个软硬件技术栈和演进路径，同时也不得不遵守其背后的商业规则。

长久以来，x86 架构和 ARM 架构早已构筑起严密的软硬件生态壁垒。后来者要么不被允许使用和更改，要么需要支付高昂的授权费。即便有幸拿到授权许可，在功能迭代、个性化定制等关键环节，依旧处处受其掣肘。

正因如此，团队科研人员将目光投向了具备开放共享特性的开源指令集 RISC-V。这套架构不被单一商业主体垄断，让我国探索自主可控的基础软件路径有了新可能。锚定 RISC-V 方向，团队从关键核心技术突破、产业协同联动、开源生态共建三个层面，开启为期十年的系统性战略布局。

探索之路并不平坦，质疑声随之而来。“有人认为这是另起炉灶，与国内同行搞同质化竞争。”软件所所长、研究员武延军坦言，参考业界已有的体系划分思路，团队进一步厘清自身定位。“我们无意替代国内已有的各类自主技术路线，而是扎根 RISC-V 走全球开放共建的道路，只为让我国在未来全球算力生态中多一条全球化路径。”

“也正是 RISC-V 架构与生俱来的开源特征，塑造了团队开放协同的理念。”武延军强调，这绝非简单的技术手段，而是贯穿科研实践的价值追求。

秉持这样的理念，团队自攻关起步之初便主动融入全球开源生态。科研人员深度参与 RISC-V 国际基金会各项工作，持续向全球主流开源项目输出技术成果，多名科研骨干在国际开源组织中担任重要职务，一步步实现从社区参与者到贡献者，再到引领者的身份跨越。

面向国内产业生态，团队持续推进操作系统适配、工具链打磨与厂商联合验证，在一次次对接交流中，不断培育协作土壤。2024 年 11 月成立的 RISC-V 原生上游社区——如意社区正是长期耕耘后结出的硕果。根据如意社区“RISC-V 内核同源”计划统计，截至 2025 年底，阿里、中兴等产业伙伴贡献的代码已超过总量半数。“企业主动参与，主要源于其自身业务需求与对这条技术路线的认可。”武延军说，发起者未必永远是最大贡献者，平台足够开放，产业力量自然汇聚于此。

厚植根基：做产业不愿做、高校做不了的事

对 RISC-V 生态建设来说，编译工具链、操作系统内核、关键基础组件这类底层软件，是一切上层软硬件应用赖以运行的数字底座。可这类工作投入大、周期长，短期很难产生直接的商业回报，企业缺少深耕动力；高校擅长单点突破，却难以实现面向海量真实产业场景的大型工程化落地。

“做国家有需要、产业不愿做、高校做不了的事情，正是我们作为国家队要扛起来的责任。”武延军说。

这份担当并非凭空而来。早在 20 世纪 80 年代，软件所便投身基础操作系统领域：参与国产 COSIX 操作系统攻关，率先探索 Linux 技术路径，完成数千万行安卓源码深度解析。几十年间，这里沉淀了程序分析、形式化验证、软件供应链安全等完整的技术体系，也培养出一大批骨干人才。

芯片撑起 RISC-V 生态的骨架，基础软件构成生态的血肉。想要生态真正运转起来，海量基础软件的迁移适配是绕不开的一关，这一度成为横亘在生态建设前的一道难关。软件所数十年积累的基础理论与底层工程能力，恰好在此时派上用场。

过去，一名资深工程师完成一款中等复杂度基础软件的迁移，往往需要数周乃至数月。照此速度，完成数万款基础软件适配可能需要十年以上，产业落地等不起。软件所研究员王伟带领团队瞄准这一痛点，探索出“神经符号融合”路径：以程序分析、形式化验证等确定性方法托底，借助人工智能大模型提升迁移效率；针对 RISC-V 领域样本不足、模型容易出错的短板，把工程师沉淀的工程经验提炼为标准化规则，搭建专属知识库，为模型划定可靠边界。目前，这套自主研发的迁移工具已经落地 openEuler 等国产开源操作系统社区，原本数月的工作量，如今新手几周就能完成。

（下转第 2 版）



关于为 2026 年度“两院院士评选中国 / 世界十大科技进展新闻”推荐候选新闻的启事

由中国科学院、中国工程院主办，中国科学院学部工作局、中国工程院办公厅及中国科学报社承办的“两院院士评选中国 / 世界十大科技进展新闻”活动（以下简称“双十”活动）自 1994 年启动至今已成功举办了 32 届，取得了积极的社会反响。

2026 年度“双十”活动目前已正式启动，诚请符合要求的单位和推荐人积极推荐。

一、征集范围及推荐要求

“双十”活动面向全社会广泛征集，并实行推荐制，要求如下：

（一）相关材料需有一名推荐人或推荐单位予以推荐，不受理个人直接申报；

（二）推荐材料主体为上一自然年度 12 月 16 日至本年度 12 月 15 日期间在主流媒体（包括但不限于新华社、《人民日报》、中新社、《中国科学报》、《科技日报》、《光明日报》、《中国青年报》等）上公开发表的科技进展新闻；

（三）若同一条新闻同时收到推荐人、推荐单位两方推荐，以单位推荐为准。每位推荐人最多可推荐 2 条中国科技进展新闻和 2 条世界科技进展新闻，每家单位最多可推荐 5 条中国科技进展新闻和 5 条世界科技进展新闻。

二、材料填报要求

推荐人或推荐单位需填写《“双十”推荐材料》（可查看科学网或微信公众号启事链接）、推荐人 / 推荐单位信息表及相关承诺声明（可查看科学网或微信公众号启事链接），生成电子文件并完成签名后，在 2026 年 12 月 15 日（含）前报送至工作组指定邮箱。推荐材料包括新闻链接、创新点、学术影响力、新闻传播数据等内容。推荐人和推荐单位对推荐材料内容的真实性负责。

三、推荐人要求

推荐人应具备下列条件：

（一）为推荐新闻相关领域的研究员、教授或同等专业技术职务的专家、新闻工作者等；

（二）与所推荐新闻对应的科技进展无合作关系；

（三）不得为该科技进展的牵头人或作者。

四、推荐单位要求

推荐单位可推荐本单位或其他单位牵头的科技进展新闻，推荐单位应具备下列条件之一：

（一）具备自主研发能力的科研院所、高校、科技企业；

（二）主流媒体单位。

五、征集事项咨询

工作组联系人：李舒曼

工作组指定邮箱：smli@stimes.cn

电话：

（010）62580726，13651188901

科学家在纳米尺度“织”出高科技“布”

本报讯（记者崔雪芹 通讯员岳思聪）浙江大学教授黄飞鹤 / 李光锋团队联合美国得克萨斯大学奥斯汀分校教授 Jonathan L. Sessler 等，成功构筑了一种二维网状三轴分子编织结构（TWPN），为分子编织迈向更高阶、更复杂的拓扑体系提供了新范式。近日，相关研究成果发表于《自然》。

分子编织类材料在强韧性、环境适应性、功能性等方面具有独特优势。目前，化学家已经开发出各种各样的分子编织材料，但其中大多数是双轴结构，即分子结构中有横向和纵向两个方向。科学家构筑这种分子编织材料时，最常用的方法就是通过“穿针引线”，把长链的聚合物分子“织”在一起。近年来，科学家又进一步发展了三轴编织，额外引入第三个方向，使各角度受力更加均匀分散，也使其宏观上表现出更加优异的性能。然而，构筑二轴编织材料所采用的“穿针引线”法，在三轴编织方面有些力不从心，这就好比传统的纺织机很难纺出现代纺织品所需的高级纹样。

为突破传统方法在编织维度上的限制，研究团队摒弃传统构筑思路，创新性地选用 C_3 对称的大环分子 MCN_3 和联苯二硼酸酯单体 DB_2，通过配位 B－N 键驱动聚合，首先构筑出二维网状的“网片”结构，并以此“网片”为基本构筑单元，进一步组装形成具有三轴交错特征的 TWPN。

新的方法赋予了材料新的应用场景和想象空间。比如，传统的拓扑手性分子通常只包含个别手性交叉点，而用新方法构筑的 TWPN 网络则是连续的聚合物网络，单张纳米片就包含数以亿计的同手性交叉点，团队将其命名为“微米拓扑手性”，这为构筑连续手性二维材料提供了新平台。再比如，三轴编织拓扑赋予材料独特的力学性能。实验显示，TWPN 晶体在受到压力时，柔性的大环发生弯曲，吸收应力，而刚性的编织节点则能保持几何形状，并重新分配应力。“刚柔并济”的结构赋予其特殊的力学性能，使得 TWPN 晶体拥有更好的强度和弹性。除力学性能外，TWPN 还表现出了良好的功能性。大环与三轴编织拓扑的协同给材料带来了丰富的孔道，在化工原料分离方面表现优异。

相关论文信息：*https://doi.org/10.1038/s41586-026-11218-8*



倡导“实际型叙事”，给世界一个切合实际的科学希望

■张小曳

未来比较切合实际的升温水平究竟是多少？从科学决策和国家战略而言，如果科技界能够给出比较符合实际的升温区间甚至升温水平，其价值是不可替代的：第一，了解未来比较符合实际的增温水平，对于各国衡量自身减少人为二氧化碳排放、减缓气候变化的潜力非常重要；第二，对于各国根据比较切合实际的未来增温水平制定适应战略并采取措施也非常重要。

事实上，当前国际气候变化领域占主导的话语体系延续着“危机型叙事”——偏爱强调在极端高排放情景下，一些重要系统都在加速恶化，却不愿充分关注现实的发展逻辑。同时，目前国际主导的话语叙事倾向于给出一个较宽的不确定性范围，并把责任推给未来社会经济路径的不可预知性。我们既不能把气候变化完全政治化、道德化，也应当避免陷入消极的气候变化虚无主义。

破除“两极”迷思：1.5℃目标面临现实挑战

全球科学家的一系列严谨论证表明，到本世纪末（2100 年），将全球升温控制在 1.5℃以内的目标，从工程和现实层面已经无法实现。

国际上原本希望全球二氧化碳排放量在 2022 年前后整体达峰。但纵观全球三大主要二氧化碳排放地区，欧洲早在 30 年前达峰，北美在 20 年前达峰，而作为全球制造业中心的东亚预计要到 2028 年前后达峰。不仅如此，1.5℃路径暗含了一个假设：在达峰后，需要大规模依赖激进且尚不具备商业可行性的负排放技术，通过大量移除二氧化碳实现净零排放。

这与中国式现代化的能源转型逻辑不相符。中国的碳中和，核心是用自主可控的非化石能源支撑经济社会的持续高质量发展，彻底打破数百年来化石能源支撑经济社会发展的旧体系。按原定的 2030 年前达峰测算，中国排放峰值与 1.5℃目标所要求的排放水平尚有 57 亿吨的巨大差距——这意味着我国要在此达峰的基础上立刻减半排放，这在发展中国家推进现代化的进程中是违背客观规律的。

反过来，极高排放情景在现实中发生的概率同样极低。为什么？主要是因为中国可再生能源产业的规模化应用与激烈的市场竞争，彻底把光伏、风电在电网端的综合平价上网成本“打”了下来。这直接重构了全球能源版图。

极低排放和极高排放两种极端情景都越来越不符合现实，未来全球切合实际的升温区间已经收窄。中国科学界必须推动全球正面回答未来比较符合实际的路径究竟在哪里。

突破既有框架：中国自主构建“切合实际的全球创新路径”

长期以来，全球气候情景的设计由“全球北方国家”的学术机构主导，现在中国作为全球南方国家的代表，构建了具有自主知识产权的、切合实际的高精度全球排放情景（SSP2-com）及其动态演化框架。

这项由中国气象科学研究院与清华大学的团队协同完成的成果，一方面锚定了真实政策，以我国的碳中和路径为主线，统筹考虑全球各国的实际减排承诺和未来碳中和目标，构建了时间延伸至 2500 年的全大气成分谱系排放情景，全面覆盖二氧化碳、甲烷、氧化亚氮及所有反应性气体与气溶胶排放。另一方面提高了预估精度，我国科学家主导的 8 个地球系统模式，基于我国提出的全球排放情景开展未来气候变化预估，发现在我国碳中和驱动下本世纪末全球升温可能低于 2℃，并将亚太地区的气候预估空间分辨率提高到 10 公里。

如果全球采取 SSP2-com 情景所提出的减缓气候变化行动，未来气候变化的核心时空轨迹如下。2025—2050 年：由于气候系统本身的历史惯性和自然变率，全球将经历一段“惯性升温期”。这是人类必须共同面对并积极适应的窗口期。21 世纪 50 年代后期前后：全球大气中的二氧化碳浓度将达到峰值（约 482.5ppm），随后平缓下行；全球平均地表温度将在 21 世纪 60 年代后期达峰，之后有所下降。2100 年：全球平均地表升温中位数将会在 2℃以下。若之后大规模采取负排放技术移除二氧化碳，全球表面平均温度还将进一步下降。

科学重塑认知：绝大部分气候灾难完全可以有效避免

如果各国能够采取积极的气候行动，将升温控制在类似 SSP2-com 情景的 2℃水平，地球系统的一些关键组成并不会发生不可逆变化或走向崩溃。人类采取切实的气候行动，完全能够避免大部分灾变。

比如，过去部分模型依据极高排放情景，预估大西洋经向翻转环流可能不断减弱，将引发类似于灾难电影《后天》中夏季北大西洋沿岸极寒与风暴的极端情景。但在全球升温控制在 2℃左右的路径下，2050 年后，经向翻转环流的减弱趋势基本停止，随后趋于平稳，灾难性崩溃会得到有效规避。高排放情景下海平面大幅上升的风险极高。但在 2℃目标下，到 21 世纪 50 年代初，海平面上升幅度相对可控（约 18~20 厘米），从数百年尺度上看，海平面上升仍处于工程设防与社会适应能力可应对的范围之内。

气候变化并不意味着人类只能走向越来越糟糕的未来。在当前国际话语体系中，“希望”（Hope）这个词几乎成了学术禁忌，甚至在论文标题里出现都会受到百般质疑。我们要反对气候变化“危机型叙事”，建立一种将审慎对待危机与科学指明希望相统一的“实际型叙事”。

坚实底座与行动底气：引领绿色转型新文明

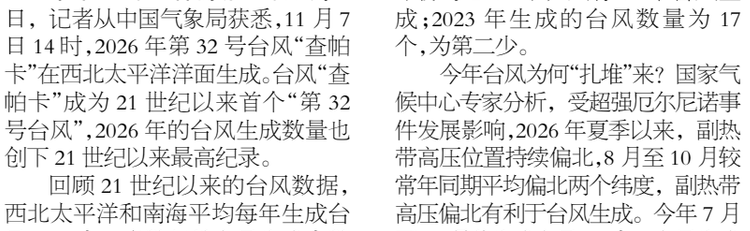
这种“实际型叙事”及其预估结果的背后，有来自我国国家级核心业务平台——中国气象局温室气体监测核算与校验支撑系统（CCMVS）的支撑。该系统综合利用全球高精度地基观测站、我国 186 个高精度地基观测站和多颗国际卫星的数据，通过监测大气中的二氧化碳浓度，反推出人类活动排放了多少二氧化碳，同时估算森林、土壤等陆地生态系统吸收了多少二氧化碳，从而为摸清碳排放家底和开展碳排放核算提供数据支持。

更重要的是，科学话语权的根本依托在于我国能源转型取得的无可辩驳的现实成就：目前，全国每消耗 10 度电，就有超过 4 度来自非化石能源；到 2030 年前后，我国非化石能源发电量占比有望跨过 50% 的历史性门槛；到 2035 年，我国年清洁能源发电量有望跃升至 7 万亿千瓦时以上。

重构国际气候治理叙事，我们要立足四大支柱。反对泛化“前所未有”：尊重气候变化的客观规律，不盲目夸大其词；直面“系统锁定升温”：承认短期内必须共同面对并适应的升温惯性；强调“灾难并非不可避免”：坚信切实的气候行动能够避免系统崩溃；点亮“切合实际的希望”：用理性、实事求是的科学态度重塑全球治理格局。

我们绝不能搞气候变化虚无主义。面对将全球升温控制在 1.5℃内已不现实的严峻事实，既不盲目唱道德高调，也不自暴自弃。只要全世界正视客观规律，接受 2℃这一切合实际的行动目标，中国就能够凭借绿色能源转型的实际成就与科学贡献，引领全球达成《巴黎协定》目标，拯救人类共同的地球家园。

（作者系中国工程院院士、中国气象科学研究院研究员，本报记者孙滔据其在 2026 年“数智赋能地球系统科学创新”论坛上的报告整理）



11 月 7 日，“土生土长——土壤特展”在上海自然博物馆（上海科技馆分馆）开幕。展览涵盖五大板块，融入土壤动物及土壤冷知识科普，展示土壤的形成与各圈层关系，揭示土壤与文明、食物、健康的关系，展示土壤的退化危机与保护利用，呈现土壤面临的压力与困境。展览另设有 13 个互动展项以及“土气 SPA”多感官疗愈空间等 4 处特殊空间。本次展览持续至 2027 年 3 月 31 日。图为观众和展品互动。

本报记者江庆龄报道 上海科技馆供图

今年台风数创 21 世纪新高

本报讯（记者高雅丽）11 月 9 日，记者从中国气象局获悉，11 月 7 日 14 时，2026 年第 32 号台风“查帕卡”在西北太平洋洋面生成。台风“查帕卡”成为 21 世纪以来首个“第 32 号台风”，2026 年的台风生成数量也创下 21 世纪以来最高纪录。

回顾 21 世纪以来的台风数据，西北太平洋和南海平均每年生成台风 24.3 个，多数年份台风生成个数在 20~30 间浮动。多年统计中，只有 2004 年、2013 年两年台风生成数量达到或突破 30 个，其中 2013 年生成 31 个台风，是此前台风生成数量的最高纪录。而 27 年中，台风生成数量低于 20 个的年份仅有两个：最少的年份为 2010 年，只有 14 个台风生成；2023 年生成的台风数量为 17 个，为第二少。

今年台风为何“扎堆”来？国家气候中心专家分析，受超强厄尔尼诺事件发展影响，2026 年夏季以来，副热带高压位置持续偏北，8 月至 10 月较常年同期平均偏北两个纬度，副热带高压偏北有利于台风生成。今年 7 月至 10 月共生成台风 23 个，台风生成数量和登陆数量较常年同期明显偏多，台风强度整体偏强。而今年的秋台风主要呈现生命史长、强度极值高、多转向的特点，9 月 1 日至 11 月 9 日共生成 9 个台风，其中有 6 个达到超强台风级别，但并无台风登陆我国。