

前不久,第67届国际数学奥林匹克竞赛(IMO)举行,中国代表队夺得团体第一名。赛场外,一场关于AI与数学的较量同样引人注目。多个大模型在此次竞赛中获得了满分成绩,中国科学院数学与系统科学研究院研发的数学研究智能体系统独立攻克了全部6道赛题。

与此同时,2026年国际数学家大会(ICM)上,菲尔兹奖得主陶哲轩在公开演讲中表示,数学正在迎来一场百年新危机,而这场危机正是来自AI。

AI风暴席卷数学界,人类如何主导

■朱震昕

热点追踪

我们用的AI,是怎么解决数学题的

问:现在大众经常使用DeepSeek、豆包等AI大模型,不仅和它们对话,还会用来解决数学题。从原理上讲,大模型是如何解答数学题的?

答:大模型解决数学题,本质上还是依靠Transformer架构下的概率生成模型。当我们输入一个数学问题时,模型会根据它在训练时“看过”的海量数学书籍、论文和题库,计算出下一个Token(词元)的概率分布,最终给出它认为正确概率最高的答案。

所谓“概率最高”,意味着在大模型的认知里,最符合已有数学语境,逻辑连贯的答案会被优先生成。比如说,如果你问它一道已知题库里的原题,那么题库里原题的解法就是概率最高的选择,它会直接输出相同的答案。

也正因为是概率解答,有时会产生“幻觉”,给出看似合理、实则错误的证明。

问:此次在IMO中发挥出色的数学研究智能体系统,和大模型有什么不同?

答:首先,目前常用的通用大模型,推理数学题时采用的都是自然语言证明。数学研究智能体系统则可以提供自然语言证明与对应的形式化版本。

我们在数学教科书、学术论文里看到的绝大多数数学证明,都是自然语言证明。简而言之,只要是人能直接阅读、依赖人类逻辑习惯写出来的数学证明,都属于自然语言证明的范畴。

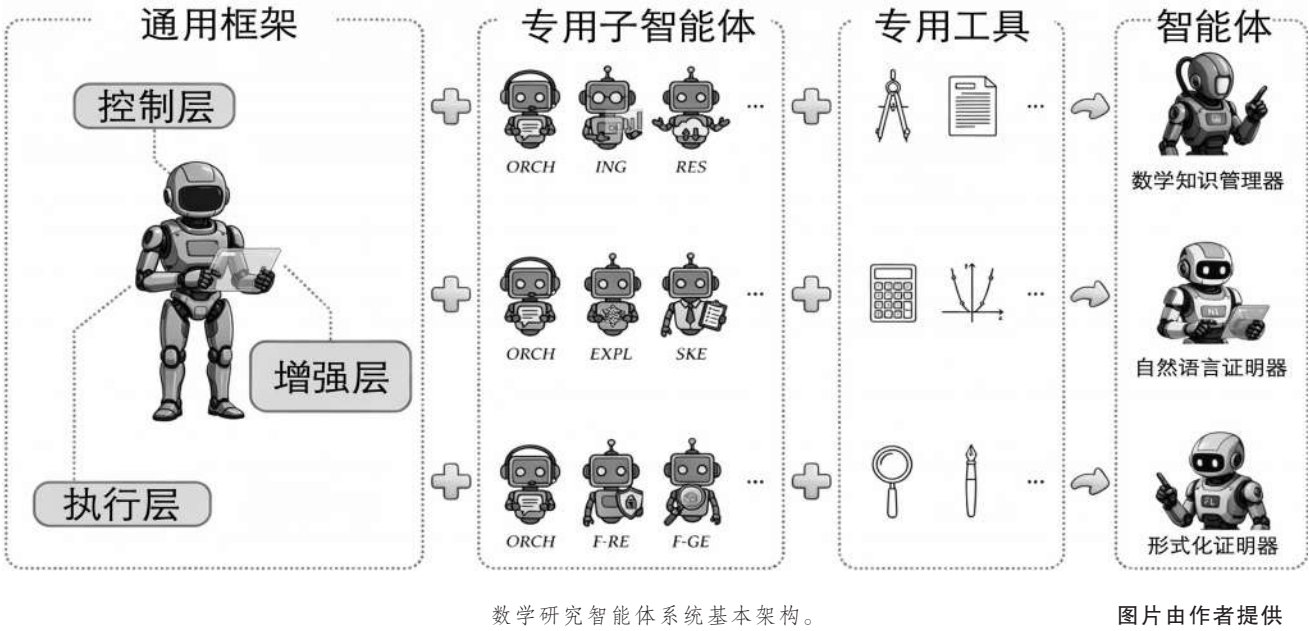
自然语言具有很强的表达能力,但也可能容纳大量隐含信息。例如:“容易看出”中可能藏着一个并不成立的推论,“类似可得”可能遗漏边界情形、证明过程中可能悄悄改变了对象的定义,等等。大模型特别擅长生成结构完整、语气自信、符号漂亮的自然语言文本,即使输出了错误的答案,人类也很难发现漏洞。

今年以来,AI攻克数学难题的新闻层出不穷。数学界开始思考:AI时代,数学将走向何方?关于这一问题,中国科学院数学与系统科学研究院研究员高小山,给出了他的答案。

面对AI的迅猛发展,他的回答也在启示我们:科学研究只有主动适应变化、积极拥抱浪潮,才能化挑战为机遇、乘大势而快上;与此同时,拥抱不等于盲从,使用不等于依赖,AI说到底只是一位超级助手,科学研究中最为宝贵的、真正定义科学未来的,永远是人类提出问题的创造力。



高小山素描画。



数学研究智能体系统基本架构。

图片由作者提供

更长、更复杂的形式化证明,比如这届IMO最复杂的第三道组合博弈题,数学研究智能体系统生成了近3000行形式化代码;二是经过检验的形式化证明,正确性较高,且可被独立复现与溯源,从而能够降低证明过程中的幻觉风险。

人类还需要数学家吗

问:AI能为数学研究带来哪些实际帮助?

答:在数学研究中,AI可以在以下几个环节发挥作用:

证明审计。系统可以沿着论文的推理链条逐项检查条件,寻找漏洞、错误引用,并生成反例。

定理证明或证明思路。系统会努力生成定理证明。在不能生成证明的情况下,会告知证明的进展与卡点,以及进一步证明的可能路径。

证明补全与文献检索。数学家给出核心构想后,智能体可以承担大量中间引理补全、库检索等工作。

新结果形式化。对得到的证明进行形式化验证,确保证明的正确性。

符号计算认证。计算机代数系统产生的复杂恒等式、有限分类和计算证书,可以被进一步纳入形式化证明。

长期项目记忆。定义、定理、部分证明、反例和失败路线被组织成可复用的知识图谱,后续工作就不必从零开始。

问:近期,王虹、邓煜荣获菲尔兹奖,引发了公众对数学研究的高度关注。然而,在AI数学解题能力突飞猛进的背景下,有人将2026年的菲尔兹奖称为“最后一届没有AI的菲尔兹奖”,甚至假想以后数学难题都将由AI解决。您对此怎么看?

答:作为相关领域的研究人员,我倾向于更严谨、中肯的看法。

目前的数学智能体,还无法凭空解决像挂谷猜想这样需要开创性理论框架的顶级难题。它更多是扮演研究助手角色,帮助数学家完成繁琐的推导、在证明“卡壳”时提供建议、加速局部的证明过程。

我认为,AI不会完全取代数学家。提出好问题、提炼核心概念、构建全新理论框架,这些依然是人类的专长。未来AI会成为数学家标配的工具,可能会让我们的研究效率提升数倍甚至十倍,下一届菲尔兹奖的研究成果里大概率会有AI的影子,但主导权依然在人类手中。

航空电源的百年迭代与未来征程

■孟飞

科普笔记

万米长空,战鹰撕裂长空。仪表实时刷新姿态,电传飞控精准调控机动,火控雷达扫描广袤空域,机载武器蓄势待发……这一切的平稳运转,都离不开一套隐匿在机身里不可或缺的核心支撑——航空电源系统。

从早期简易的铅酸蓄电池,到如今智能化高压直流电网,航空电源的每一次技术跃迁,都非简单的电压刻度爬升,而是空战规则的重塑与战机性能的提升。

航空发展初期,轻型双翼机用电需求极简,仅座舱照明、简易无线电和基础机械仪表需要用电。民用汽车12V铅酸蓄电池,就能勉强满足航空电源的需求。

随着战场需求的牵引和军事技术的迭代,低压直流发电机应运而生,成为当时航空装备的能源基础。这套系统架构简洁、启动快、易维护,高度适配前线机场快速战备需求。稳定的直流供电,让无线电指令清晰、仪表数据精准,即便在高原、近海等复杂环境,也能保障基础导航与通信。米格-21、幻影III等经典二代战机,均标配这套供电体系。

这一标准电压,是航空工程在轻量化与可靠性间的精准权衡:适度升压降低电流,缩减线缆规格、减轻整机重量,同时兼容既有电网,无需大规模改装即可列装。此外,发电机可在线为蓄电池充电,主电源故障时,蓄电池即可无缝切入,守住导航、通信等核心系统不断的底线。

喷气式战机突破音障后,空战进入高速机动、超视距对抗新阶段,用电需求呈几何级增长。115V/400Hz三相四线制中频交流电系统由此诞生。

主流三代战机普遍采用这套体系,为超视距空战筑牢能源底座。系统抗干扰能力强,在复杂电子对抗环境中,能保障航电、火控、通信核心系统稳定运行。系统通过优化散热、强化绝缘,可从容应对高温、高湿、盐雾、高原等极端环境,大幅提升战机连续出动和持续作战能力,让三代机真正具备“看得远、飞得稳、打得准”的硬实力。

进入21世纪,空战不再是单纯速度与机动的比拼,隐身突防、体系组网、电子攻防、无人协同成为制胜关键。有源相控阵雷达、一体化电子战、大功率电驱动作、高速数据链等“用电大户”密集装机,270V高压直流供电技术迎来规模化应用。

这不是简单的电压提升,而是航空能源架构的深度变革,呈现高效率、高品质、高智能三大特征:同等功率下,线路电流大幅减小,传输损耗降低过半,能源效率显著提升;供电电压稳定,完美适配精密航电、相控阵雷达等敏感设备;依托智能配电单元,可根据空战、巡航、对地打击等不同任务,动态分配电力,优先保障核心系统,实现能源精细化管控。

当前,世界各国多款新型战机依托这一架构,构建起全维度作战能源体系。在超声速巡航、高强度对抗、多目标锁定等场景下,电源系统持续平稳输出,支撑战机实现先敌发现、先敌打击,空战效能大幅提升。

放眼未来,电动垂直起降飞行器、宽域高超声速平台、智能无人作战集群加速发展,全电航空架构已成大势。未来战机将逐步告别“燃油为主、电力辅助”的模式,转向电能驱动、电能操控、电能全域管理的新格局。540V高压供电、超导输电、分布式电源、自愈式智能配电等技术突破,将彻底重构航空能源体系。

百年航空电源的演进之路,始终与空战样式演变、战机代际更新同频共振。未来战场的胜负天平,或许就藏在这看似不起眼的“电能密码”中。

美军“梅文”系统——

AI加速赋能地理空间情报实战应用

■范大昭 纪嵩

他山之石

人工智能正深刻改变现代战场情报保障模式。作为美军较早落地的军用AI影像解译工程,“梅文”系统依托空、天、地、网多源泛在数据开展智能研判,推动地理空间情报由人工判读向智能分析转型。其近年的实战运用情况、所暴露出的技术短板,以及未来发展趋势值得关注。

“梅文”项目于2017年正式启动。其主要面向空天侦察卫星、战术无人机、全动态视频、地面传感器、开源网络信息等多类泛在数据,重点实现目标自动检测、目标分类识别、时空关联跟踪、地理空间情报智能生成和战场态势快速研判。

据美国国家地理空间情报局局长2025年披露,“梅文”系统已面向美军所有军种和所有作战司令部开放,接入35个以上军种、作战和指挥控制工具。实战应用层面,“梅文”系统已逐步嵌入美军作战指挥闭环,形成规模化、常态化的战场赋能能力。相关公开报道显示,其已在演习中将部分目标工作流从“数小时级”压缩至“分钟级”,覆盖从传感器发现、情报处理到目标交战的关键环节。美陆军还提出利用“梅文”系统支撑部队在1小时内完成约1000次高质量战场目标决策的目

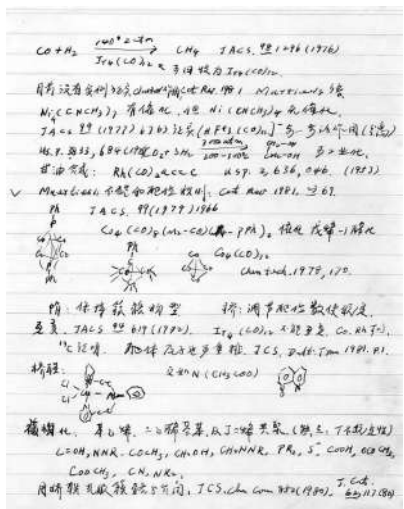
标。如今,该系统应用场景已拓展至各类热点区域高强度军事对抗场景,常态化支援战场目标甄别、情报综合分析、火力打击规划、毁伤效果评估等作战环节。

实战应用表明,AI智能解译可大幅压缩人工判读时间,提升情报处理效率和典型目标识别准确率,有效缩短“侦察—研判—决策—打击”作战链路,显著提升高强度对抗下的快速响应能力。

然而,实战中也暴露出“梅文”系统存在的技术瓶颈和应用风险。在城市密集遮挡、地下工事伪装、复杂气象条件下,其目标识别精度明显下降,误报漏报问题突出;对空天地网多源异构数据融合深度不足,网络开源影像、文本等泛在信息利用不充分;在态势推理、意图研判等高阶情报分析上,仍需大量人工核验,难以实现全自主智能情报输出。

“梅文”系统的实战迭代进化表明,多源数据深度融合、战场情报智能解译研判,已成为当前全球地理空间情报领域发展的主流趋势。从全球军事智能化发展视角来看,跨模态数据融合、复杂战场场景智能解译、自主化情报推理等核心技术,是未来智能战场感知体系建设的核心突破口;全域多源数据智能挖掘、地理空间情报智能化重构,将成为各国升级战场情报保障体系、提升战场态势实时感知能力的核心发展方向。

科学家手稿



对于普通人来说,配位化学或许只是一串串冰冷的分子式与晶体模型;但在科研人员眼里,它是贯通无机、有机化学乃至生命、材料、环境等领域的“桥梁”。

抢回无机化学落后的时间

■陈廷良 廖旺

在我国,这条通往分子“光电王国”的道路,起步于中国科学院院士、无机化学家游效曾的一句滚烫誓言:“我们要把中国无机化学落后的时间抢回来!”

1980年,46岁的游效曾远赴美国访学。彼时,国内无机化学研究与国际前沿存在明显差距。强烈的使命感让他无暇休息,日夜泡在实验室和图书馆,啃读文献、学习先进技术。

1983年,游效曾带着最前沿的理论视野毅然归国,参与筹建我国首个配位化学研究所并担任首任所长。一场在分子尺度上的攻坚战就此打响。

当时,研究复杂化学分子内部电子结构、光学与磁性的规律,是国际上最

棘手的理论难题之一,传统理论模型常常失效。游效曾借助现代物理方法和理论,一头扎进这个微观“迷宫”。

游效曾摒弃亦步亦趋的模仿,潜心改进理论计算方法。数十年磨一剑,他系统阐明了配合物微观结构与宏观光电性能之间的内在关联,更在国内率先开拓出“光电功能配合物”这一崭新的研究方向。这一突破,直接为后来我国在非线性光学晶体、光限幅防护材料等前沿领域跻身国际前列奠定了坚实的理论基础。

常人难以想象,这些载入史册的成果背后,是一场长达数十年的“单眼马拉松”。因眼疾几乎丧失右眼视力,游效曾仅靠一只眼睛,一字一句完成了数百万字的专著和上千篇论文。

“科学没有捷径可走。”游效曾常对学生说。他的一生,几乎把大部分的精力都用在科研上。极致的专注,让游效曾用下了许多温暖的趣事:不小心错穿了同事的鞋子,3天都没有发现;搬家近两年,还会下意识走回旧居,直到钥匙插不进锁孔才猛然回过神……

如今,南京大学配位化学国家重点实验室里,一批又一批青年科技工作者循着先辈的足迹继续前行。游效曾那份对科学的赤诚与日复一日地躬耕,如同一盏不灭的灯,照亮着后来者探索未知的路。

左上图:游效曾所写的化学研究笔记手稿。

图片来自中国科学家博物馆