



地球“极客”勇探火星

■本报记者 冯丽妃

凌晨两点的会议室，见底的咖啡杯在会议桌上围了一圈，计算机屏幕的光映照着十几双布满血丝的眼睛。但围桌而坐的人们却很高兴，边研读文献，边讨论怎么有效提取数据，解码火星环境。

“那段时间真是跟打仗一样。”近 4 年前火星科学任务攻关时的场景，陈凌历历在目。

2021 年 5 月，我国首次火星探测任务天问一号携带的“祝融号”火星车，着陆在火星乌托邦平原上，吹响了中国人用自己的深空探测装置研究火星的“集结号”。陈凌等来自中国科学院地质与地球物理研究所（以下简称地质地球所）、中国科学院国家天文台（以下简称国家天文台）的科研人员也投身其中。

研究人员从“地球科学极客”化身“星际解密人”，纷纷拿出看家本领，通过“多兵种联合作战”，用中国自主数据刷新了对火星环境演变的认知。近期，他们的系列突破性成果斩获 2024 年度中国科学院杰出科技成就奖。

用“绝活儿”刷新认知

火星与地球是太阳系宜居带“唯二”的行星。从高山峡谷到四季变化，在太阳系行星中，火星与地球共性最多。这颗红色星球上是否存在生命？问题的答案令人心驰神往，而火星水活动、磁场变化等信息是重要线索。

一直以来，科学界对火星水活动和磁场的认知存在矛盾。

科学界普遍认为，约 36 亿年前的火星存在大量水活动，此后迅速减少，约 30 亿年前几乎消失；火星内部磁场约在 40 亿年前消失，后在 39 亿年前被重新磁化，并在约 37 亿年前再度消失。

“从过去的认知来看，磁场会保护水，磁场消失后，水也会逃逸。火星磁场反而比水消失得更早，这不合逻辑。”陈凌说。

矛盾背后的原因是什么？陈凌与合作者组成多学科融合的“星际战队”，采用雷达探测、地貌分析和磁场测量等多维手段，构建了“地下-地表-空间”三位一体的协同体系，研究火星多时间尺度环境演变。

针对我国首次火星探测任务中的重重难题，他们纷纷拿出“绝活儿”，各显神通，拿下火星研究的 3 个“国际首次”。

担任火星地下结构探测组组长的陈凌是一名“行星 CT 学家”，曾创新地震成像方法，解析地球大陆内部、边缘造山带等区域的深部精细结构。她的搭档、地质地球所研究员张金海是一名探地雷达“密码破译者”，长期处理和分析嫦娥探



火星北半球。图片来源：国家航天局/国家天文台供图

月工程相关数据。他们联手破解了行星雷达弱信号提取、高精度成像和建模仿真等系列难题，让雷达不再因火星表面碎石块干扰而成为“近视眼”，“首次”揭示了火星浅表 80 米内的分层结构。这些创新方法证实，火星在 35 亿年前至 32 亿年前曾发生大型洪水活动，16 亿年前仍有小型洪水事件发生，将火星水活动时间延长了近 14 亿年。

张金海凭借对雷达信号的敏锐“洞察力”，进一步察觉到在 30 至 80 米深度还存在结构的横向变化。他与陈凌等分析证实，这种结构的横向变化反映了埋藏在地下的古多边形地貌特征，是 32 亿年前至 16 亿年前火星发生长时间气候干湿、冷暖变化的见证。

在火星地貌研究方面，地质地球所研究员秦小光和国家天文台研究员刘建军组成了黄金搭档。秦小光是一名古环境“侦探”，曾分析过数万个地球沉积物样品，擅长通过微观特征还原古环境变迁。刘建军是一名“行星数据守门人”，从嫦娥一号至今，带领创立了载荷地面验证、行星环境模拟、载荷在轨定标等一系列保证数据真实性和有效性的方法。他们的合作“首创”了用火星沙丘了解水活动的新方法。

秦小光仍记得那个激动人心的时刻：2021 年，在国家天文台运控大厅与刘建军等一起查看“祝融号”传回的照片时，一张多光谱照片让大脑突然“嗡”了一下，他赶紧喊“停一下”。

凭借在罗布泊工作 20 多年的经验，秦小光敏锐注意到沙丘上的一些特征——多边形龟裂、带状痕迹和胶结团块，这些极可能是水留下的“指纹”。后续研究证实，火星在 140 万年前至 40 万年前仍存在由大气降雪、霜雪形成的周期性水

活动，这是人类“首次”发现火星现代水循环的直接证据。

在另一项突破性的“姊妹”研究中，刘建军和秦小光通过分析 2000 多个沙丘的遥感图像，发现火星在约 40 万年前曾发生“冰期-间冰期”全球性气候转变，为火星气候模拟提供了重要约束。

火星磁场探测则面临更严峻的挑战——火星车行驶时的干扰信号比有效磁场信号强 1 万倍，犹如“在摇滚演唱会现场聆听针尖落地”。地质地球所研究员杜爱民是火星磁场“捕手”，作为“祝融号”磁场探测仪的研制负责人，他带领团队创新性地采用双探头设计和旋转测量的独特信号分离技术，成功捕获火星弱磁场信号——约 10 纳特斯拉，仅为此前卫星磁测模型预测值的 1/10，相当于地球磁场的 1/5000。

研究表明，火星早期磁场发电机在 36 亿年前骤降，并持续维持弱磁场状态，由此发现了火星由强变弱的长期水活动过程的磁场约束机制。

这些系统性突破不仅刷新了人类对火星环境演化的认知，更在行星科学领域镌刻下鲜明的“中国印记”。

“刀尖舔血”的日子

“陈凌他们啊，那真是拼了命在干！”获奖消息传来，地质地球所的同事无不感慨。这番评价并非溢美之词。

2021 年 8 月 10 日，地质地球所召开首次火星探测任务科学研究动员会。会后，该所当天成立了 7 个任务组——涵盖火星地质、物质成分、地下结构、磁场、空间环境、宜居要素、地质工程等多个研究方向。

“动员会就像发令枪。”陈凌回忆说，“一声令下，我们所有人都放下手头工作，集中精力攻克这一件事。这是中国科学院的特色优势。”

攻关时刻，研究人员不仅拿出了看家本领，还用性命在拼。

火星雷达信号分析堪称“在刀尖上跳舞”。“我们不仅要与时间赛跑，更要确保每一个数据处理环节都万无一失。”张金海坦言，“这项研究承载着国家荣誉，容不得半点差错。”

（下转第 2 版）



中国人民银行、证监会发文支持发行科技创新债券

据新华社电 记者 5 月 7 日从中国人民银行获悉，中国人民银行、中国证监会近日联合发布关于支持发行科技创新债券有关事宜的公告，助力拓宽科技创新企业融资渠道，引导债券市场资金投早、投小、投长期、投硬科技。

据介绍，公告从丰富科技创新债券产品体系和完善科技创新债券配套支持机制等方面，对支持科技创新债券发行提出若干举措，支持金融机构、科技型企业、私募股权投资机构和创业投资机构发行科技创新债券。发行人可灵活设置债券条款，更好匹配科技创新领域资金使用特点和需求。公告还优化债券发行管理，简化信息披露，创新信用评级体系，完善风险分散分担机制等。

中国人民银行行长潘功胜 7 日在国新办举行的新闻发布会上介绍，将创设科技创新债券风险分担工具。央行提供低成本再贷款资金，购买科技创新债券，并与地方政府、市场化增信机构等合作，通过共同担保等多样化的增信措施，分担债券的部分违约损失风险。

前期，中国人民银行会同证监会、金融监管总局、科技部等部门，积极准备推出债券市场“科技板”。记者了解到，目前相关政策和准备工作已基本就绪。据中国人民银行初步统计，目前有近 100 家市场机构计划发行超过 3000 亿元的科技创新债券，预计后续还会有更多机构参与。（任军 吴雨）

我国将构建运转高效的农业科技创新体系

据新华社电 农业农村部等 7 部门近日联合印发《关于加快提升农业科技创新体系整体效能的实施意见》，提出构建梯次分明、分工协作、适度竞争的农业科技创新体系，加快实现高水平农业科技自立自强。

实施意见强调，加快提升农业科技创新体系整体效能，必须坚持进一步全面深化改革，坚持农业科技基础性、公益性、普惠性定位，坚持产业需求导向，坚持守正创新，坚持人才引领发展。明确到 2035 年，建成运转高效的农业科技

创新体系，农业科技创新和产业创新深度融合，农业科技创新整体水平居于世界前列，实现高水平农业科技自立自强。

实施意见还部署了 8 项重点任务，分别为：强化相关科研院所、高校科技创新核心使命；加快培育壮大农业科技领军企业；优化农业科技组织机制；建强农业科技人才队伍；提升农业科技条件支撑能力；加快农业科技成果转化；推动农业科技高水平开放合作；改善农业科技生态。（胡璐）

中国第四代自主量子计算测控系统发布

本报讯（记者王敏 通讯员陈友敏）记者从安徽省量子计算工程研究中心获悉，本源量子计算科技（合肥）股份有限公司日前正式推出支持 500+ 量子比特的中国第四代自主量子计算测控系统“本源天机 4.0”，标志着我国量子计算产业已具备可复制、可迭代的工程化生产能力，为百比特级量子计算量产奠定了产业化基础。

量子计算测控系统是量子计算机的“神经中枢”，承担着量子芯片精密信号生成、采集与控制的核心职能。“本源天机 4.0”是继 3.0 版本成功应用于我国第三代自主超导量子计算机“本源悟空”后的重大升级，在扩展性、集成度、性能稳定性及自动化水平方面实现了跨越式提升。

此外，“本源天机 4.0”还额外搭载四大核心

软件——量子计算测控系统服务端管理软件 Naga&Venus、超导量子比特底层操控服务软件 Monster、全界面量子芯片测控分析应用软件 Visage 以及量子计算机操作系统连接软件 Storm。其中，团队创新研发的 Visage 改写了超导量子芯片调试的传统模式。

安徽省量子计算工程研究中心副主任、“本源天机”研制团队负责人孔伟成说：“量子计算芯片的每一个量子比特都需要经过调试，传统人工调试每个量子比特耗时超过 1 天，百比特级芯片的调试周期足以让技术迭代失去意义。量子芯片‘中控智慧大脑’Visage 的研发，实现了超导量子芯片自动化辅助控制技术的进步，显著提高了超导量子芯片测试的效率和准确性。”

中国科学家首次揭示脑膜淋巴系统发育大脑调控机制

本报讯（见习记者江庆龄）中国科学院脑科学与智能技术卓越创新中心（神经科学研究所）研究员杜久林、副研究员李佳课题组，联合上海交通大学医学院附属瑞金医院主任医师尚寒冰课题组，首次发现脑膜淋巴系统发育的大脑调控机制，为神经-免疫交互作用研究提供了新认知。近日，相关研究成果发表于《细胞》。

1787 年，意大利解剖学家首次描述了人脑膜淋巴系统。但直到 2015 年，芬兰赫尔辛基大学与美国华盛顿大学的两个团队才分别系统研究了脑膜淋巴系统的结构与相关功能。此后近 10 年的研究表明，脑膜淋巴系统是“排毒网络”，通过清除代谢废物、运输免疫细胞等方式维持大脑内稳态，但其发育调控机制仍待解答。

研究团队利用脊椎动物斑马鱼在体长时间成像的优势，结合多种实验方法，发现上调大脑神经活动可显著增强位于软脑膜的脑膜淋巴内皮细胞（muLEC）发育，抑制神经活动则导致 muLEC 发育受损。

血管内皮生长因子 C（Vegfc）是淋巴系统发育必需的因子。以此为线索，研究团队鉴定

到了特异性表达 Vegfc 的胶质细胞亚群。这些细胞延伸出的纤维直达脑膜表面，是脑内 muLEC 的主要来源。这些细胞的缺失会导致 muLEC 无法正常发育，而上调其 Vegfc 信号则显著增强 muLEC 发育。同时，这些细胞的活动及其 Vegfc 的表达水平均受到神经活动的调节。

研究团队进一步发现，胶质细胞亚群分泌的 Vegfc 前体转化为成熟形式的 Vegfc（mVegfc），需要位于脑膜的成纤维细胞分泌的胶原蛋白和钙结合表皮生长因子结构域 1 协同作用。这种跨组织间的协作能够确保 muLEC 精确限制在脑膜上，进而确保 muLEC 仅分布于脑表面而不会侵入脑实质。

研究团队表示，大脑不仅是神经信息处理中心，也是自身微环境的“协调者”。该研究揭示了一条全新的“神经-胶质-成纤维细胞-淋巴”调控轴，解释了大脑发育功能需求动态调节淋巴网络构建的机制，为研究脑-免疫交互作用提供了新框架，同时诠释了脑膜淋巴系统只定位于脑膜而不侵入脑实质的原因所在。

相关论文信息：
<https://doi.org/10.1016/j.cell.2025.04.008>

苹果属遗传多样性全景图发布

本报讯（记者温才妃 通讯员刘铮）中国农业大学教授韩振海团队基于 30 份苹果属植物高质量基因组，系统解析了苹果属数千万年的演化历程，并构建了首个苹果属基因组泛基因组，发布了苹果属遗传多样性全景图。日前，相关研究成果发表于《自然-遗传学》。

苹果属植物倍性复杂，分布横跨欧亚、美洲等多个地理区域，是研究基因组多倍化与杂交的重要木本植物类群。全基因组加倍是推动物种分化的重要动力，然而，栽培苹果近期经历的全基因组加倍事件对该属其他物种的影响尚不明确，种间基因组的进化关系亦有待系统解析。作为重要的温带果树，栽培苹果的遗传基础相对狭窄，主要依赖少数亲缘关系密切的品种，导致其在应对环境变化、防控病虫害等方面面临严峻挑战。因此，系统挖掘和利用野生苹果属植物的基因组资源，对于深入理解该属植物的进化历史、解析重要农艺性状的遗传基础，以及培育具有广泛适应性和抗逆性的优良品种，具有重要的科学意义与应用价值。

研究团队对 30 份苹果属植物的高质量基因组进行测序并组装，涵盖 20 个二倍体和 10

个多倍体物种，代表关键的系统发育分支和地理分布区域。通过系统发育基因组学与进化生物学分析，他们构建了苹果属物种系统发育关系和基因组进化模型。

研究表明，苹果属可划分为 7 个系统发育类群，其起源可追溯至约 5600 万年前的亚洲地区。苹果属经历的苹果族早期全基因组加倍事件所产生的大量重复基因，在后续的物种分化中被差异性保留，影响了基因组结构与功能的演变。研究发现，苹果属内部曾发生的一次古杂交事件影响了包括多个多倍体分支在内的多数苹果属物种，加之广泛的其他种间基因渗透，共同塑造了苹果属丰富的遗传多样性。

研究团队构建了泛基因组，鉴定出物种特异的结构变异，并开发了一套选择清除分析流程，用于挖掘与驯化相关的关键基因位点。研究发现，多花海棠 Rvi6 基因区域的 SCAB-R 结构变异与抗苹果黑星病密切相关。此外，研究人员还成功鉴定出影响苹果耐寒性和抗病性的关键相关基因 MdmYB5。

相关论文信息：
<https://doi.org/10.1038/s41588-025-02166-6>

加拿大新总理对科学意味着什么



本报 经济学家、加拿大自由党领导人马克·卡尼近日赢得选举，将继续担任加拿大总理。据《自然》报道，科学家谨慎地希望，卡尼的当选能给加拿大科学界带来好消息。之前自由党提议设立一项基金，以吸引人才前往加拿大，并帮助填补被美国总统特朗普削减的美国科研资金缺口。

“我们看到自由党过去对科学的坚定承诺，希望这个承诺能延续下去。”加拿大非营利组织“民主证据”的执行董事莎拉·拉弗朗布瓦表示。但她补充说，加拿大科学研究的未来并不明朗，

因为在竞选期间，它没有得到太多讨论。

过去一年里，加拿大的政局发生了巨大变化。皮埃尔·普瓦列夫尔领导的保守党在 2024 年民意调查中占据主导地位。然而，在特朗普对加拿大征收关税并表示希望将该国变为美国的“第 51 个州”后，公众舆论发生了转变。

自由党的迅速崛起在一定程度上归因于卡尼的资历。他曾任加拿大银行行长、英格兰银行行长，并且因使加拿大免受 2008 年金融危机严重影响的广受赞誉。在执政的自由党前领袖贾斯廷·特鲁多辞职后，卡尼于今年 3 月担任总理一职。

4 月，在第 45 届联邦众议院选举中，普瓦列夫尔的竞选承诺让加拿大科学家感到担忧。他承诺，“消除在联邦资金分配中强加于人的意识形态”——这与特朗普的措辞如出一辙，并取消

“激进”和“浪费”的多样性、公平性和包容性项目。此外，保守党 2025 年的官方政纲只在管理海洋保护区和投资渔业研究中简要提到了科学。

相比之下，自由党的官方政纲有一整个章节涉及“支持科学和研究”，包括承诺创建一个自主和灵活的研究基金。同时，自由党再次承诺创建一个“顶级组织”，以监督联邦资助机构，并帮助指导旨在应对重大全球挑战的任务驱动型研究。此外，自由党也致力于减少繁文缛节。政纲要求所有联邦部门在 60 天内采取措施废除不必要的规则，简化监管决策程序，以清除创新障碍。

“这十分令人向往。”加拿大公共服务专业协会主席肖恩·奥莱利表示。许多加拿大研究人员对此表示欢迎，但还在等待更多细节的披露，包括谁将获得资助，获得多少资助等。（王方）