

共迎 AI 时代：全球开放科学从理念走向行动

■本报记者 高雅丽

近日，以“共迎 AI(人工智能)应用新时代——开放·包容·合作”为主题的2026 中关村论坛年会开放科学国际论坛在京举办。论坛发布的《全球开放科学成熟度指数监测报告》显示，2024 年，全球开放获取(OA)论文占比平均达到61.7%，与此同时，193 个国家的开放科学成熟度指数平均增长步伐缓慢。

在这份“喜忧参半”的全球图景面前，开放科学如何“落地”？怎样推动形成“共商、共建、共享”的全球开放科学治理新格局？与会专家认为，要关注 AI 对科研范式的影响，构建开放包容、互利共赢、安全有序的科研创新生态。

加强开放科学基础设施建设共享

作为应对全球性挑战、实现可持续发展目标的关键路径，开放科学日益依赖坚实的信息基础设施支撑。

论坛发布的《北京开放科学发展报告》显示，2019 年至 2024 年，北京开放科学发展指数从 66.2 提升至 124.7，持续稳定增长，年均增速 13.5%。其中，实践活力维度对总指数增长的贡献最显著，成为指数增长的核心驱动力。

中国科学院青藏高原研究所副所长、国家青藏高原科学数据中心主任李新指出，中国在开放科学领域的实践已走在世界前列。“20 个国家科学数据中心在全球科学数据开放评估中处于前列。”

李新介绍，其中，国家青藏高原科学数据中心不仅服务国内科研，也与尼泊尔国际山地综合发展中心等共建“一带一路”国家的机构建立了深度合作机制，为环喜马拉雅地区乃至全球高山区域的科学研究提供了重要支撑。

从更宏观的全球视角看，《全球开放科学成熟度指数监测报告》对联合国 193 个会员国进行了 2014 年至 2024 年的系统监测。报告显示，2024 年，全球开放获取论文占比平均达到 61.7%，114 个国家

达到这一水平，国际合作论文数量在经历 2023 年的短暂下降后出现回升。

然而，报告也揭示出不容忽视的结构性问题。“2024 年，全球开放科学成熟度指数平均值为 0.346，10 年间仅从 0.332 提升到 0.346，呈现低位缓增态势。”中国科学院文献情报中心开放科学研究中心主任黄金霞介绍，“高成熟度国家持续改善，低成熟度国家基本停滞，两端差距逐渐拉大，约 1/4 的国家长期处于 0.27 以下的极低水平。”

中国科学院文献情报中心主任刘细文指出，开放科学信息基础设施已成为开放科学治理的关键，未来国家科技竞争力将在很大程度上体现为拥有数据的体量、质量和可及性。

刘细文表示，2003 年至今，从论文开放获取到数据银行建设，从开放科学十年战略到全球开放科学信息基础设施共享网络倡议，中国正从开放科学的参与者、贡献者向规则塑造者迈进。

联合国教科文组织东亚多部门地区办事处主任夏泽翰对中国的实践给予高度评价。他认为，中国将 500 米口径球面射电望远镜等大科学装置向全球开放，充分体现了中国对全人类科学发展的责任与担当，也为全球开放科学合作树立了典范。

从“原则”到“规则”的艰难跨越

开放科学如何从理念走向行动，从原则走向可落地的实施规则，成为多位专家共同聚焦的问题。

“我们面临的是复杂大系统问题——气候变化、生物多样性丧失、生态系统退化、资源短缺、环境污染加剧，可持续发展面临重大挑战。”中国科学院院士、中国科学院地理科学与资源研究所研究员于贵瑞系统阐述了资源环境领域科学研究的范式变革需求。

于贵瑞认为，传统的分科式研究已

不足以应对当前挑战，必须向全要素、跨尺度、智能化、网络化、长期的综合研究范式转变。开放科学为此提供了方法论基础，但真正落地需要基础设施建设、数据标准化、激励机制设计等多方面的系统推进。

针对这一困境，刘细文从信息基础设施角度作出了分析：“当前的问题不是考虑开放不开放，而是考虑如何开放、如何控制、如何治理。”

刘细文提出，开放科学信息基础设施不是单一平台的竞争，而是区域网络、平台设施、国家节点、全球公用网络的协同体系。“需要解决的核心问题不是谁替代谁，而是通过共享机制、互操作机制，建立包容性的制度模式，把分散的节点连接起来。”

南非科学院学术出版项目主任苏珊·维尔德斯曼分享了发展中国家的实践与挑战。她以南非 SciELO 平台为例，讲述了从 2009 年加入巴西平台，经历多年培训支持，到逐渐成长为自主运营社区的过程。

她同时坦言，南非仅有百余种期刊，其中只有半数实现互联，资源有限、财务困难仍是现实瓶颈。“我们必须在开放标准、元数据规范、能力建设等方面下功夫，特别是对新兴研究者提供支持。”

AI 让开放科学迎来范式转换新机遇

AI 正在深刻改变科研范式，重塑开放科学的内涵与路径。论坛嘉宾认为，AI 与开放科学的深度融合既是机遇也是责任，将推动科研模式向更高效、更普惠、更透明的方向发展。2021 年，联合国教科文组织通过了《开放科学建议书》和《AI 伦理建议书》，强调发展 AI 的价值导向。

“AI 取代不了自然科学研究，但理性的科学发现不以 AI 技术作为助力，是没有智慧的。”于贵瑞认为，AI 为解

决复杂大系统问题提供了有效工具，也提供了快速整理和利用历史积累的科学知识的工具。他呼吁：“AI 和开放科学的研究者要脚踏实地走进自然科学、资源环境科学，共同推进学科发展。”

中国科学学与科技政策研究会名誉理事长穆荣平认为，凝聚全球治理合力，需要将“共商、共建、共享”转化为 AI 时代的底层运行机制，制定 AI 科研的全球规则、打造非营利性全球智能科学基础设施、建立更公平的激励网络并跨越数字鸿沟。

李新从地球科学研究实践出发，指出过去科学数据界强调的 FAIR 原则——可发现、可获取、可互操作、可重用，仍在推进，但到了 AI 时代，仅靠 FAIR 原则是不够的。

“现在经常提的一个新原则叫 AI Ready，就是 AI 就绪或者智能就绪。”李新表示，“它与 FAIR 的区别需要从理论、标准、执行上梳理得更清楚，而且要尽快有一些大规模的实践。”

李新认为，无论是训练基础模型，还是支撑联合国可持续发展目标，都需要真正 AI Ready 的数据和基础设施。泰国科学与研究创新办公室(TSRI) 开放科学政策项目首席科学家威布尔·皮亚瓦塔纳梅塔则指出了 AI 数据中的“偏见”问题。

“当前，大多数 AI 训练数据来自北方国家，这造成了数据偏见。”威布尔表示，“医学领域的例子表明，少数族群、亚洲人群的数据未被充分考虑，这会带来严重问题。”他呼吁通过多边合作平台，帮助发展中国家建立符合自身需求的开放科学平台。

开放科学的未来在于全球协作，而中国正成为这一网络中的重要节点。正如穆荣平所言：“只有建立起互信、互通、互惠的国际协同机制，才能真正驾驭技术洪流，让 AI 驱动的开放科学成为造福全人类的强大引擎。”

专家解读 token 中文名为何定为“词元”

本报讯(记者高雅丽)近日，全国科学技术名词审定委员会发布《关于发布试用人工智能领域名词 token 中文名“词元”的公告》，决定在综合考量社会各界意见建议的基础上，优先推荐“词元”作为人工智能领域名词 token 的中文名，并面向全社会发布试用。

“词元”这一定名符合单义性、科学性、简明性、协调性等科技名词审定原则。该定名经全国计算机科学技术名词审定委员会审定后，由全国科学技术名词审定委员会批准向全社会发布试用。

清华大学计算机系副教授东昱晓认为，“词元”的定名捕捉了其在人工智能语言模型中作为“基本离散符号单元”的本质，又可以通过类比自然延伸多模态领域。在“词元”这一定名中，“词”点明其在语言场景下的根源，体现出 token 与表达对象语义的密切关联；“元”传达出“基本单元”之意，与“元素”等术语中的“元”保持一致的语义脉络。

“token”一词源于古英语 tæcen，意为“符号”或“标记”。在语言模型中，token 是文本经过切分或字节级编码后得到的最小离散单元。它既可能是人类语言意义上的词串、单个词，也可能是词根、词缀、子词或单个字符。语言模型通过对 token 序列建模，展现出一一定的智能水平。

全国计算机科学技术名词审定委员会副主任委员兼人工智能分委员会主任委员、中国科学院计算技术

研究所研究员陈熙霖表示，“词元”一词可以将“作为语言基本语义单元”这一最初本质清晰表达出来，更贴合其在人工智能中的初始角色。

随着大模型从纯文本走向多模态，“token”所指已经扩展。图像被切分为“图像块”并映射为嵌入序列，语音片段可以被量化编码为离散单元。这些单元在多模态模型中同样被称为 token，主要建模手段仍为序列模型。

此时，“词元”中的“词”超越了人类语言意义上的“词”，却能暗合术语命名中普遍存在的类比思维——将非文本模态的离散基本单元也视作“广义的词”。这种用法与“词云”(word cloud)、“词袋”(bag of word)类似，虽由文本衍生，但已成为人工智能领域中表达更广泛语义的通用术语。“词元”在跨模态场景中承载了“离散基本单元”的语义，这种语义普遍存在于所有模态之中。

在中文文献、技术文档及学术交流中，“词元”作为描述大模型中 token 的译名，逐渐被学术界很多学者认同。token 是模型将数据映射为离散符号序列的基本单位，本身并不携带智能，只是承载信息的载体；与“嵌入”“注意力”“隐状态”等术语并列时，保持了风格一致性；符合中文“二字词”偏好，表述简洁，易于传播。

国家数据局数据显示，2024 年初，中国日均词元(token)调用量为 1000 亿；至 2025 年底，跃升至 100 万亿；今年 3 月，已突破 140 万亿，两年增长超十倍。

发现·进展

中国科学院海洋研究所等

揭示类中部型厄尔尼诺 - 南方涛动变弱机制

本报讯(记者廖洋 通讯员张建鑫)近日，中国科学院海洋研究所海洋中小尺度动力学研究组联合美国夏威夷大学、南京信息工程大学团队，发现热带太平洋表层的湍流混合是导致类中部型厄尔尼诺 - 南方涛动事件更加频繁、强度减弱的关键机制之一。相关成果发表于《气候杂志》。

在以往多数气候模型中，海洋次表层的湍流混合强度常被设定为一个固定值。但实际观测表明，它是随时间和空间剧烈变化的。团队首次利用 40 年的高分辨率模拟数据，揭示了这种混合与海表风场的强耦合关系，并成功构建了其随海表风应力而变化的统计经验模型。

团队将这一新次表层混合经验模型嵌入中间型耦合模式，使原框

架下的常数混合改进为随风场而发生时空变化的量。改进后模拟的厄尔尼诺 - 南方涛动冷暖事件的冷暖核心位置均向西移动了约 20 个经度，温度降低了约 0.5 摄氏度，即更倾向于产生类中部型厄尔尼诺 - 南方涛动事件。

混合层热收支分析表明，垂直扩散项在东太平洋减小、中太平洋增大的变化调节了海洋中与湍流相关的热量垂直输送空间格局，从而主导了海表温度异常信号核心位置的西移；平流项的减弱则主导了厄尔尼诺 - 南方涛动振幅减弱，即湍流混合的变化同时削弱了海气耦合反馈，使厄尔尼诺 - 南方涛动成长得不如过去强烈。

相关论文信息：
<https://doi.org/10.1175/JCLI-D-25-0360.1>

中国农业科学院

发现禁牧并非“时间越长越好”

本报讯(记者李晨)近日，中国农业科学院草原研究所草地土壤健康培育与功能提升团队，基于我国草地生态系统 125 项研究的 4257 组观测数据，系统评估了禁牧对退化草地土壤有机碳含量和储量的影响，并进一步揭示了降水条件对禁牧固碳效应及其最优年限的调控作用。相关成果发表于《先进科学》。

禁牧作为退化草地恢复的重要自然解决方案，虽已被广泛应用，但“禁牧多久最合适”一直缺乏全国尺度的定量证据。

研究结果表明，禁牧可使土壤有机碳含量和储量平均分别提高 34.12% 和 24.56%，且这一恢复效应在高寒草原、草甸草原、典型草原和荒漠草原中总体上具有一致性。

进一步分析发现，禁牧促进土壤碳汇恢复并非“时间越长越好”，而是呈现明显的非线性变化规律。从全国

平均水平看，禁牧约 10 年即可达到平均恢复效应，之后增幅逐渐放缓。禁牧固碳效果在年降水量较高的区域随年限延长而持续增强，但在年降水量低于 200 毫米的干旱区则呈负效应。研究构建了全国尺度草地最优禁牧年限空间分布格局，为不同区域实施差异化禁牧年限管理提供了直接依据。

研究还表明，若在全国 70% 的退化草地实施禁牧，10 年内土壤累计固碳约 15.2 亿吨，相当于全球化石燃料年排放量的约 17%。与此同时，与补播、表土移除等恢复措施相比，禁牧具有更高的成本效益。这表明，禁牧不仅是提升退化草地土壤碳汇能力的重要手段，也可为我国退化草地恢复、草地碳汇管理以及气候变化应对提供重要科技支撑。

相关论文信息：
<https://doi.org/10.1002/adv.202522212>



全球首款具身角色智能机器人 Amoo 来了

3 月 27 日至 29 日，2026 年全球开发者先锋大会在上海举办，各类 AI(人工智能)前沿产品集中亮相。AI 智能体技术从专业领域走向大众视野，AI 陪伴机器人、AI 学习机器人、AI 情感陪伴机器人等受到青睐。

图为上海青心意创科技有限公司推出的全球首款具身角

色智能机器人 Amoo。它身高 80 厘米，搭载了多模态感知系统，能够融合听觉、视觉、触觉等多维感知信息，具备自主寻人、低功耗陪伴等全自主能力。更重要的是，它能够通过语言、表情、动作实现多维度的情感表达，让用户真正感受到“生命感”。

图片来源：视觉中国

“海葵手”温柔摘草莓

■本报记者 李晨 通讯员 谷雨

眼下正是草莓上市的季节。在南京市江宁区丰硕农场的高架草莓园里，翠绿的藤蔓间挂满鲜红的果实。

一台身形灵巧的履带式底盘机器人正慢悠悠地穿梭在垄间。它顶部的“眼睛”——深度相机通过快速扫描，精准锁定一颗成熟的草莓。随即，机械臂带动末端的柔性小“手”缓缓移动，四层硅胶触手如海葵般轻柔包裹住草莓，轻轻一拖、一转，一颗完整无梗的草莓便稳稳落入，并被轻轻放入收集筐。

这正是南京农业大学教授汪小昆团队研发的二代草莓采摘机器人。“平均 20 秒就能摘一颗草莓，抓取成功率达到 84%，采下来的草莓品相完好，跟人手工的几乎没差别。”汪小昆说，其核心成果为高架草莓的无损去茎自动化采收提供了全新解决方案。

仿生“海葵手”攻克轻柔抓取关

草莓皮薄、果小，采摘既要精细又要快速。工人弯腰摘一天累得腰酸背痛，而且成本年年上涨。

2021 年，团队启动草莓生产全程机械化项目，专攻草莓智能采摘装备研发。团队反复优化视觉识别、机械臂操控和柔性夹爪设计，做了大量田间试验，终于研发出这款能精准识别、轻柔采摘、自动去梗的全能机器人。

汪小昆介绍，传统夹剪一体式、气

吸式采摘器采下的草莓容易留下果梗，这些果梗会在运输过程中刺破、划伤相邻果实，造成损伤。如何避免这种情况？团队跳出传统思路，从海洋生物中获得了灵感。

“你看这个‘海葵手’，柔性材质，不会碰伤果实。”汪小昆介绍，“仿生式气动夹爪”主体采用柔性硅胶，仿照海葵进食行为设计，四层错位排列的柔性触手可完全包裹不同大小、形态的草莓。

此外，夹爪底部气动腔可通过气压调节实现触手智能收放，负压时触手向内贴合完成轻柔抓取，正压时舒展释放果实，完美适配草莓果皮柔软易损的特性，从根本上避免了机械损伤。

为实现草莓采摘后不留硬梗，团队专门为机器人设计了模仿人类采摘行为的“拖拽 - 旋转”动作。

当软爪完成柔性包裹抓取后，机械臂按预设程序进行精准拖拽与旋转，使草莓花梗与花萼的连接点自然断裂。“抓取后做‘拖拽 - 旋转’动作，像人摘草莓一样，既要平稳，又要让果梗自然断裂，难度大幅提升。”汪小昆说。

这一设计彻底解决了果梗残留问题，采摘的草莓无需二次处理，直接成为商品果。田间试验显示，采用此方式的采摘效果接近人工，损伤率大幅降低。

从初代剪夹一体结构到如今二代机型无损去梗，团队耗时 3 年多，持续优化软硬件，攻克了农业非结构化场景

机器人用“海葵手”采摘草莓。
南京农业大学供图

下的智能采摘难题。

智慧眼提升复杂环境作业效率

“最难的就是如何将人工智能技术应用到农业非结构化环境。工业环境相对固定，光线也稳定，但农业环境不一样，阴天、晴天、早晚光线差异很大，而且草莓形态各异。这些难点是最具挑战性的。”汪小昆说。

草莓密集生长，枝叶果实相互遮挡，是机器人“看准”和“抓稳”的另一大挑战。团队基于深度学习模型，提出了一套处理遮挡与抓取位姿调整的策略。

该策略通过综合评分机制评估簇生草莓间的空间关系，优先选择遮挡最少的采摘目标，并基于视觉反馈动态调整抓取位置。“这是一台深度相机，相当于机器人的‘眼睛’。它能分清草莓熟没熟，把信息传给‘大脑’，再指挥‘手’去采摘，每一步都精准可控。”团队成员黄慧星解释道。

而且，每次采摘尝试后，系统会迭



草莓牧场。

受访者供图