



开栏语

“十四五”是我国科技事业发展历程中具有里程碑意义的五年。在党中央坚强领导下，在全社会共同努力下，我国科技事业取得历史性成就，发生历史性变革。作为国家战略科技力量主力军，中国科学院五年以来深入贯彻落实习近平总书记重要指示批示精神和党中央、国务院重大决策部署，作为“国家队”“国家

人”，心系“国家事”、肩扛“国家责”，坚持“四个面向”，一批重要改革举措落地见效，重大科技成果不断涌现。从今天开始，本报开设“‘十四五’科技答卷”专栏，系统梳理、深入报道中国科学院在改革创新发展中取得的显著成效，产出的原创性、引领性重大成果，展现中国科学院作为国家战略科技力量主力军的使命担当。

以“协同之笔”绘就科技自立自强“新画卷”

■本报记者 袁一雪

“十四五”以来，我国锚定科技强国建设的战略目标，发挥新型举国体制优势，迈入世界科技前沿探索的“无人区”。在这一阶段，科技创新面临前所未有的复杂性与挑战性，传统科研模式已难以适应突破关键核心技术的需

求。面对这一形势与挑战，中国科学院以科研组织模式创新为突破口，打破传统课题组长负责制带来的“小而散”困局，通过强化重大任务战略牵引、构建新型创新生态，激发原始创新活力，为攻克关键核心技术、抢占科技制高点提供制度保障。

集中优势力量，服务国家需求

“开组会了。”中国科学院地质地球研究所（以下简称地质地球所）纳米离子探针实验室主任、研究员杨蔚的话像集结号，让所内十几个研究组的科研骨干陆续走出自己的实验室、走进会议室，参加针对嫦娥六号月背土壤研究的讨论会。这样的会议自 2023 年 7 月工作组成立以来，每周召开，从未间断。那时，距离嫦娥六号发射还有一年。

工作组由地质地球所党委筹建，只为在拿到“前人经验”可鉴的月背土壤时，准确、快速地得到数据。“所里抽调行星物理、行星化学、行星地质学等方向的科研骨干加入工作组。”杨蔚介绍，“不仅提供人员支持，还将月背土壤列为所级重点工作，统筹协调实验室、充分调动所内资源，并自筹资金进行全力保障。”

加入工作组就意味着要暂缓或暂停手头上的研究项目，全身心投入重大任务中。但令杨蔚感动的是，组员们不提条件、自愿加入，毫无怨言地将手中的研究向后放，只为做好“国家事”。

“我们是‘国家队’，这是我们的优势，担‘国家责’是我们的使命。”这让杨蔚颇为自豪。而在等待的日子里，实验室的灯光依旧彻夜长明，科研人员



研究人员在超导磁力仪中放置月壤样品。

地质地球所供图

没有片刻停歇，紧锣密鼓地开展着各项准备工作。

2024 年 5 月 3 日，嫦娥六号发射当天，这支由 100 多人组成的工作组有了新名字——“嫦娥六号攻关突击队”。8 月 24 日拿到样品后，他们立刻着手攻关，并与中国科学院内外单位展开合作。其中，中国科学院国家天文台承担了从科学目标设计到样品分析的全链条工作，包括着陆点选址、指令上行、数据接收处理及样品解封制备；南京大学在其水含量的优势研究领域充分发挥作用；中国科学院广州地球化学研究所则由院士领衔，组建了以青年科技骨干为主的涂光炽 CE6 样品研究攻关突击队，制订了从样品前处理到同位素分析的详细测试计划，细化至每日任务分工。最终，科学家们通过研究嫦娥六号样品取得多个首创性关键进展。

对于“嫦娥六号攻关突击队”科研跑出的“中国速度”，地质地球所党委书记、副所长黄向阳认为：“突击队的这次科技攻关，体现了‘把月球样品研究做到极致’的精神，那就是极强国家荣誉、极高科学追求、极限技术挑战、极速使命必答。”

这样的合作也充分彰显了中国科学院作为

国家战略科技力量主力军，始终服务国家需求的使命担当。

重大任务牵引，引领国际前沿

嫦娥六号月球样品研究的协同攻坚，是中国科学院探索新型科研组织模式的生动注脚。不仅如此，在其他学科领域，跨学科、跨国界的协同创新同样迸发出强大能量。

今年 7 月 10 日，国际学术期刊《细胞》以专题论文集的形式，集中发表了国内外 30 多个研究机构 300 余位科研人员联合开展的 10 项脑图谱研究，其中 3 项研究首次见刊，另外 7 项已于不久前发表于《细胞》《神经元》《发育细胞》。这是我国科学家在解构人脑 800 多亿个神经元研究

中迈出的重要一步。这些研究源自“全脑介观神经联接图谱”大科学计划，该计划由中国科学院院士、中国科学院脑科学与智能技术卓越创新中心（以下简称脑智卓越中心）学术主任蒲慕明与海南大学校长骆清铭于 2018 年共同倡议。2020 年，科技部召开脑图谱大科学计划启动前期工作座谈会，并成立中国工作组，专项部署大科学计划培育项目。自启动以来，脑图谱大科学计划的核心目标逐步聚焦于绘制非人灵长类动物和人脑全脑介观神经联接图谱。

脑智卓越中心副主任孙衍刚认为，灵长类脑图谱研究具有工程浩大、周期长、数据量惊人等特点，只有持续深化全球科技合作，才能向绘就灵长类介观脑图谱的更高目标发起冲击。

（下转第 2 版）



三方共建联合实验室，启动天问三号载荷研制

本报讯（记者王敏）12 月 14 日，中国科学院合肥物质科学研究院（以下简称合肥物质院）、澳门科技大学与香港中文大学在合肥共同签署协议，三方合作共建“深空物质成分光谱探测联合实验室”并同步启动天问三号载荷“激光外差光谱仪”的联合研制任务。

该联合实验室源于 2022 年中国科学院国际合作局批准成立的合肥物质院与澳门科技大学共建实验室。此次香港中文大学的加入，标志着实验室正式升级为三方共建平台，进一步融合内地大科学装置和工程研制优势、澳门在航天科技与行星科学领域的特色平台，以及香港在精密光谱与人工智能算法领域的前沿研究能力，共同服务国家深空探测战略需求。

未来，联合实验室将聚焦深空探测中的关键科学问题，重点发展高灵敏度、高分辨率光谱探测技术，开展火星、月球等天体物质成分的原位与遥感探测研究，联合培养具备全球视野的行星科学与空间技术复合型人才。

合肥物质院副研究员、“激光外差光谱仪”项目主任设计师曹乃亮介绍：“‘激光外差光谱



科研人员在实验室做实验。

新华社记者韩苏原/摄

图片来源：视觉中国

仪”的优势在于可以提取太阳光的微弱吸收信号，进行痕量气体探测。载荷将开展火星大气痕量水汽及其同位素的探测，揭示火星水的逃逸过程。同时，该技术也可以用于探测火星大

气的痕量甲烷及其同位素组成。科学家通过探测数据，分析在火星的条件下到底有没有生命存在的迹象。我们未来还会做金星、木星等的预先研究。”

全球首个社交媒体禁令为学者提供“天然实验场”



本报讯 近日，澳大利亚正式实施全球首个针对 16 岁以下未成年人的社交媒体禁令。该禁令为社会科学家提供了一个“天然实验场”，以研究限制社交媒体对年轻人产生的影响。

据《自然》报道，YouTube、Snapchat 等在澳大利亚开展业务的科技公司目前有一年时间来想办法阻止澳大利亚青少年使用其平台。公司必须采取合理措施防止他们创建或保留账户，否则可能面临高达 3300 万美元的罚款。

澳大利亚政府表示，社交媒体正在损害年轻人的心理健康。但一些研究人员表示，社交媒体对青少年造成伤害的证据并不充足。对于少

数民族和偏远地区的年轻人来说，在线与同龄人交流是一个至关重要的支持系统。

澳大利亚默多克儿童研究所的 Susan Sawyer 表示，社交媒体禁令生效意味着她的研究进入了新阶段。过去两个月，Sawyer 和同事采访了 177 名 13 至 16 岁的青少年，了解他们的社交媒体使用情况 and 心理健康状况。他们计划在 6 个月后再次对这些青少年展开调查，看看禁令是否影响了他们的心理健康。

澳大利亚儿童研究所、西澳大学和伊迪斯·考恩大学的一项合作研究将调查禁令是否带来新的育儿挑战，以及由此引发了哪些家庭冲突。

澳大利亚悉尼大学的 Amanda Third 表示，这项禁令为其提供了一个收集数据的机会，以了解限制青少年接触互联网和社交媒体的效果，特别是禁令生效后他们的面对面互动可能发生了什么变化。但一个问题是，可能很难判断这

些变化是禁令导致的结果，还是其他旨在使互联网更安全的政策的结果。

澳大利亚蒙纳士大学的 Zareh Ghazarian 表示，他计划采访教师，以了解禁令如何影响学生们对时政知识的获得，以及他们转向了哪些替代平台。“能够参与课堂上可能未涉及的问题的讨论并激发新的想法，正是社交媒体带来的好处。”Ghazarian 说。

澳大利亚昆士兰科技大学的 Daniel Angus 则重点关注青少年如何与社区保持联系，以及他们是否试图规避禁令。

Third 和澳大利亚电子安全专员办公室工作人员 Julie Inman Grant 同属一个专家委员会，他们将监督禁令给儿童带来的影响。该委员会由美国斯坦福大学领导，旨在观察儿童是否在户外花费更多时间、是否感到与同龄人联系紧密、是否在网上感觉更安全，或者是否更有能力处理错误信息和虚假信息。

（李木子）

中国制造何以“由大到强”

■维建斌

中国制造业在国际上处于什么样的地位？从数据上看，答案似乎很明确。

制造业增加值是衡量制造业规模的关键指标。世界银行数据显示，我国制造业增加值自 2010 年首次超过美国，稳居世界首位，2022 年占全世界比重为 30.2%，成为全球工业经济增长的重要驱动力。

这些数据表明，中国制造业在规模上已遥遥领先。但如果有人据此认为“中国制造业已超越美国”，并不完全准确。

衡量一个国家的制造业实力，不能只看规模。中国工程院提出的“制造业综合指数”包含 4 个维度，即规模、质量效益、结构优化、可持续发展，下设 18 个二级指标，最后通过加权计算得出。制造业实力本质上体现的是一个国家的综合国力。

从这一综合视角看，二战结束以来，美国虽将部分中低端产能转移海外，其在高端制造、基础研究、核心技术、产业生态等方面的综合实力，仍稳居全球第一梯队，并未“空心化”。美国因产业转型等因素，制造业逐渐虚化、萎缩。德国、日本制造业综合指数处于第二梯队，其增长虽进入平台期，但底蕴深厚。而我国虽已跃升至第二梯队，在部分领域实现并跑甚至领跑，但在关键的质量和效益方面仍有明显差距。

当前，全球已迈入联合国教科文组织所定义的“Cyber-Physical（数字物理融合）”时代。我国制造业要实现“由大到强”，面临两个关键突破口，即前沿技术和顶尖人才。

首先，要抢抓新一轮科技革命机遇窗口，布局前沿技术，包括可能颠覆制造业的八大前沿方向，即人工智能 2.0 驱动的智能制造、纳米与原分子级制造、3D 打印、超滑技术、生物与仿生制造、超快激光、软体机器人、耐高温技术。中国在部分领域如超滑技术、纳米制造方面已处于国际前沿，但整体上仍需持续强化创新驱动，以解决当前面临的单位国内生产总值（GDP）能耗偏高、关键核心技术“卡脖子”等问题，补齐基础工艺、基础材料、基础部件、基础核心技术等四大基础短板，避免陷入德国、日本曾经历的“平台期陷阱”。需要注意的是，日本在这一轮竞争中曾采取“看不准加跟着走”的策略，但如今其传统三大工业支柱——家电、电子、汽车面临严峻挑战，日本科学界与企业界正为此进行深刻反思与调整。

其次，比技术更重要的是人才。联合国教科文组织对人才有一个经典的划分：顶尖的 2.5% 是“创新者”，能发现新原理、揭示新规律、发明新技术，实现“从 0 到 1”的突破；紧随其后的 13.5% 是“早期采用者”，能迅速把新原理、方法、技术转化为实际产品或解决方案；再往后则是大量跟随学习者。过去数十年，中国工业界通过快速学习、模仿、追赶国外成熟的工艺、技术和装备，以尽快缩小差距。但现在，我们已经从“跟跑”走向“并

跑”，甚至在某些领域开始“领跑”，随无可随，必须具备原始创新的力量。因此，无论是学术界还是工业界，当前最紧迫的任务之一就是系统性地识别、培养和具备原创能力和前沿科技应用能力的人才。只有如此，中国才能在全球科技与产业竞争中真正引领未来；否则，我们将永远无法摆脱“跟随者”的角色。

在清华大学，我们正在探索培养“双工人才”——既具备创造性思维，也能研发出引领性技术的人才。这要求他们不仅要有批判性思维，敢于质疑、独立思考，还要具备强大的抗挫折能力。创新的路上，九十九次失败可能才换来一次成功。现在的年轻人很优秀，但很多人在成长中缺少挫折的磨炼。当年，青年毛泽东和同学曾徒步千里，开展社会调查，锤炼出面对任何困难都不屈不挠的意志。

创新生态升级也至关重要。回溯科学发展史，可以看到科研模式的每一次跃迁都源于机制创新：科学研究最初由衣食无忧的贵族推动；19 世纪初，德国洪堡大学开始倡导“教学与科研统一”，使科研走向职业化；19 世纪后期，美国约翰斯·霍普金斯大学创立博士制度，将学生纳入科研体系，实现了队伍年轻化与规模化；而 20 世纪 70 年代，斯坦福大学在濒临破产的情况下进一步提出“教育—科研—产业”融合模式，通过低价出租校园土地吸引校友创业，催生出硅谷，实现知识向生产力的高效转化。

相较西方国家而言，中国现代科研体系起步较晚，直至改革开放后才重建硕博制度，科研力量逐步壮大。面向未来，要建设世界一流大学，把握制造业智能化转型的历史机遇，必须弥合高校与社会的“鸿沟”，在两者之间构建“握手区”——集金融支持和资本投入、技术研发与产业孵化于一体的协同平台，让接近应用阶段的创新成果在此加速成熟，既保持前瞻性、创新性，又回应产业对成本、稳定性和可靠性等现实需求。

“棠棣之花，思不俱远”，这是我对青年学子的赠言。纵使目标非常遥远，只要我们认清差距，找准方向，脚踏实地向着目标前进，久久为功，也许一个宏伟的目标就实现了。对于国家来说也一样，中国制造业由大到强的历史性跨越，只要上下一致，朝着目标迈进，就一定能实现。

（作者系中国科学院院士，本报记者冯丽妃据其在新疆科普专家报告团活动中的发言整理）



科学家发现全球河流入海磷通量“隐性平衡”现象

本报讯（记者崔雪芹）北京大学研究员李东锋课题组构建了一套包含 28 万条全球河流总磷浓度原位监测及相应的环境变量数据库，基于多模态机器学习方法揭示了全球 420 条主要河流过去 40 年的人海磷通量变化趋势（1980 年至 2019 年），发现了由北半球下降与南半球上升共同导致的“隐性平衡”现象。相关成果 12 月 13 日发表于《科学进展》。

研究揭示了河流磷入海的两种不同模式。结果发现，亚马孙河、刚果河等 57 条大型河流贡献了全球超过 80% 的磷通量，主导了全球入海磷通量的变化。与这种“大河主导”模式形成鲜明对比的是，流域面积小于 2 万平方公里的小型河流，其单位面积磷通量输出强度是大型流域的 5 倍以上，表明小流域磷管理在区域水环境健康和海岸带富营养化控制中的关键作用。

尽管全球入海磷通量在近 40 年间整体呈平稳趋势，但南北半球呈现强烈的区域异质性。北半球入海磷通量显著下降，而南半球入海磷通量却明显上升。研究基于可解释

机器学习算法，进一步阐明了磷肥使用和大坝建设是入海磷通量变化最主要的驱动力。南半球磷肥使用的持续增强导致了河流入海磷通量的上升，而北半球大量筑坝阻碍了磷的入海过程，驱动北半球入海磷通量的显著下降。

值得注意的是，水库中被截留的磷形成了巨大的“遗留磷”库，随着时间推移逐渐释放，可能造成长期且难以逆转的生态环境风险。研究进一步指出，当前磷管理中存在“空间错配”问题，磷控制措施多集中在发达地区和大流域，而磷污染的实际生态与社会经济影响却主要体现在发展中国家和小流域。

基于上述发现，研究团队提出了“精准溯源—源头减量—大坝调控—过程拦截”全链条流域磷管理的新模式。该模式遵循“诊断—预防—控制”科学原则，以污染源解析为基础，倡导磷管理策略与水利工程、环境工程的深度融合，希望为全球和我国的流域生态文明建设提供系统性解决方案。

相关论文信息：
<https://doi.org/10.1126/sciadv.ady5884>

科研人员找到调控大麦种子“睡多久”的“闹钟”

本报讯（记者冯丽妃）中国科学院青藏高原研究所研究员王昱程等联合丹麦、法国、英国等国的数十家科研机构，破解了大麦种子“睡多久”由谁说了算的问题，为基因组设计育种、构建可持续高性能农业体系提供了可能，也为应对未来极端气候变化与人口爆发性增长带来的粮食安全挑战提供了新途径。相关研究近日发表于《科学》。

种子休眠是指种子在适宜发芽的条件下仍“按兵不动”，直到环境真正安全才“启动”发芽，是农作物在驯化过程中被深刻改造的关键性状之一。

研究发现，一个名为 MKK3 的基因通过“拷贝数+激酶活性”双轮驱动，塑造了大麦在全球不同气候区的休眠节律。大麦种质基因组中控制种子休眠性状的基因 MKK3 双重调控大麦种子休眠时间，即 MKK3 存在 1 至 15 个不等的串联重复拷贝，同时携带 T260、Q165 等关键氨基酸变体。基因拷贝数越多，表达量越大，种子休眠性越强；氨基酸变异控制的激酶活性越强，种子休眠性越弱。二者协同作用，可实现对 MKK3 总体活性的精细调控，进而决

定作物种子的休眠特性。

通过对全球 1000 多份大麦种质的基因分析，团队重构了 MKK3 的演化历史，发现气候和农业需求是调控种子休眠 MKK3 类型的指挥棒。在东亚季风区，为避开采收期湿热天气，人类选择了休眠期长的“低活性模式”；在北欧地区，为满足啤酒酿造对麦芽快速、均匀发芽的需求，稳定保留了“弱休眠性模式”，并结合农艺措施规避风险；而在青藏高原，为适应高寒气候与提前收获的传统，裸大麦（青稞）拥有全球最强的 MKK3 活性，确保种子在严苛环境中仍能迅速萌发。

“这是把基因变异、气候变化和人类饮食文化写进同一史册。”论文共同第一作者王昱程说，“更令人兴奋的是，该成果为粮食抗逆育种提供了可操作的分子模块，MKK3 的双重调控机制可直接用于种子育种，通过‘拷贝数增减’或‘单碱基编辑’即可微调种子休眠期，进而控制种子的休眠与发芽，为当前全球气候变化条件下的农业可持续发展提供支撑。”

相关论文信息：
<https://doi.org/10.1126/science.adx2022>