中国科学报

CHINA SCIENCE DAILY

总第 9109 期　2026 年 11 月 4 日　星期三　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

从万米深井到“梦想”号，我国海陆钻探如何不断向深、向远

■本报记者 刁雯蕙

我国首口万米深井完钻，“梦想”号大洋钻探船入列并完成多个航次试钻，陆上和海洋超深层油气勘探实现重大进展……近日，由中国科学院学部主办的科学与技术前沿论坛（海陆深钻与资源能源新领域）在广州举行。百余位专家围绕“陆地深钻的成就与挑战”“大洋钻探的成就与瓶颈”“深钻赋能资源能源新领域”等议题展开讨论，深入分析了我国海陆钻探工程向深、向远发展所面临的科学问题、技术瓶颈和突破路径，为我国在海陆钻探与资源能源新领域的发展提供了重要参考。



“梦想”号在大海航行。　广州海洋地质调查局供图

万米深井不是终点，是起点

我国已钻成 8000 米以深的超深井 300 余口，但万米深井一直是一道难以逾越的“天堑”，对超深钻探仪器、深部设备系统的开发提出了更高要求。

我国首口万米深井完钻，并在陆地万米深层首次发现天然气，钻探工程技术难度对标 13 项指标位居世界前列。

“打完万米井后，我们面临着许多新问题。”中国工程院院士孙金声指出，万米深井钻探带动了超深井钻机、高强度管柱、超硬钻头、抗高温材料和恶性井漏治理等关键技术的突破。但万米井之后，深部地质认识、极端工况工具材料、安全高效钻探等新问题更加突出。

一方面，万米井井身结构优化技术尚不完善，关键工具在超万米复杂环境下的可靠性和使用寿命等性能难以满足工程要求；另一方面，万米附近地层坍塌机理尚不清楚，缺乏有效的防治手段，井下动力装置、超深地层堵漏与安全预测等关键拓展工具仍不能满足要求。

孙金声建议，下一步要建设深地空间站国家科学基础设施，利用现有万米井开展仪器装备、工具材料验证转化，推进深地钻探数字化、智能化，实现地面与井下全流程闭环，集中攻关抗高温核心材料与元器件，构建自主可控的装备、工具、材料、软件技术体系，为保障国家能源安全提供支撑。

“梦想”号，向无限海域进发

地球由地核、地幔和地壳组成。海洋的地壳比陆地更薄，其莫霍面（地壳与上地幔的边界）位于大洋下约六七千米处。“打穿莫霍面、进入上地幔”是全球科学家长久以来的梦想。

深钻技术让人们不仅能了解地球深部组分和构造，还能深入理解地震、海啸等自然灾害，探索地球深部的资源。我国自主设计建造的首艘大洋钻探船“梦想”号在南海执行试钻，钻获多套火山角砾岩与玄武岩，初步验证了水深加钻深 5000 米级的作业能力。

“我们希望利用‘梦想’号去突破更多的重大科学问题，把中国海洋钻探带到全球海域。”广州海洋地质调查局研究员孙珍说。当前深海钻探还存在诸多技术卡点和瓶颈，如钻前选址存在基底定不准、位置定不准、深度算不准、岩性测不准等问题，以及取存硬岩钻探速度慢、取心效率低、钻头寿命短、钻井液污染样品等。

为此，应该在钻前围绕钻探目标高精度成像、位置与目标精准定位、钻中硬岩快速钻探取心装备技术、高温岩心内钻井液研发、随钻测井、高温通信、钻后井中观测等方面发力，逐级开展试钻检验，通过顶层设计协同解决前沿科学问题。

在海洋随钻测井技术和装备方面，中国科学院地质与地球物理研究所研究员赵亮认为，未来应重点攻关高温高压核心元器件与传感器、高速遥传与近钻头超前探测等技术，集成多物理参数一体化的测井模块，推进井下智能感知与数据闭环解释技术研发，完善国产化成套装备体系，支撑深水复杂油气安全高效开发和大洋科学钻探。

向深部走，要兼顾安全和高效

向深部进军，既是地球科学的前沿领域，也是保障资源安全的战略选择。“超深层勘探将成为未来重要储量增长极。”中国石油勘探开发研究院教授窦立荣认为，全球超深层勘探总体勘探程度仍极低，可能存在油气聚集的“黄金带”，资源潜力巨大。未来需强化超深层油气成烃－成藏机理研究和资源评估，开展地质－工程－智能一体化评价。

与会专家指出，未来大洋钻探不能只看“打多深”，更要看“为什么打、值不值得打、能不能安全高效地打”，要海陆联动，形成技术双向转化。

“陆地与海洋深部钻探不断获得发现，但安全与高效仍是两大核心问题。”中国石油大学（华东）教授孙宝江指出，深部钻探仍面临破裂压力窗口极窄、井喷风险高、机械钻速低等挑战。他分析了多元协同破岩、智能钻井等技术的发展方向，认为应加强井下参数优化、工具可靠性、试验平台和工业化验证，推动安全高效建井技术从试验走向规模应用，为深地、深海复杂油气勘探开发提供工程保障。

李强出席 2026 年世界互联网大会乌镇峰会开幕式并发表主旨演讲

新华社杭州 11 月 3 日电 11 月 3 日上午，国务院总理李强在浙江乌镇出席 2026 年世界互联网大会乌镇峰会开幕式并发表主旨演讲。

李强表示，世界互联网大会已连续举办 13 年。尽管技术发展日新月异，人们普遍关心的一个重大命题却始终没有变，那就是如何让互联网更好造福人类。习近平主席在 2015 年世界互联网大会上提出构建网络空间命运共同体理念，为解决互联网发展和治理问题提供了中国方案。借此机会，我同大家分享三点思考。

第一，互联网发展正在经历智能化变革和系统性跃迁。当前，互联网与人工智能等技术加速融合，已不仅是一种基础设施，更是全新生活方式，不仅是一种技术手段，更是产业变革动能，不仅是一种信息载体，更是智能生成力量，对经济社会发展产生更为广泛而深刻的影响。

第二，当今时代互联网发展需要更加突出以人为本的价值取向。互联网发展的最终目的，必须是促进人的全面发展。我们倡议构建网络空间命运共同体，就是希望互联网相关技术能够增强人的能力、拓展人的选择、彰显人的价值、增进人的福祉，而不能让人成为技术的附庸，更不能让技术加剧人类发展的分化。从这一考量出发，有几个问题尤其值得关注。一是“人与机器”的关系之辨。必须坚持人的主导性，让机器成为人类的可信工具。二是“算法模型”的伦理之思。要坚持向上向善，用全人类共同价值筑牢新技术发展底座。三是“数实融合”的安全之虞。需要更加可控的技术创新、更加严密的安全防范、更加充分的协同合作，更好统筹发展和安全。四是“数智鸿沟”的公平之治。要让技术进步的成果真正为全社会成员共享。

第三，携手构建网络空间命运共同体。要坚持科技赋能，开拓新的发展空间。中国将坚持开门搞创新，促进技术转移和知识共享，与各国一道打造开放包容、充满活力的数字创新生态。要坚持可信可控，筑牢数字安全屏障。中国将始终尊重各国网络安全合理关切，同舟共济应对安全挑战，反对构筑“数字铁幕”。要坚持普惠均衡，推动数字红利共享。中国将积极落实全球发展倡议，支持全球南方国家建设数字基础设施、提升数字技术能力。要坚持开放对话，完善多边治理体系。中国将坚持共商共建共享，推动全球互联网治理朝着更加公正合理的方向前进。

西班牙副首相迪亚斯等出席开幕式并致辞。多国政府官员、联合国等国际组织负责人、全球互联网企业代表以及专家学者约 1800 人参加开幕式。

开幕式后，李强巡视“互联网之光”博览会、乌镇世界互联网科技馆。

李书磊参加上述活动。

（伍岳 商意盈）

罕见变异在玉米复杂农艺性状遗传中有重要作用

本报讯（记者李晨）中国农业大学教授赖锦盛、宋伟彬团队通过对 3367 个玉米基因组进行深度测序，揭示了罕见变异在性状遗传力中具有重要贡献，并阐明了自然和人工选择如何重塑这些变异对复杂性状的影响。相关成果近日发表于《细胞》。

次要等位基因频率（MAF）是指在给定群体中，第二常见的基因型（次等位基因）出现的基因频率。MAF 是区分“常见变异”（MAF≥0.05）与“罕见变异”（MAF＜0.05）的关键指标，广泛用于全基因组关联分析。尽管在大多数作物基因组中，罕见变异的数量远超常见变异，但它们对农艺性状的全基因组影响及其育种潜力仍不明确。人们迄今仅鉴定出极少数与重要农艺性状相关的罕见变异。

作为全球最重要的作物之一，玉米经历了强烈的自然和人工选择，推动了其在不同环境和育种阶段中关键农艺性状的显著定向变化。研究团队对 3367 个多样化的优质玉米自交系进行了深度全基因组测序，发现了 7530 万个变异位点，其中 79.2% 为罕见变异，进而系统探究了罕见变异对农艺性状的影响。

该研究鉴定了 10 个农艺性状的 411 个独立关联信号，其中 359 个可归因于全球范围内的罕见变异，且罕见变异的效应大小约为常见变异的 2.4 倍。分析表明，罕见变异在强适应性选择性状中捕获了相当一部分表型变异，这与性状相关变异等位基因频率从热带玉米中的常见向温带玉米中的罕见转变的趋势一致。

此外，这 3367 个深度测序的多样化基因组提供了宝贵的资源，包含近 3 万个蛋白质编码基因的天然敲除（KO）突变，可作为高质量的参考面板加以使用。

该研究强调了罕见变异在玉米复杂农艺性状遗传结构中的重要作用，为未来的功能研究和育种提供了急需的重要资源。

相关论文信息：

https://doi.org/10.1016/j.cell.2026.09.063

海洋预报『妈祖』升级 2.0 五年迭代攻关

据新华社电 国家海洋环境预报中心 11 月 1 日正式发布“妈祖”海洋预报数值模式 2.0 版本，标志着自然资源部组织实施的我国海洋预报“芯片”工程再获重大突破。

记者 11 月 1 日从自然资源部获悉，在当天开幕的第十一届世界妈祖文化论坛上，“妈祖”海洋预报数值模式 2.0 版本正式发布。经过 5 年迭代攻关，“妈祖”模式 2.0 版本实现预报分辨率、应用场景和自主可控水平全面跃升。

海洋数值模式是认识、开发海洋和防灾减灾的重要支撑。过去，我国海洋预报长期依赖美欧数值模式。自然资源部组织实施了海洋预报“芯片”工程，分别于 2021 年、2023 年成功研发“妈祖·海流”“妈祖·海浪”数值模式 1.0 版本，海洋数值预报迈入自主化、谱系化发展新阶段。

“妈祖·海流”2.0 版本发展了统一动力核心数值模拟技术，能够实现从全球到局部海域的可变分辨率模拟。该技术将推动我国海洋环境预报向全球公里级分辨率迭代，有力支撑深海工程、极地考察、海上通道安全等。

“妈祖·海浪”2.0 版本引入了新的海浪物理方案，大幅提升了对台风大浪过程的模拟精度，拓展了涌浪及最大波高预报等应用场景。这一版本实现了在国产信创设备上的优化适配，进一步提高了模式自主可控水平。

据国家海洋环境预报中心“妈祖”数值预报模式研发团队专家张宇介绍，经检验评估和院士专家评审，新版本对中小尺度海洋过程的刻画能力显著增强，海水温度、盐度和流速的预报效果已达国际先进水平。海浪有效波高预报精度与国际权威模式相当。

目前，“妈祖”模式已代码开源并在沿海省级预报机构全面部署，还多次向印度尼西亚、孟加拉国等开展技术培训与模式移植，实现了我国自主海洋预报模式向国际推广应用。

据介绍，“十五五”期间，国家海洋环境预报中心将探索“妈祖”模式与人工智能协同发展，推动国产海洋卫星数据同化应用，形成全链条自主可控的海洋预报业务能力。　（王立彬）



11 月 3 日，2026 中国国际社会公共安全产品博览会（以下简称安博会）暨第三届智能与安全产业发展大会在京开幕，并将持续至 11 月 6 日。本届安博会以“智能引擎 重塑安全”为主题，设立人工智能 / 具身智能馆、智慧警务 / 低空安全馆等多个展馆，集中展示了安防行业大模型、公共安全专用智能体、具身智能装备、智能执法装备等软硬件创新成果。

本届安博会跳出传统安防范畴，拓宽应用赛道，展示内容覆盖智能制造与安全生产、韧性城市智慧运营、视频系统数字安全、智能家居与数智民生等场景，通过解决方案的深度拓展，推动安防行业向全域安全、赋能千行百业转型。

图为两栖智能球形机器人。

本报记者李惠钰摄影报道

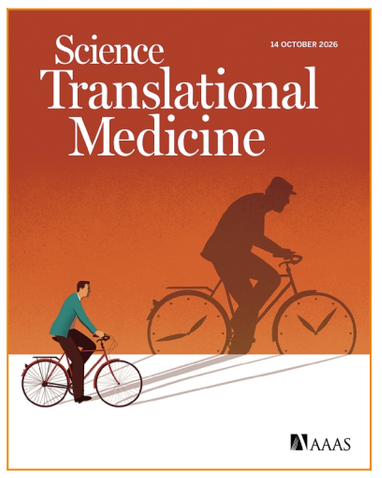
科学家开发出 AI 驱动的代谢衰老测量和慢病预警技术

本报讯（记者江庆龄）上海交通大学医学院附属仁济医院教授卜军团队联合上海交通大学研究员钱昆团队，通过整合大规模临床人群、高通量代谢检测和人工智能（AI）分析，系统刻画了贯穿全生命周期的血浆代谢特征，并将代谢分子变化与慢性疾病、死亡风险及多病共存等临床结局相联系，为将血浆代谢组学作为一种可扩展且可进行临床解读的框架提供了证据。相关成果近日发表于《科学－转化医学》，并入选当期封面文章。

研究团队利用自主研发的高通量固相质谱检测与 AI 集成学习技术，分析了来自中国 6 个中心的 18476 名参与者的血浆代谢组，年龄覆盖 1 至 96 岁，随访约 6 年。在此基础上，团队描绘了从出生至衰老全生命周期的血浆代谢变化特征，筛选出 56 个代表性年龄相关代谢特征，并进一步揭示相关代谢指标与心脑血管、肿瘤等各种慢病，全因死亡风险及多病共存负担之间的联系。

团队进一步开发了一个名为“代谢组年龄加速”（mAA）的检测指标，旨在量化个体的代谢年龄及代谢状态相对于实际年龄的偏离。随着队列人群年龄的增长，该指标与高血压、脂肪肝、糖尿病等慢性疾病以及全因死亡风险的升高相关。在全因死亡分析中，mAA 每增加一个标准差，对应的死亡风险约升高 50%。

在此基础上，团队研究了一个疾病队列，并开发了名为“年龄偏差”的代谢指标。在患有更严重和全身性疾病的患者中，该指标的数值更高，并能预测多病预后及死亡风险。在纵向随访队列中，生活方式及慢性疾病管控对代谢衰老有影响。相关数据为健康生活科普和主动健康管控对衰老与慢病的影响提供了真实世界的证据。



《科学－转化医学》当期封面。　上海交通大学医学院附属仁济医院供图

这项研究为深入认识人体发育与衰老的代谢规律、探索基于血液分子信息的健康风险分层及个体化健康管理提供了新的科学依据，同时利用一管血浆的代谢特征检测，把衰老速度变成了可量化临床指标，从而达到临床监测与干预的目的。

相关论文信息：

https://doi.org/10.1126/scitranslmed.adz4815

美国批准强效艾滋病药物仿制药

寰球眼

本报讯 据《科学》报道，11 月 2 日，美国食品药品监督管理局（FDA）正式批准了艾滋病预防药物——注射用来那帕韦的仿制药。一剂仿制药可提供 6 个月的艾滋病病毒（HIV）感染保护，其印度生产商瑞迪博士实验室承诺以每人每年仅 40 美元的价格销售该药。美国监管机构这一决定，有望加快强效艾滋病预防药物在感染率高的低收入国家的交付。

来那帕韦由美国生物制药公司吉利德开发，2025 年 6 月 FDA 批准其为“暴露前预防”药物。两剂药即可提供一年的保护，费用约为 2.8 万美元。吉利德此前已同意以非营利价格向全球防治艾滋病、结核病和疟疾基金会（以下简称全球基金会）提供来那帕韦。据消息人士透露，价格为每人每年 120 美元。全球基金会目前为 100 多个国家的疾病预防和治疗工作提供资金。

此外，吉利德还允许 6 家仿制药生产商为 120 个中低收入国家生产来那帕韦。其中，瑞迪博士实验室是首家获得 FDA 批准生产仿制药的制药公司。

“我们希望在今年底前将产品交付相关国家，这是让暴露前预防惠及所有需要的人的关键一步。”克林顿健康倡议组织（CHAI）副主席 Carolyn Amole 说。该组织帮助相关部门与瑞迪博士实验室就药物价格进行了谈判。

南非约有 800 万 HIV 感染者，接近全球总数的 20%，其口服暴露前预防药物的购买量最多。瑞迪博士实验室目前承诺的价格与南非政府为每人每年承担的口服暴露前预防药物价格相当，这尤其有利于南非及邻近国家的年轻女性，其 HIV 新发感染率居世界首位。

此前，来那帕韦推广缓慢。迄今在 10 个受 HIV 严重影响的非洲国家，仅有 12.5 万人通过全球基金会获得该药。仿制药将解决供应难题。不过，来那帕韦仿制药仍须获得各国批准，瑞迪博士实验室已经在一些地区提交了所需的文件，而 FDA 的批准通常会加快其他地区的审核进程。

CHAI 希望，到 2030 年，全球有 2000 万人使用来那帕韦，其中 900 万人在非洲。Amole 说，如果其他仿制药公司进入市场，药物价格甚至可能低于每人每年 40 美元。　（徐锐）

旷野中最亮的光——野外台站巡礼

高原上的国家站，铺展千里织出农牧科技大网　（详见第 4 版）