

[新] 新知·把握科学研究新趋势

# 向极综合交叉发力，驱动创新加速跑

本报记者 刘诗瑶

人工智能与生命科学相结合，高效预测蛋白质结构，助力新型药物研发；材料学、临床神经科学以及工程技术等交叉融汇，脑机接口技术有望迎来新突破；量子计算融合了物理学和信息科学，推动计算科学的变革式发展……

近年来，科学研究向极综合交叉发力，学科交叉融合成为加快科技创新的重要驱动力，强化学科交叉成为推动科技创新的重要途径，有望产生更多颠覆性技术和引领性原创成果。

“科学研究向极综合交叉发力”的内涵是什么？将给科学研究带来哪些影响？记者采访了相关专家。

## 科学问题本身不再局限于某一学科，解决问题需要多学科协同支撑

什么是极综合交叉的科学研究？

在北京大学化学与分子工程学院教授吴凯看来，极综合交叉科学研究的核心，即科学问题本身不再局限于某一学科，解决问题需要多学科的协同支撑。

科学界普遍认为，极综合交叉的科学研究，旨在利用多个学科的知识与方法，在解决科学技术问题过程中进行深度融合和极限交叉，推动研究范式变革，开辟新的学科方向和研究领域。

极综合交叉的科学研究具备一些显著特征。“极综合交叉的科学研究往往具备一定科学问题导向。也就是说，它的研究模式通常围绕一个复杂的中心科学问题，需要多学科、多视角地提出解决方案。”吴凯说。

“当科学研究发展到一定阶段，某些单一学科维度上的突破将会变得异常艰难，急需不同学科交叉融合、协同探索，实现事半功倍的效果。”中国科学院工程热物理研究所研究员郑会龙说。

郑会龙主要从事智能飞行控制的科研工作，他以自己的研究为例。原本团队需要为航空发动机某一关键部件研制40多个零件，受益于3D打印技术，许多零件都能实现一体化设计制造，如今只需制造7个零件就能达到同样性能，极大提升了效率。“如果将3D打印技术和复合材料结合，把碳纤维材料编织于设备中，不但可以提高设备的耐损耗度和轻盈度，还能更利于设计成传感器，提升设备智能。”郑会龙说。

再如，传统飞机控制领域的科研工作，主要依托流体力学和控制理论的耦合实践。郑会龙团队正在抓紧攻关，将人工智能技术赋能飞行控制，帮助飞机塑造“智能大脑”，进行飞行姿态自主学习控制及自主学习轨迹规划，从而实现飞机自主飞行，这可能是未来巡飞行业的发展方向。

学科交叉融合释放的潜力巨大，如今，越来越多的科学突破和技术变革通过学科交叉融合而实现。

科学研究的交叉，不仅局限于自然科学或工程科学领域。专家认为，极综合交叉还应容纳自然科学与社会科学的“跨界”交叉融合。

中国科学技术信息研究所研究员徐峰表示，随着人工智能的发展，其科学研究已不仅是单纯的科技问题，也会涉及伦理道德和文化观念等问题，需要确保把有益于人类的价值观、道德观和法律法规贯穿于人工智能的产品和服务。为此，应该建立多学科的合作，加强科学家、工程师、政策制定者以及公众的参与，共同探讨人工智能的发展方向、应用领域和道德伦理问题。

如何理解极综合交叉的“极”？受访专家表示，交叉融合的“交叉”绝非简单的“1+1”，不是将两个学科简单拼凑到一起，而是在对原有学科精耕细作的基础上，甚至在不同维度和层面之间，找到与其他学科的内在逻辑联系，相互作用培育出新的学术增长点，创造出“1+1>2”的效果。因此，从事交叉融合科研探索，要谨防为了交叉而交叉，否则只会创新的边缘反复徘徊，浪费资源和精力。

## 极综合交叉的科学研究，推动解决前沿科学问题，产出重大科研成果

物理学家薛定谔利用量子力学和热力学探究生命本质，催生了分子生物学；屠呦呦从中医药中提取出青蒿素，开辟了人类抗疟疾的新途径……这些都显示了跨学科的创新力量。

极综合交叉的科学研究，不仅是推动基础科学研究和解决复杂技术问题的关键途径，也是促进经济社会发展的动力引擎。

表面科学是化学、物理学、纳米材料、能源环境乃至生命科学等学科的交汇。近年来，吴凯



北京大学化学与分子工程学院教授吴凯(右二)和团队成员讨论。

北京大学化学与分子工程学院供图

团队研制出国家重大科研仪器“超高时空分辨的离子化学研究系统”，这一系统融合了表面化学、凝聚态物理、超快光学、电子信息与工程等多个学科的知识和技术。

“这个系统能够将单个金属或非金属离子精准地软着陆到特定迁移介质表面，并实时监测单个离子在不同界面的迁移动力学、溶剂化过程、电荷转移和能量输运。”吴凯介绍，人们得以从宏观到微观、从静态到动态对离子的物理化学性质开展全方位的研究，直接为乏燃料安全处置、离子电池及资源回收等产业需求提供强有力技术支撑。

通过学科深度交叉融合，近年来我国取得了许多突破性进展成果。

在低维材料、表面物理和微观表征等多个学科的交叉研究中，清华大学教授、中国科学院院士薛其坤团队发现了“量子反常霍尔效应”，突破了人们对量子体系的物理认知，展示了极综合交叉研究的新范式，彰显了低维材料界面的新奇物性。这一科研成果获得了2018年度国家自然科学一等奖。

受益于量子化学理论与计算、催化化学和化学工程等学科的高度交叉融合，中国科学院山西煤炭化学研究所研究员李永旺团队开发出拥有完全自主知识产权的中温间接煤油成套技术。该技术不仅在保障我国能源安全方面具有重要战略意义，还为煤炭资源的高效清洁利用提供了新的途径。这一研究成果获得了2020年度国家科学技术进步一等奖。

这些案例表明，极综合交叉研究可以整合多学科的理论原理和

方法技术，推动前沿科学问题的解决，产出重大科研成果。

推动学科交叉融合是全球科技界的共识。专家认为，科学研究向“极综合交叉”发力的趋势，源自当代全球科技发展态势的深刻变革，以及科学问题的复杂性和多样性。如今，世界各国都在积极推动交叉学科研究，开拓科学视野，产生新的创新契机，带来新的解决方案。

极综合交叉的科学研究模式具有独特的创新驱动动力，更容易产生颠覆性技术和引领性原创成果。许多原始重大科学发现和技术进步，都来自学科间的思想碰撞和原理融合。近年来，相当一部分诺贝尔自然科学奖是交叉学科碰撞出的火花。比如，今年的诺贝尔化学奖授予了在蛋白质结构预测上作出突出贡献的3位科学家，这是综合科学研究产出的又一代表性成果。

## 打造交叉、开放和共享的学科运行机制，大力培养综合交叉科学研究人才

做好极综合交叉的科学研究，需要在哪些方面发力？

吴凯建议，在硬件方面，要加快重大高端科研仪器的自主研发。科学研究的跨学科融合，离不开重大高端科研仪器的创新与突

破。重大高端科研仪器的自主研发和创制本身也是极综合交叉科学研究的产物，靠的是从基础原理、先进材料与加工、核心元器件、关键电子技术到系统集成的全链条创新。

目前，我国科研体系仍主要建立在传统的学科分类上，师资、人才、资金甚至科研仪器等资源主要围着单一学科转，这使得从事交叉学科的科研人员在科研项目申请、评审环节往往遭遇尴尬，影响科研积极性。徐峰建议，要逐步改变我国学科区分的现状，打造一套交叉、开放和共享的学科运行机制，在项目申报和评审阶段，深入推进更加精细化的改革。2020年11月，国家自然科学基金委员会成立交叉科学部，负责统筹国家自然科学基金交叉科学领域整体资助工作，就是一项探索。

此外，还需大力培养综合交叉科学研究的人才。郑会龙介绍，尽管团队主要从事工程应用科学研究，但在近年招生中，团队倾向于吸纳拥有交叉学科背景的成员，还会有针对性地发现并培养优秀的交叉科学研究青年人才。当前，许多高校科研院所设立多学科交叉融合培养的教学模式、开办通识教育课程，旨在加强复合型创新人才培养，也取得了一定成效。

自然科学致力于揭示自然规律，社会科学则注重人类社会。吴凯认为，极综合交叉还应积极推动自然科学与社会科学的“跨界”融合，这两者之间的极综合交叉将为提升我国科技与文化创新能力、促进人类文明的可持续发展与健康贡献中国智慧与中国力量。

## 创新谈

登月服外观首次公开亮相，充分展示了我国载人月球探测任务的阶段性成果，有力彰显了中国科技自信

前不久，中国载人航天工程办公室向社会发布登月服征名活动，并首次公开中国登月服外观。登月服的亮相，充分展示了我国载人月球探测任务的阶段性成果，标志着我国航天服技术进入新的发展阶段，也体现了我国航天事业的不断攀高，有力彰显了中国科技自信。

作为未来载人月球探测任务核心装备之一，登月服制作工艺复杂精密，科技含量极高。登月服主要用于航天员执行月面出舱活动任务时的生命保障和作业支持，能够对月球表面的真空、高低温、月尘、辐射等复杂环境进行综合防护。着航天员可以完成行走、攀爬、驾车、科考等月面出舱活动作业。登月服很轻便，穿着可蹲可弯，综合防护面料可有效防护月面热环境及月尘影响，全景式防眩光面窗能够提升视觉工效，头部两侧配置的长短焦距摄像机可实现远近景视频摄录……这些科技感十足的细节，将为我国首次载人登月任务的顺利实施保驾护航。

登月服是航天科研人员历经4年攻关，突破了多项关键技术所研制，它的诞生凝结着航天科研人员的心血和汗水，是航天服技术传承创新的结果。目前世界上只有少数国家具备航天服自主研发能力。随着我国载人航天事业的蓬勃发展，舱内航天服防护了35人次航天员安全进出太空；我国自主研发的第一代、第二代“飞天”舱外航天服目前已支持17名航天员、33人次成功执行17次出舱活动，有力保障了我国空间站的建设和高效运行。每一项航天成果都来之不易，仅舱外航天服的头盔面窗制作就需经过47道工序，舱外手套尺寸公差不能超过1毫米，舱外航天服的金属“硬躯干”上不能有超过0.1毫米细微毛刺……在继承中创新发展，登月服根据登月实际需要，总体更加修长，对航天员的适体性要求更高，减重设计对整个服装的工效保障能力提出了更高要求。

登月服研制源于我国航天事业的深厚积累，凝聚着中华民族自立自强、自主创新的不懈追求和奋进力量。从神舟飞天、北斗闪耀、“嫦娥”揽月到中国空间站遨游太空，中华民族奔赴星辰大海的步伐从未停歇，中国航天人从蓝图绘梦到奋斗圆梦，走出了一条中国特色自主创新道路，推动航天事业从无到有、从弱到强，实现历史性、高质量、跨越式发展。瞄准2030年前实现中国人首次登陆月球的目标，自主创新的力量将稳稳托举这个梦想的实现。

登月服外观融合了历史传统和现代元素，惊艳的设计根植于创新文化的自信。登月服蕴含中国航天独有的浪漫情怀，上下肢红色装饰带增强了视觉上的力量感和修身效果。上肢装饰带设计成优雅飘逸的“飞天”飘带造型，下肢装饰带设计成火箭升空尾焰造型，上下呼应，形成一飞冲天的姿态。服装总体硬朗刚毅，展示出征的庄严气魄和非凡勇气，传递出中华民族开拓进取、勇毅前行的意志精神。登月服征名公告一经发布，受众参与度高，网络留言踊跃，印证了航天事业蓬勃发展对文化自信的助推效应。

中国载人登月的大幕已经拉开。嫦娥六号任务圆满成功之后，航天员队伍正在抓紧训练，长征十号运载火箭、新一代载人飞船、月面着陆器、载人月球车等关键装备也在紧锣密鼓地研制中，登月服等一系列重要关键技术陆续突破，为我国实现2030年前载人登月奠定了坚实基础。梦圆登月，值得期待。

# 登月服展现中国科技自信

刘诗瑶

## 新闻速递

### 海上丝路国家海洋空间规划工作交流会举办

本报电 日前，海上丝路国家海洋空间规划工作交流会在北京召开。大会由中国海洋发展基金会主办，国家海洋技术中心、厦门大学、自然资源部海岛研究中心、海南省海洋厅承办，旨在凝聚各方资源力量，搭建合作平台，交流分享认识海洋、保护海洋等方面的最新科技成果与解决方案，助力共建“一带一路”沿海国家海洋经济高质量发展。大会发布了《助力共建“一带一路”海洋可持续发展合作倡议》和《助力共建“一带一路”海洋可持续发展的八项行动》。(刘诗瑶)

### 中学生英才计划激发科研兴趣

本报电 记者从中国科协获悉：2024年“中学生英才计划”培养中学生1800名左右，比去年增加100名左右，正式实施城市已扩大到25个，58所知名高校、300多所中学参与其中。该计划由中国科协、教育部于2013年起共同组织实施，主要任务是选拔一批品学兼优、学有所长、具有创新潜质的中学生走进大学，在为期一年的培养过程中，使学生体验科研过程，激发科研兴趣，提高创新能力，树立科学志向。(喻思南)

### 西部生态屏障建设相关丛书发布

本报电 近日，“科技创新与美丽中国：西部生态屏障建设”丛书发布。该丛书由中国科学院组织编写，是基于重大咨询项目“科技支撑中国西部生态屏障建设战略研究”的研究成果。丛书首批发布了总体研究报告《科技支撑中国西部生态屏障建设的战略思考》和《科技支撑青藏高原生态屏障区建设》等5本专题研究报告。该丛书可为了解西部生态资源作用等提供参考。(吴月辉)

本版责编：喻思南

专家建议——

## 加快发展新一代生物育种技术

孙照然 喻思南

生物育种技术是保障粮食安全和重要农产品稳定供给的有力支撑。近年来，我国农业生物育种发展成效显著，农作物良种覆盖率在96%以上，自主选育品种推广面积占比超过95%，良种对作物增产贡献率达45%以上。生物育种技术发展有何趋势，如何提升我国种业创新水平？近日在北京召开的2024年长城工程科技会议生物育种主题大会上，多位院士专家展开研讨。

“随着前沿育种技术与大数据、人工智能深度融合，生物育种正由经验育种、常规育种向智能育种方向发展。”中国科学院院士、崖州湾国家实验室主任李家洋表示，当前全球种业已进入密集创新和产业变革时代，智能设计育种成为未来竞争制高点。

中国工程院院士万建民介绍，近年来，我国种质资源保护与利用体系日趋完善，基础研究与前沿技术创新取得积极进展。比如，主导完成了水稻、小麦、玉米、大豆等主要农作物基因组的测序或重测序。在育种技术方面，水稻等杂种优势利用技术国际领跑，攻克小麦染色体工程技术难题，分子标记技术已经在主要农作物广泛应用。

基础研究是驱动生物育种发展的创新源泉。与种业发达国家相比，我国种业基础研究的关键核心技术仍存在一些不足。比如，主要农作物重要性状形成的遗传基础与调控网络研究不系统，高产优质、抗病虫、耐旱、养分高效等重大基因挖掘不够，等等。

中国工程院院士、中国农业科学院院长吴孔明表示，要夯实种质资源育种的战略性基础，加大生物育种关键技术攻关。进一步加大种质资源搜集、保护、鉴定和育种材料创制力度，阐释优异种质资源形成与演化规律。同时，深化育种理论方法研究，持续推动生物育种关键技术创新，使育种技术向智能化、精准化发展，培育新一代重大新品种。

企业是科技创新的主体。总体上看，我国农作物种业企业整体仍呈现数量多、规模小、竞争力不强的特点，工程化育种技术体系尚未建立。种业企业创新能力短板如何补？万建民建议，支持种业龙头企业整合育种材料、技术、人才等要素资源，扩大商业化育种规模，提升种子企业创新能力。此外，还可以通过引导科研单位建立技术转移中心，加速公共财政支持形成的新品种新技术向企业转移。

“种业创新离不开完善的知识产权保护体系支撑。”万建民表示，要以新基因、新技术、新品种知识产权保护为抓手，持续深化知识产权保护意识，系统设计并整体布局知识产权保护全球化战略，不断完善知识产权保护机制，加快构建企业、高校、科研院所相互支撑、相互协同的知识产权保护联盟，确保关键核心技术自主可控。

## 专家观点



近日，原创沉浸式戏剧《华夏之光·文明的烛火》在中国科技馆首演。该剧以浩瀚宇宙中的天关客星与蟹状星云之间的神秘联系为开篇，巧妙地将观众的视线从遥远星空拉回到华夏大地，通过宋代水运仪象台与现代海陆空观测站的遥相呼应，构建了一幅波澜壮阔的科学发展画卷。图为《华夏之光·文明的烛火》剧照。中国科技馆供图