



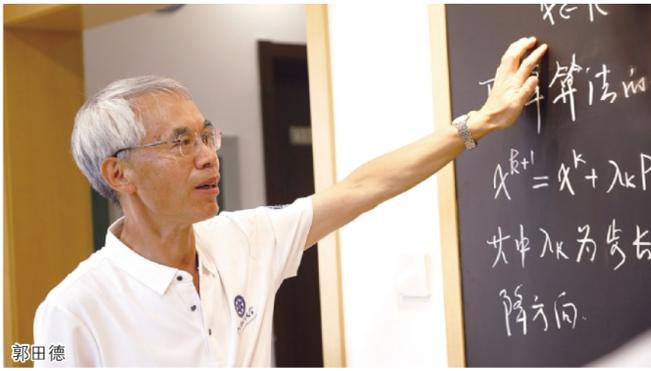
将前沿技术“搬”进课堂，探索“超常规”教育

■本报记者 赵宇彤

“交叉学科的碰撞能催生颠覆式的创新火花，培养复合型创新人才。”2025 年 3 月，中国科学院大学（以下简称国科大）迎来了“新成员”——前沿交叉科学学院，回望一年的发展，郭田德颇为感慨，“学院从‘建起来’到‘转起来’，如今正走向‘强起来’”。

作为国科大数学科学学院教授、前沿交叉科学学院院长，尽管已年逾六十，郭田德依旧奔波在中关村、玉泉路、雁栖湖 3 个校区。“回顾 2025 年，我在实施中国科学院急需紧缺领域博士培养工程中积极探索，常感责任重大。”郭田德告诉记者，交叉学科人才培养正是其中关键。

近日，凭借在教育创新、科研转化与人才培养领域的突出贡献，郭田德荣获“中国科学院先进个人”称号。



郭田德

中国科学院大学供图

主动拆除“围墙”

“纵观科技发展的历史，特别是近代科学与技术的发展，我们发现大多数重大科学和技术成就并非来自单一学科，而是源于交叉学科。”谈及成立国科大前沿交叉科学学院的初衷，郭田德告诉《中国科学报》。

尽管近年来，以 DeepSeek 为代表的一系列科技成果彰显了我国自主创新能力的提升，但郭田德表示，“整体来看，我国的创新成果依旧较少，与西方国家仍存在一定差距”。

鉴于此，为满足国家重大需求，尽快培养更多的拔尖创新人才，国科大立足优势学科发展基础，主动拆除不同学院、学科、专业的“围墙”，筹建前沿交叉科学学院，秉持“大平台、大团队、大交叉、大协作、大项目”思路，坚持“问题导向、项目牵引、平台支撑、团队协同”的理念。

“学院成立时提出 3 个重点：一是打破学科壁垒，深度融合；二是所有学生必须依托国家重大任务，采用项目制培养模式；三是招生培养就业一体化，要从就业倒推招生培养。”郭田德表示。

据郭田德介绍，前沿交叉科学学院遴选首批导师 855 人，涉及数学、计算机科学与技术、集成电路科学与工程、

控制科学与工程、信息与通信工程、电子科学与技术、物理学、化学、光学工程等 23 个一级学科。

“国科大前沿交叉科学学院面向国家重大战略需求，坚持以立德树人为根本。”郭田德说，学院致力于培养具有多学科研究背景和国际视野的高级人才，他们应该具有高度社会责任感和事业心，掌握相关交叉领域坚实的理论基础和系统深入的专业知识，具有较强的批判性思维和创造性思维，能够预测、发现、解决相关领域基础理论的核心问题或关键技术问题，具有独立从事前沿领域科学研究和解决实际问题的能力，做出创造性研究成果。

“超常规”人才培养

在前沿交叉科学学院的首届开学典礼上，接过印有学院名称的大旗时，郭田德无比激动。

“现在的科技难题，没有一个能靠单一学科解决。”他反复强调，“这些交叉实际上是‘化学反应’，不是‘物理反应’，不是 1+1=2，而是 1+1>2。”

因此，前沿交叉科学学院决定探索“超常规”的人才培养模式。“通过原学科、交叉学科、企业的三导师制，实现跨学科人才培养、与产业界密切合

作。每名学生在入学之初，都要根据世界科技前沿和产业一线的真问题确定选题，制定个性化研究方案。”郭田德告诉记者。

前沿交叉科学学院没有本科生、硕士生，只招博士生；学生依托国家重大任务选题；毕业标准不唯论文、专利、应用成果都能作为考核依据。

此外，郭田德还格外强调基础学科的重要性。“国家重大任务中的科学问题需要数学等基础学科的支持，很多交叉学科的核心问题实际上也是数学问题。”郭田德表示，前沿交叉科学学院吸纳了来自数学等基础学科的师生。

“我们要培养的是‘T 型人才’，既有专业深度，又有跨学科广度。”为了实现这一目标，郭田德带领团队重构课程体系，建成覆盖 52 个一级学科、1500 余门课程的新体系。此外，他还常常邀请不同领域的专家学者，讲解人工智能、量子科技等前沿内容。

“我参加‘组合优化+人工智能’项目时，曾经非常担心自己跨领域知识不足。”国科大前沿交叉科学学院院长张萌回忆道。得知其担忧后，郭田德特意安排她去听人工智能领域的学术会议，并安慰她“不要怕跨学科，这是你们的优势”。“我们的目标，是让学生成为解决‘卡脖

子’难题的生力军。”郭田德说。

将前沿技术“搬”进课堂

直面最前沿的科技问题，是郭田德在教学中一以贯之的准则。在他的组合优化课上，有一个生动的案例——指纹识别，这是他和团队深耕近 30 年的重要成果。

上世纪 90 年代，曾有一个棘手难题摆在国家安全部门面前：数据库里的 10 亿枚指纹，如何实现快速精准匹配？郭田德尝试从数学领域寻找解法。他带领团队着手指纹自动识别算法及其应用的研发工作，建立高效的大库指纹匹配算法。

郭田德回忆道，他带领团队从组合优化理论入手，建立优化模型、设计求解算法……有一次，他们在实验室里连续熬了 3 个月，只为对比上万组指纹数据，反复调整参数。最终，郭田德团队研发的优化模型与算法达到国际领先水平。相关技术应用于全国多个省区市的警用指纹自动识别系统，荣获了公安部科学技术奖二等奖、国际运筹学会联合会运筹学发展奖二等奖。

郭田德常在课堂上介绍这一成果：“你们看，这个指纹匹配算法就是用咱们们的组合优化知识做的。”

“这让我们认识到数学并不局限于知识层面，也在国家和社会的保障中发挥了巨大作用。”国科大前沿交叉科学学院院长李宇说，这是一门既有温度又有广度和深度的数学课。

随着人工智能浪潮的兴起，郭田德敏锐地捕捉到这一前沿方向，提出了“学习最优化方法”的概念，设计了旅行社问题、背包问题、二次指派问题等组合优化问题的人工智能求解方法。

此外，郭田德还尝试通过建立数学模型，探索“小算力、强功能”的新型人工智能模型。“很可能多年都做不出来。”他坦言，“但我们国家要实现科技自立自强，就要有人做这方面的工作。”

我身边的双先

“蓝色幽灵”月球着陆器数据挑战固有认知



本报讯 一年多前，由美国萤火虫太空公司制造的“蓝色幽灵”月球着陆器传回了其采集的最后一批数据。这些数据有哪些新发现？近日，“蓝色幽灵”两台主要仪器测得的结果在月球与行星科学大会上公布。

美国国家航空航天局（NASA）主导的“商业月球有效载荷服务”（CLPS）计划，旨在资助相关企业以比 NASA 更快、更经济的方式将货物和科学实验送至月球表面。由于此前另外 3 次着陆尝试均失败，耗资 1.5 亿美元的“蓝色幽灵”月球着陆器成为 CLPS 计划首个成功的项目。

据《科学》报道，在许多行星科学家看来，CLPS 计划的真正考验不仅在于能否安全着陆，还在于能否从“阿波罗”计划登月点以外的区域获取有价值的信息。美国得克萨斯理工大学地球物理学家、“蓝色幽灵”号热流探测仪首席研究员 Seiichi Nagihara 表示，这些发现颠覆了除月球近地侧热点外，其余区域均为冷区的传统认知。“我们可能不得不放弃这种二元划分。”

为寻找平坦的地形，“阿波罗”计划的宇航员降落在面向地球的黑暗火山平原上。当宇航员将探测器插入月壤中以测量月球内部的热量时，他们发现温度远高于预期。分析测量表明，这种高温是由包括钍在内的大量放射

性元素所致。富含钍的区域仅占月表的 15%，却包含了超过一半的熔岩流。研究人员认为，月幔富含放射性元素，导致其晚期的喷发，从而形成了近地侧独特的火山“海洋”。

“蓝色幽灵”月球着陆器则着陆于“危海”——一片远离钍信号源的火山平原，其内部温度应该较低。这相当于 1500 千克、呈金字塔形、大小与轿车相当的探测器搭载了 10 台仪器，其中包括“月球地下快速热流探测仪”（LISTER）和“月球磁测深仪”（LMS），后者通过测量月表的磁场和电导率来推测月球深处的温度。

LISTER 发现，该区域的热流几乎与“阿波罗”17 号着陆点的热流相当。Nagihara 认为，这表明钍及其他产热元素可能在近地侧热点之外的更广泛区域分布。同时，LMS 的数据可能支持这样一种观点，即导致热流的放射性元素主要集中在靠近月表的月壳中，且总体含量较少。LMS 首席研究员、美国西南研究院行星科学家 Robert Grimm 研究了位于钍热源中心的“阿波罗”12 号着陆点的电导率数据，发现 200 公里深处的月幔温度低于预期。在“危海”区域，情况也类似。

Grimm 认为，月幔温度偏低表明，放射性加热和熔融可能并未导致形成月球近地侧火山平原的喷发。岩浆之所以能喷涌而出，仅仅是因为那里的月壳恰好比其他地方更薄。印度物理研究实验室的行星科学家 Durga Prasad 对此表示赞同：“火山活动可能更多受月壳结构控制，而非异常高温的月幔。”（文乐乐）

全球首个气溶胶 AI 预报模型来了

39 秒看清未来 5 天大气污染

■本报记者 高雅丽 实习生 朱阳熹

清晨拉开窗帘，天气预报明明是“晴”，天空却蒙上一层灰。走上街头，一阵风卷起尘土，不仅迷了眼，连嗓子也发干。很多时候，决定一天“呼吸体验”的，是大气中那些看不见、摸不着的微小颗粒——气溶胶。

气溶胶来源复杂、变化迅速，一直以来是环境预报中的难题。近日，中国科学院大气物理研究所研究员张慧正和张小曳院士团队发布了全球首个气溶胶-气象耦合人工智能（AI）预报模型——AI-GAMFS。该模型仅需 39 秒，即可完成未来 5 天、时段精细至 3 小时的全球业务化预报，在沙尘、黑碳、硫酸盐等关键组分的预报精度上优于国际主流物理模型。相关成果发表于《自然》。

论文第一作者、中国气象科学研究院副研究员桂柯告诉记者，AI-GAMFS 仅需 39 秒就能完成 54 个关键环境气象要素的全球 5 天预报。由于这个速度太过“离谱”，一位审稿人决定亲自验证。他下载了全部数据和模型，在自己的服务器上复现了一遍。

“审稿人‘跑’下来是 40 秒，和我们说的基本一致。模型运行非常顺畅，他确认我们没有夸大，随即给出了审稿通过的意见。”桂柯说。

从“气象预报”迈向“组分解析”

近年来，AI 技术在天气预报业务中的应用已取得很多进展，“盘古”“伏羲”等气象大模型已能用 AI 快速预报温度、气压、风速等常规气象要素。然而，

从“预报天气”到“预报大气成分”，是一次难度上的跃升。

“气象预报只需考虑温、压、湿、风等物理量，但气溶胶预报要把大气中的‘东西’拆开了看。”桂柯解释道，气溶胶并非单一物质，而是大气中一群来源各异、性格迥异的“居民”，通俗来说，就是悬浮在大气中的各种颗粒物：城市雾霾中的硫酸盐、硝酸盐，来自人为排放；沙尘暴中的粗颗粒，来自戈壁沙漠；野火燃烧产生的黑碳、有机碳，来自森林和秸秆焚烧；甚至海面上的浪花飞沫，也会产生海盐气溶胶。

这些不同来源、不同成分的颗粒物，对人体健康、气候变化、生态系统的影响截然不同。

“细颗粒物深入肺部，影响呼吸系统；沙尘虽粗，却能遮挡阳光、改变区域温度；黑碳沉降到冰川，会加速冰雪融化。”桂柯表示。因此，气溶胶预报不能只报“总量”，必须把每一种组分“拆开”预报。

传统的预报方法是将数值天气预报结果输入大气化学传输模型，模拟成千上万种化学反应和物理过程。但是，对气溶胶与气象之间复杂的“反馈”关系，传统模型往往力不从心。

车慧正表示，大气成分本身就已经足够复杂。“大气中有上万种组分，每一个组分从哪儿来？是人为排放还是自然过程产生的？来源极其复杂。”更为棘手的是，这上万种组分时刻在发生反应。“谁影响了谁，联系程度有多大，这在数学上非常难表达。再加上

研究揭示为何疼痛总在夜晚加剧

本报讯（记者陈欢欢）许多疼痛患者都有这样的切身体会：白天疼痛相对轻微，可一到夜深人静时，疼痛会明显加剧，让人备受煎熬。中国科学院大学教授张智团队解开了疼痛昼夜波动的神经密码，阐明了上述现象背后的原因。近日，相关研究成果发表于《科学》。

研究团队选取昼夜伏出的小鼠作为研究对象，检测了疼痛模型小鼠的疼痛敏感性变化，发现夜行性小鼠在白天休息时对疼痛格外敏感；而人类作为昼行生物恰好相反，在夜晚休息时痛感更强。这说明，疼痛的昼夜差异是生物界的普遍规律，我们的身体就像装了“痛感调节器”，活动时悄悄把痛感调弱，休息时却将其放大。

研究人员表示，操控这一“痛感调节器”的是大脑下丘脑中一个名为视交叉上核（SCN）的区域。它是身体的“主生物钟”，就像一个精准的指挥

中心，睡眠、体温变化、激素分泌的节律都由它统一调度。团队利用先进的病毒示踪技术，成功在实验小鼠体内追踪出一条从下丘脑 SCN 通往脊髓的疼痛调控神经环路。研究发现，受 SCN 昼夜节律性活动调控，这条神经环路上的神经元昼夜活跃度完全不同，像遥控器一样可以精准控制脊髓上行传递的痛觉信号强弱。小鼠的 SCN 白天更兴奋，驱动这条环路把痛觉填满；而到了夜间，SCN 活动减弱，痛感自然降低。团队还发现，人为调节这些神经元时，小鼠原本的疼痛昼夜差异竟然消失了。这些结果表明，正是这条神经环路的节律性活动造成了昼夜的痛感区别。

这一成果为临床上优化疼痛治疗方案、完善时间疗法模式提供了全新的理论依据。

相关论文信息：<https://doi.org/10.1126/science.ady6455>

科研人员挑战深度学习优化难题

本报讯（通讯员王瑞霞 记者陈彬）近日，北京交通大学教授周声龙、罗自炎团队在《自然-机器学习》发表研究成果，为深度学习优化领域的技术突破提供了全新解决方案。

当前，基础大模型的快速发展正在全球范围内引发范式转变，深刻重塑各行各业的发展模式。但长期以来，训练这些大模型所采用的主流优化器均基于随机梯度下降算法开发，存在收敛速度慢、对收敛条件假设苛刻等固有局限，特别是在分布式环境中出现的数据异构性问题，给算法的理论分析与数值性能带来了巨大挑战。这些已成为资源受限下制约大模型高效训练与广泛应用的关键瓶颈。

针对挑战，研究团队提出了一种全新的优化算法——预条件非精确随机交替方向乘子法（PISA）。该算法

突破了收敛效率低、强假设依赖、计算复杂度高等泛化性不足四大核心瓶颈，为大模型训练提供了更高效稳健的技术路径。

该算法的创新之处在于，通过预条件化框架整合二阶信息、动量与正交化等技术，实现了高效并行计算，可适配各类大规模深度学习场景。与传统算法相比，PISA 展现出显著优势：在理论层面，在弱假设下实现线性收敛，因无需数据独立同分布、梯度有界、方差有界等强约束，能有效处理数据异构性难题；在实践层面，其衍生变体计算高效、泛化性强，在视觉模型、大语言模型、强化学习、生成对抗网络等多种模型架构的训练与微调中，收敛速度、精度与稳定性均超越主流优化器。

相关论文信息：<https://doi.org/10.1038/s42256-026-01182-3>



近日，中国科学院古脊椎动物与古人类研究所研究团队在《古脊椎动物学报》上报了了在云南曲靖早泥盆世西山村组中发现的多鳃鱼类一新物种——短耳鳉甲鱼，并据此建立了一个新科——鳉甲鱼科。

这一发现不仅丰富了我国早泥盆世鳉甲鱼类的物种多样性，更揭示了多鳃鱼目从半埋藏向表层底栖生活方式演化的重要过渡，为理解早期脊椎动物的生态适应提供了化石证据。图为短耳鳉甲鱼生态复原图。

相关论文信息：<https://doi.org/10.19616/j.cnki.2096-9899.260113>

本报见习记者蒲雅杰报道 杨定华/绘

车慧正向记者回忆起这段历程。他们从单点做起，逐步建立起覆盖全国的气溶胶观测网络，不仅解决了数据“准不准”的问题，还让中国的观测基准与欧洲、美国实现了统一。“有了这些宝贵的数据，我们才能进行模式的验证、AI 的训练。”

读博期间，桂柯就利用这些观测数据做了全球尺度的气溶胶变化研究。“当时只是为了摸清规律，没想到有一天，这些几十年的积累会和 AI 碰撞出火花。”桂柯说。

一个有趣的发现是，AI-GAMFS 甚至能通过海盐浓度分布的变化，在一定程度上“追踪”台风路径。

“台风在海面上生成、移动时，会把海面的海盐颗粒大量卷起，因此沿途往往伴随着较高的海盐浓度信号。虽然没有通过低压中心定位台风眼那么准，但能看到大模型确实学到了一些海气相互作用的物理逻辑，这超出了想象。”桂柯说。

严苛验证下的“真本领”

AI-GAMFS 的“学习成果”到底如何？这是国际学术同行最关心的问题。为了回应评审专家对预报精度的关切，团队展开了“地毯式”的验证。

他们不仅引入全球气溶胶自动观测网和中国气象局气溶胶遥感观测网，还利用中国气象局大气成分观测网的数据，在中国境内多个观测点进行了深度评估。（下转第 2 版）