

# 开创月球样品研究的“嫦娥时代”

■本报记者 冯丽妃

“衷心祝贺嫦娥六号团队及中国探月工程取得卓越成就！这些突破性成果标志着人类对月球演化史的认知取得了重大进展，有望改写教科书。”2025 年 7 月，当中国嫦娥六号月球采样返回任务的 4 项“首创性”研究成果以封面形式在《自然》发表后，美国科学院院士、麻省理工学院教授本·韦斯在贺信中这样写道。

“十四五”期间，从嫦娥五号成功采集月球正面最年轻火山岩样品，到嫦娥六号完成人类首次月球背面采样返回，在探月工程取得巨大成功的基础上，月球样品研究也逐步迈入“嫦娥时代”。

2021 年 7 月 12 日，2024 年 8 月 24 日，国家航天局先后将嫦娥五号、六号月壤样品交接给中国科学院。拿到样品后，中国科学院发挥体系化建制化科研优势，全力组织科研攻关，中国科学院地质与地球物理研究所（以下简称地质地球所）、国家天文台、广州地球化学研究所（以下简称广州地化所）等与院内外合作单位协同攻关，产出一系列具有“首创性”“颠覆性”的高水平科研成果，系统性重塑了人类对月球的认知。

## “首创”扎堆，重塑月球认知

“月球正面 20 亿年前仍存在岩浆活动！”

2021 年 10 月 19 日，当中国科学院院士、地质地球所研究员李献华与合作者在《自然》发表这一研究结果时，国际科学界为之轰动：它将此前认知的月球岩浆活动结束时间延长了约 10 亿年。

利用嫦娥五号月球正面最年轻火山岩样品，中国科学院的科学家在多个方面刷新了对月球的认知。例如，发现月球冷却速度可能比之前认为的更慢，为构建新的月球热演化模型奠定了基石；发现撞击玻璃珠可能是月球的“迷你水库”，为未来月球基地原位资源利用带来希望；发现具有蒸发沉积特征的蓝辉铜矿矿物，拓宽了对月表复杂矿物组成的认识。

而嫦娥六号月背样品的研究，更是多点开花。2024 年 11 月 15 日，由地质地球所、国家天文台和广州地化所的科学家牵头，利用月背样品做出的首批两项独立研究成果，分别刊登于《自然》和《科学》，首次揭示月背约 28 亿年前仍存在年轻的岩浆活动，且这一活动可以追溯到 42 亿年前。至少持续了 14 亿年，为月球演化历史提供了独特视角与关键科学证据。

2025 年 7 月 9 日，地质地球所和国家天文台再次联合发布多项“首创性”成果：首次获取月背古磁场信息，发现月球磁场强度曾出现反弹而非单调衰减；首次测定月背月幔水含量小于 2 微克/克，揭示月球内部水分布的二分性；首次发现月背玄武岩来自极度亏损源区，为大型撞击事件对月球演化的影响提供关键证据。

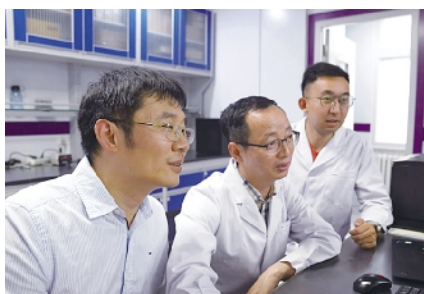
中国科学院院士、中国月球探测工程首任首席科学家欧阳自远指出，美苏样本仅揭示了月球 40 亿至 30 亿年前的演化片段，而中国嫦娥五号与六号的研究，为这幅“历史残卷”补上了最关键的“一老一新”两笔，真正构建起完整的



国家天文台科研人员查看岩屑显微镜成像照片。 国家天文台供图



广州地化所团队在 SIMS 实验室工作。 广州地化所供图



地质地球所科研团队观看检测结果。 地质地球所供图

月球演化图谱。

硕果远不止于此。例如，国家天文台与合作者发表嫦娥六号返回样品的首篇研究论文，揭秘样品的物理、矿物和地球化学特征；地质地球所与合作者首次精确测定南极－艾特肯盆地形成于 42.5 亿年前，让人类在了解太阳系早期大型撞击历史方面有了更精确的“宇宙时钟”标尺；广州地化所与合作者确定阿波罗盆地形成于 41.6 亿年前，将太阳系晚期重轰击（LHB）事件的起始时间提前了 1 亿多年，而发现“天外信使”——来自 CI 型碳质球粒陨石的撞击残留物，为行星科学研究开辟了新方向。

国际科学界对此给予高度评价。英国开放大学行星科学与探测教授马赫什·阿南表示：“这些研究正在彻底重塑我们对月球的认知。”

“嫦娥六号最令人印象深刻的是，它成功在先前被认为无法到达的月球着陆点执行采样返回任务。最关键的是，它从月球背面靠近南极－艾特肯盆地的区域带回了样本。”美国科学院院士理查德·卡尔森评价说。

“我们首先要致敬中国航天！正是过去 20 多年中国航天人的努力拼搏，创造的一个个辉煌成就，才开启了行星探测的新局面。”中国科学院院士、地质地球所研究员吴福元对《中国科学报》说。

“采样点位于两个盆地内，其目标就是获取可能最深、最具研究价值的样品。”嫦娥六号任务副总设计师、国家天文台研究员李春来对《中国科学报》说。李春来在决定着陆地地点方面发挥了重要作用，并且是首批分析返回岩石的科学家之一，因此入选《自然》2024 年十大科学人物。

中国科学院院士、广州地化所研究员徐义刚表示，接下来，对嫦娥六号月壤样品的研究将持续推动人类重新认识地月系统演化。

报》说。

事实上，嫦娥六号之前，人类已有 10 次月球采样任务，均在月球正面着陆。由于月球正面与背面在地质上存在显著差异，月球背面的演化历史一直是人类认知的“空白”。嫦娥六号降落在一个“盆地套盆地”的区域——它所降落的阿波罗盆地是一个直径约 500 公里的撞击坑，而阿波罗盆地则处于更大的南极－艾特肯盆地内部。南极－艾特肯盆地直径达 2500 公里，超过月球直径的一半，是太阳系最大、最古老的撞击坑之一。

中国科学院院士、广州地化所研究员徐义刚表示，接下来，对嫦娥六号月壤样品的研究将持续推动人类重新认识地月系统演化。

## 建制化攻关，创“中国速度”

令国际同行惊叹的不仅是成果的深度，还有国际月球科学研究的“中国

速度”——从样品分发到论文投稿，多项研究用时不到 20 天。

2023 年 5 月，早在嫦娥六号发射前一年，地质地球所就组建了嫦娥六号工作组，采取自愿参与、学科整合的组织方式成立核心团队。“那时候，基本上每周就要开一次讨论会，邀请专家到所里座谈、作报告。”吴福元介绍，通过持续研讨，研究团队梳理出 20 余个关键研究问题，每个问题明确专人负责，形成“有组织、有目标”的攻关模式。

2024 年 8 月 24 日，当嫦娥六号样品分发后，地质地球所第一时间展开攻关。收到样品后的第 18 天，各个团队完成的玄武岩测年、岩石学、地球化学、磁学、稀有气体等首批 6 项成果便已投稿。

“像打仗一样攻关，才能在最短时间内拿出高质量成果。”吴福元说，“从国际层面看，学术界对嫦娥六号的研究成果满怀期待。从国家发展角度看，中国正处于科技赶超、爬坡过坎的关键阶段，在深空探测这类前沿领域，我们必须以更快速度突破，才能跟上甚至引领国际步伐。”

（下转第 2 版）



# 北极“最后冰区”岌岌可危



本报讯 位于加拿大北极地区最北端的伊丽沙白女王群岛（QEI）峡湾，覆盖着全球最古老、最厚的海冰，长期以来连破冰船都难以进入。2025 年夏季，加拿大“阿蒙森”号船首次在此 QEI 开展了全面的海洋学研究。据《科学》报道，近日，在加拿大卡尔加里举行的“北极网络”年度科学会议上，研究人员公布了此次考察的初步成果。研究显示，即便在这一气候模型预测冰层将持续最久的地方，全球变暖也在产生影响。

北极海冰在冬季形成于西伯利亚

以北海域。洋流将其从北极带至加拿大北极地区，堆积在崎岖的海岸线附近。以严寒著称的 QEI 峡湾有着最厚、最古老的冰层。2015 年，世界自然基金会加拿大分会提出了“最后冰区”的概念，旨在推动保护该区域——这里将成为北极熊和其他北极野生动物的最后避难所。

总体而言，北极海冰消融可能正处于暂停期。2025 年 8 月发表于《地球物理研究快报》的一项研究发现，自 2005 年以来，北极海冰覆盖面积趋于稳定。然而，此次考察任务负责人、加拿大曼尼托巴大学的海洋学家 David Babb 指出：“过去十年间，我们看到 QEI 的状况在不断恶化。”

2024 年，该区域海冰遭到尤为严重的破坏。加拿大北极地区的暖冬导致春

季融冰期海冰厚度不足，进入该区域的冰量减少，秋季结冰期也较往年推迟。而像 2024 年这样的极端状况可能重演。“北极网络”会议上展示的最新卫星数据表明，QEI 海域正面临危机。研究显示，自 1997 年以来，QEI 海冰融化期每年提前 5 天。若海冰融化时间延长，即便是最厚的冰层也将受损。

“多年冰曾以 QEI 为避风港。”加拿大麦吉尔大学的遥感专家 Malik Mah-mud 表示，“如今这里却成了它们的葬身之地。”

“阿蒙森”号的考察之旅为验证冰层受损提供了实证机会。“采集样本、触摸冰层能获得更多信息。”Babb 说。“阿蒙森”号船长 Pascal Pellerin 表示“破冰难度远低于预期”，原本厚达几米的浮冰已破碎且变得松散。而钻取的 6 至 7 米的冰芯显

示，其内部并没有完全冻结。

“阿蒙森”号的测量数据揭示了更深层的变化。研究团队发现，与 20 世纪 60 年代相比，冰层下方数十米处的海水温度升高且盐度降低。溶解的有机物表明，越来越多的太平洋海水正涌入北极海域，其中携带的营养物质可能影响食物链。不过，这些暖水层不会对冰层产生直接影响。

“阿蒙森”号团队还钻取了海底沉积物样本，以研究附近冰川及历史气候。部分岩芯中的沉积物颗粒呈现由细至粗的转变，这标志着进入峡湾的冰川发生退缩的时期。通过将过去 50 年的沉积变化与卫星记录的冰川退缩数据关联，研究人员可以借助沉积物指标，将研究追溯至更早的年代。

（文乐乐）

# 中国科学院党组传达学习 习近平总书记在二十届中央纪委 五次全会上的重要讲话和全会精神

本报讯 1 月 16 日，中国科学院党组召开专题会议，传达学习习近平总书记在二十届中央纪委五次全会上的重要讲话和全会精神。中国科学院院长、党组书记侯建国主持会议，传达习近平总书记重要讲话并对抓好学习贯彻提出要求。中央纪委国家监委驻中国科学院纪检监察组组长、党组成员孙也刚传达全会精神。中国科学院副院长、党组副书记吴朝晖等院党组成员出席会议。

会议认为，习近平总书记的重要讲话高屋建瓴、视野宏阔、思想深邃、内涵丰富，对以更高标准、更实举措推进全面从严治党，为实现“十五五”时期目标任务提供坚强保障作出战略部署，为新时代新征程深入推进全面从严治党 and 反腐败斗争提供了根本遵循。侯建国强调，全院各级党组织和党员干部要学深悟透习近平总书记关于党的建设重要思想、关于党的自我革命的重要思想，深刻领悟“两个确立”的决定性意义，坚决做到“两个维护”，切实把思想和行动统一到习近平总书记重要讲话精神 and 全会部署上来，把全面从严治党要求落实到全院工作全过程各方面。

侯建国对全院贯彻落实工作提出三点要求。一是将习近平总书记重要讲话精神同习近平总书记对中国科学院的系列重要指示批示精神贯通起来，一体学习领会，坚决贯彻落实“四个率先”和“两加快一努力”目标要求，牢牢把握国家战略科技力量主力军使命定位，不断提升抢占科技制高点的组织力战斗力。二是不断完善制度规定，立铁规矩、强硬约束，把制度笼子织密织牢，常态化抓好“三项制度”执行，真抓严管，切实提高制度执行力。三是坚持党性党风党纪一起抓、正风肃纪反腐相贯通，紧盯重点领域、关键环节，严格经费使用监管，持续深化标本兼治、惩防并举，严肃查处腐败问题，为抢占科技制高点提供坚强保障。

与会同志一致表示，要深入学习贯彻习近平总书记重要讲话精神，认真履行全面从严治党政治责任，带头懂法纪、明规矩、知敬畏，切实把严的氛围营造起来，把正的风气树立起来，坚定不移把党的自我革命向纵深推进，以科技创新实际行动将党中央重大决策部署落到实处，为加快实现高水平科技自立自强和建设科技强国作出更大贡献。（柯讯）

# 临床可用！ 自主眼内手术机器人系统问世

本报讯（记者赵广立）中国科学院自动化研究所多模态人工智能系统全国重点实验室研究员边桂彬课题组成功研发出一款自主显微眼科手术机器人系统，并验证了临床可行性。该系统在整个眼内空间可实现视网膜下和血管内自主注射，显著提高眼底注射的精确性、安全性和一致性，最大限度减少医源性损伤，辅助外科医生更加专注于手术设计和监督任务。相关成果近日发表于《科学—机器人》。

由于眼睛软组织结构精细、操作空间狭小，医生在眼内手术中的手动操作面临巨大挑战。自主机器人手术系统能够通过更加智能、精准的操作控制提升手术安全性，为多种眼科疾病的治疗提供帮助，惠及更多患者。

该自主显微眼科手术机器人系统构建了从术中三维空间感知、跨尺度精确定位到轨迹精准控制的核心算法模块。其中，在三维空间感知方面，提出了一种多视角空间融合方法，有效解决多模态眼内成像中的成像异质性和动态空间失真问题，构建了术中动态更新的全局三维图，实现了对眼内

区域的全面感知。在精确定位方面，提出了一种基于准则加权的多传感器数据融合方法，解决了检测范围、误差幅度和采样频率差异问题，使机器人手术器械尖端在眼内区域实现精确的宏观—微观定位。在轨迹控制方面，提出多约束目标优化方法，对机器人末端执行器的轨迹进行精确规划，并结合人监督下的力—位置—影像混合控制，确保了手术的安全性。

在眼球假体、离体猪眼球及活体动物眼球的视网膜下注射与血管注射实验验证中，该系统均实现了 100% 的注射成功率。与医生手动手术及医生主从操作机器人手术相比较，其平均定位误差分别减少了 79.87% 和 54.61%，具有更高的安全性和精准性。

该成果为眼内手术的自主化开辟了全新技术路径，不仅验证了在显微手术中应用自主机器人的可行性，更有望推动眼科手术治疗的智能化、精准化升级。

相关论文信息：<https://doi.org/10.1126/scirobotics.adx7359>

# 以科技创新 引领生态农业高质量发展

■谭支良

党的二十届四中全会将“三农”问题和生态文明建设作为全党工作重中之重，明确提出要加快农业农村现代化，扎实推进乡村全面振兴，并作出明确而具体的部署。这为生态农业高质量发展提供了根本遵循，也对农业科技工作提出了更高要求。作为中国农业科学研究的重要力量，中国科学院亚热带农业生态研究所（以下简称亚热带生态所）深感责任重大、使命光荣。

“十四五”期间，亚热带生态所通过调整学科布局、自主部署人才培养项目、创新科研组织模式等系列举措，取得显著成效。年均项目经费由“十三五”时期的 1.1 亿元上升至 1.4 亿元；国家重大任务合同经费占比从 20% 提升到 35%，牵头承担国家重点研发计划项目 9 项（含青年科学家项目 3 项）、国家自然科学基金重点项目 35 项。“喀斯特生物多样性保护与生态系统韧性提升项目”获批联合国教科文组织“科学十年”大科学计划。获得国家科技进步奖二等奖两项、省部级一等奖 5 项。新增全国重点实验室（共建）、国际合作平台和国家级野外台站各 1 个。

站在“十四五”收官与“十五五”启程的历史交汇点，亚热带生态所全体职工将以党的二十届四中全会精神为遵循，在朝着建成科技强国的宏伟目标奋勇前进的征程中，挺膺担当、主动作为。亚热带生态所将以国家战略需求为导向，对标我国 2035 年建成科技强国的战略目标，以及中国科学院“四个率先”“两加快一努力”要求，加强与行业部门和重点区域对接合作，明确“十五五”改革发展总体思路，确保重点任务与国家、院、省、行业部门总体规划 and 专项规划紧密衔接、有机融合。

“十五五”期间，亚热带生态所将面向国家乡村振兴与生态文明建设战略需求，围绕亚热带区域山地少且耕地细碎，农业人口减少且老龄化严重，种养成本高昂且污染严重，生态恢复变绿快但提质难等现实问题，聚焦农业资源高效利用和智慧生态农业重大科技问题，开展农业生态学基础科学前沿探索，研发生产生态功能兼顾且效率效益双增的多功能农牧生产技术、农林废弃物高效高值转化技术及农业生态环境保护与生态产品价值提升的复合技术模式，支撑亚热带区域农业高质量发展。

我们力争经过 5 至 10 年，使亚热带生态所处于农业生态与环境领域国际一流研究水平，为全国乃至全球同纬度区域国家提供典型经验、技术与模式。

为此，亚热带生态所将坚持和加强党对科技工作的全面领导，发挥创新文化建设的价值引领和示范带动作用，进一步鼓舞和激励科技工作者争做重大科研成果的创造者，成为以科技现代化助推中国式现代化的实践者和建设科技强国的奉献者，更好推动科学思想、创新成果持续涌现；推动体制机制改革，优化学科布局，加强系统性建制化有组织的重大任务遴选统筹谋划和资源整合；以标志性任务、人才、成果为核心，改革科技、人才评价体系，激励重大成果产出；以监督执纪、安全保密专项检查等工作为契机，锲而不舍落实中央八项规定精神，推进作风建设常态化长效化，以高质量党建引领保障高水平科技自立自强。

在实现第二个百年奋斗目标的新征程中，我们将从“功成不必在我”的精神境界和“功成必定有我”的历史担当，将个人奋斗融入时代洪流，用科技创新守护绿水青山，为发展新质生产力、实现乡村全面振兴贡献科技力量！

（作者系中国科学院亚热带农业生态研究所党委书记、副所长）