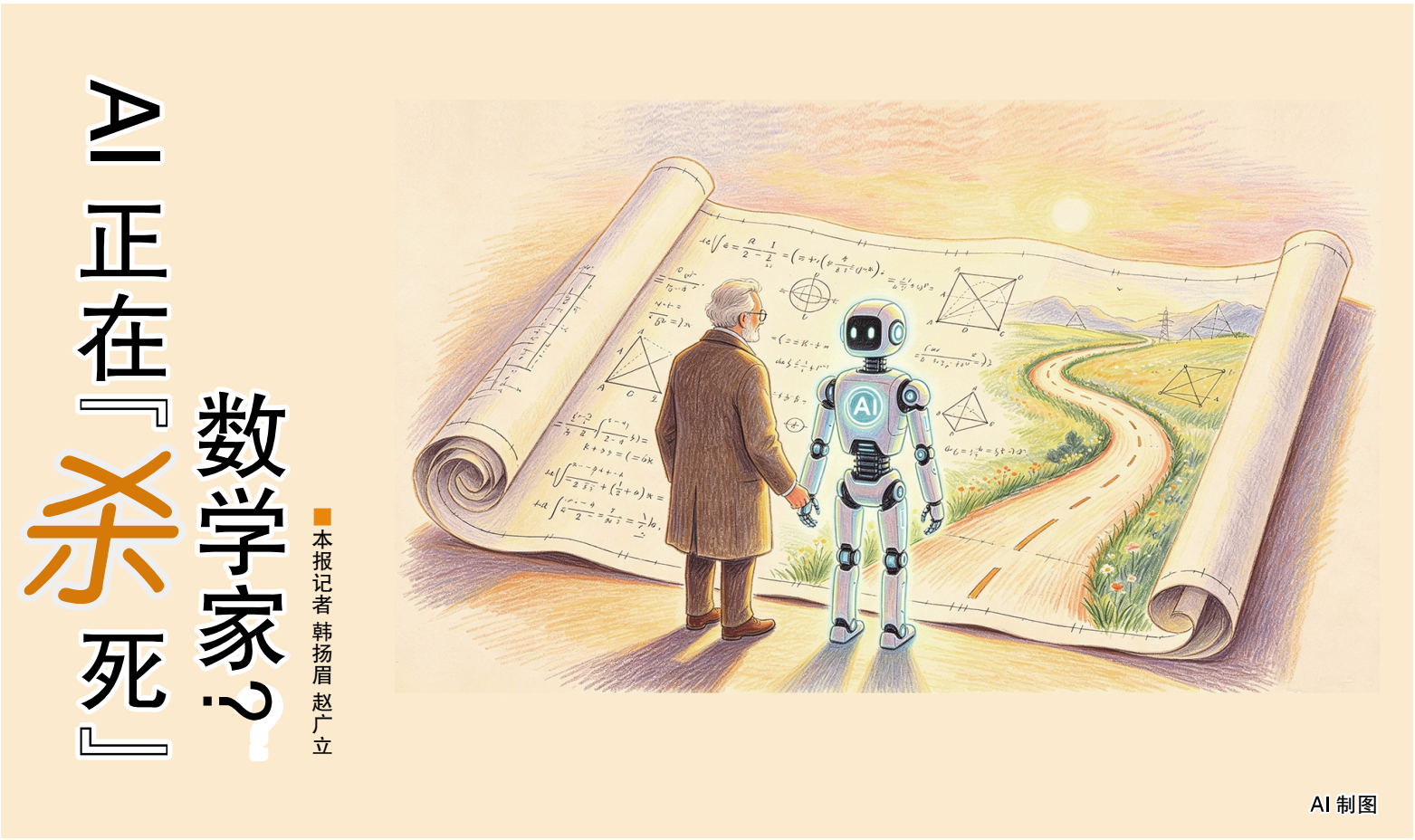




AI 制图

“数学，正在迎来一场百年新危机。”在上个月举办的国际数学家大会上，菲尔兹奖得主、美国加利福尼亚大学洛杉矶分校教授陶哲轩，在公开报告的开篇便点明当下数学领域正在发生的深刻变化。

他认为这场“危机”与百年前因罗素悖论、哥德尔不完备性定理而引发的数学危机遥相呼应。百年前的那场危机迫使数学家重新审视研究范式，并最终收获了一套清晰、严谨和标准化的基础框架。

今天，这场“危机”并非来自数学内部，而是来自一个“入侵者”——人工智能(AI)。当 AI 在解决数学问题上逼近甚至超越人类顶级选手，数学家的“主体性”遭遇了挑战。

这场“危机”讨论的重点不在于数学内部的逻辑框架，而更多在于数学研究的价值体系和目标。震惊、茫然、郁闷、兴奋……种种复杂情绪弥漫在数学共同体内部。

无论如何，数学界已开始思考：AI 究竟强在哪儿？数学的本质是什么？数学家的工作将如何被重新定义？该如何培养下一代数学人才？

一场始料未及的“动荡时刻”

前不久，北京协和医院神经外科医生、博士后金山木借助 AI 证明了困扰数学界 22 年的克雷泽猜想，并得到验证。消息一出，引发圈内外热议，网友为一个“外行人”攻克数学问题感到震惊。

事实上，今年，AI 已接连攻克诸多长期未解的数学难题。数学家们陡然进入“动荡时刻”。

4 月，一名 23 岁没有受过高等数学专业训练的业余爱好者，借助 ChatGPT 破解传奇数学家保罗·埃尔德什提出的一个悬置 60 年的猜想，一石激起千层浪。此后，大学本科在读学生、AI 公司研究团队依托 AI 工具，接连解决多个埃尔德什留下的公开问题。

7 月，Anthropic Claude Fable 5 给出了著名的雅可比猜想在三维情形下的反例，宣告其被推翻。

8 月，AI 的能力再次“突破上限”。Anthropic 一个未发布的研究版大模型 Claude 改进了黎曼猜想相关的黎曼 zeta 函数临界线上零点的占比下界，刷新了研究纪录。

AI 的能力仍在刷新，“震惊”数学界的消息层出不穷。有网友如看热闹般略带戏谑地感慨，

《史记·项羽本纪》写项羽年轻时“长八尺余，力能扛鼎，才气过人”，荷马史诗《伊利亚特》中也多次写到英雄搬起巨石、投掷巨石。尽管我们知道这类古书记录的体能，缺乏现代竞技体育的标准化测量体系，且带有夸张、文学修饰或军事宣传色彩，但我多年来一直关注运动人体科学，总是在想一个问题：经历几千年的人类体能演化，现代人是否弱于古人？

如果让一个现代城市白领和一个古代农夫比体能，谁更强？答案很可能是古代农夫。不是因为古人的基因更优秀，而是因为他们的身体每天都在生活中训练，如砍柴、挑水、耕地、搬运、步行、爬坡等体力劳作。

但是如果挑选一个古代最强壮的战士和今天的奥运冠军比百米、马拉松、举重或游泳成绩，现代顶级运动员大概率会胜出。现代竞技体育拥有系统训练、营养支持、康复医学、装备技术、数据监控体系，这是古代社会无法相比的。

由此，是不是可以得出结论，古代普通劳动者或狩猎采集者在耐走、负重、骨骼强度和综合功能体能上可能优于现代普通人，而现代顶级运动员在专项成绩上则远超古人？真正值得追问的是，为什么现代普通人的体能会变弱。

劳作让古人骨头更结实

在人类历史的大部分时间里，低体能者很难长期逃脱环境压力。走不远、搬不动、没有力气，就会直接影响生计，甚至被淘汰。而今天，一个人即使心肺差、肌肉少、骨骼弱，仍然可以通过外卖、汽车、电梯和电脑完成大部分生活任务。可以说，现代社会让大部分人可以在身体极少活动的情況下生存。

人类文明在进步，但具体的身体代价也很明显，比如活动不足已成为全球公共健康问题。世界卫生组织 2024 年资料显示，全球约 31% 的成

可以把数学界“大统一理论”朗兰兹纲领以及黎曼猜想直接“扔”给 AI 了。

面对这场冲击，数学家持有不同的态度：菲尔兹奖得主丘成桐、陶哲轩等更积极，将 AI 视为新的工具与合作者，主张由数学家引领 AI，提出未来方向；而非尔兹奖得主阿克沙伊·文卡特什、雅各布·齐默曼等则充满担忧，态度偏向悲观，齐默曼甚至选择暂时离开数学科研一线。

AI 强在哪儿

数学被誉为“人类智力的皇冠”，为什么外行人、业余爱好者借助 AI 就能够解决数学问题？AI 的核心优势是什么？

菲尔兹奖得主、美国芝加哥大学教授邓煜在接受《中国科学报》采访时指出，目前 AI 在构造例子、寻找反例，以及短距离推理这类任务上，表现出极强的能力。

“真的非常非常惊喜。”邓煜详述了第一次使用 AI 的过程和感受，他花了大概 5 天得到了一个 4 页纸的证明，而 AI 仅 1 小时就给出了 1 页纸的证明。尽管最后这份证明无法推广，却为他提供了非常有用的思路。

无独有偶，今年 7 月，中国科学院数学与系统科学研究院副研究员邵长鹏和合作者完成的哈密顿量函数迹问题研究被 2026 IEEE 计算机科学基础年度研讨会接收。这项研究持续 1 年多，而仅是证明一个核心定理就花了近半年，但最终结果仍不够理想。论文接收后，邵长鹏决定借助 AI 尝试。经过四五轮、持续 1 个小时左右的交互，他获得了一个更为理想、更具一般性的结果。那一刻，他感到震撼、失落，并思考未来的工作方式。

在数学家看来，AI 之所以能力强大，是因为 AI 的知识极其渊博，像百科全书一样，超越任何个体数学家所掌握的知识。

“AI 某种意义上是概率驱动，它通过某种‘划算’方式将网络上已有知识‘拼接组合’，在一定概率下输出正确结果。”清华大学丘成桐数学科学中心 / 求真书院副教授徐文强认为，而这降低了“外行人”进入数学领域的门槛。

此外，跨领域知识储备，让 AI 很容易打通不同学科之间的壁垒，尤其擅长构造例子、寻找反例。徐文强解释：“比如我做解析数论，对拓扑等领域了解有限，而某个数学问题的突破恰恰就需

要用到拓扑工具，那我可能在很长一段时间都想不到这个角度。但是 AI 知道，所以它的解题能力很强，能把数学家最后的‘窗户纸’捅破。”

AI 的强大还体现在算力上，能够进行大量计算和试错。邓煜就经常用 AI 处理自己拿不准的小问题，让 AI 核对对错、给出修改方向，省去自己从头完整推导一遍的成本。

此外，不少数学家还认为，AI 在检索文献、补充技术细节、检查一般性错误和提高表达能力等方面也足够强大。

那么在解决数学问题时，AI 的能力上究竟在哪儿？邓煜认为尚无法预判，如今数学问题对人类的难度和对 AI 的难度已发生解耦了。“数学家也很难预判哪些问题适合交给 AI，很多时候要等到它做出来，我们才意识到适配。现在似乎进入‘抽卡数学’的阶段。不过，这会持续多久，取决于 AI 进化到何种地步”。

邓煜的判断是，未来三四年，数学很可能进入一个快速发展期。AI 将填补证明里的大量技术性细节，把人类原本可以完成的工作大幅提速；一些因技术难度高、超出个人精力而被搁置的问题，也迎来被攻克的机会。

解题，并非数学的终点

对数学研究而言，解决一个难题、证明一个猜想，就意味着结束吗？

在 7 月举办的 2026 年国际数学家大会上，陶哲轩直言，解题只是数学研究的一部分。他从数学研究的目标、宗旨和价值出发，讨论为什么从事数学研究。答案除了解决未解问题，还包括发展新的理论和新的技术；更深入地理解数学对象，也借助数学理解我们周围的世界；建立并维系数学家共同体；培养下一代数学家，让他们能够引领学科未来发展方向；创造具有持久审美价值的作品……

在陶哲轩看来，过去这些目标大体彼此相关，而“解决问题”“证明定理”是最容易被观察到的目标。因此，这被作为衡量数学贡献的近似标准。久而久之，那些“解决问题”之外的价值便被“隐藏”了。如今，AI 最先冲击的恰是问题解决。由此，数学家的外境看起来“发发可危”。

完整的数学研究链条远比“得到一个证明”要丰富：从提出开放问题，产出未经检验的证明，到经过验证、阐释解读、同行接纳和知识整合，最

现代人的体能是否比古代人弱？

■ 史仍飞



未必能连续几小时搬东西、走山路、蹲着劳作。现代人的运动能力常常被分割成碎片，健身房里练一小时，剩下十几个小时久坐。现代健身房里有深蹲架、卧推凳、硬拉平台和壶铃，而古代社会的训练器械就是生活物品本身，如水桶、粮袋、石块、农具、猎物和行李等。从力量角度看，古人并不一定像现代健美运动员那样肌肉巨大，但他们往往拥有更好的功能性力量、更实用。

现代普通人最大的问题是，生活中的抗阻刺激被大幅削减。许多人一天中最重的东西，可能只是电脑包、咖啡杯和手机。身体很聪明，它不会无缘无故维持大量肌肉。既然生活不需要你强，

终会成为稳定的数学知识等。

陶哲轩提出，数学界不能只盯住单一目标，而需要重新确立目标。他认为，数学的目标应该是“解决未解问题，验证结果正确，并确保这些结果能够被清楚地传达，能够被数学共同体消化、接纳，最终融入该领域权威理论。”

这引发了数学界的共鸣。徐文强告诉《中国科学报》：“AI 并不具备真正的理解力，它只有逻辑推演，无法阐释证明背后的思想。”他认为，AI 的证明过程“没轻没重”，让数学家很“蒙”。“它不知道什么重要、什么不重要，只会按逻辑链条把内容串联起来，当然最终结论有可能正确。”

徐文强举例，假设证明中同时出现一个重要数学公式和一个“5+8=13”的简单计算，AI 会视其二者难度相当，并用同样篇幅解释。而这样的过程中，学习者无法分辨哪一步重要、哪一步困难，以及最重要的思想在哪儿。

邵长鹏告诉《中国科学报》，由 AI 辅助产生的证明结果，在公开之前仍需要进行改写。“AI 的写法往往是一步一步往前推，看到最后才能理解它究竟在讲什么。而数学论文呈现往往是相反的，需要先给出核心思路，让读者知道这么做的原因，再逐层补充计算细节。我们真正需要讲清楚的，是证明背后的思想和结构；计算细节虽然重要，但是次要的。”

面对 AI 展现出的强大能力，改革数学研究范式是大势所趋。陶哲轩表示，未来复杂的数学研究将被拆分成大量子任务，由分布式的人机协作网络共同完成。未来人与 AI 合作，人类更多负责提出问题、设计方向和创造性工作，AI 则承担证明生成、形式化验证等技术性任务。

在数学家看来，相应的问题直觉、概念创造、意义判断、跨领域洞察等数学研究的核心素养都将愈发珍贵。

做数学，是一种精神追求

在受访中，数学家们不约而同地提到了一个关键词：乐趣。让记者感到意外的是，并非学科的实用价值，而是发自内心的精神愉悦，成为驱动数学前进重要的动力。

“个人获得的成就感，是数学进步非常重要的推动力。”北京大学数学“黄金一代”代表、美国麻省理工学院数学系教授恽之玮在接受《中国科学报》采访时郑重地说到，他把数学研究视作精神追求。

恽之玮认为，AI 把数学从赛跑变成了赛车。自己当初进入数学领域是因为喜欢赛跑而非赛车；如果知道做数学是赛车，也根本不会进入这一行。他进一步反问：“即使用 AI 做出大问题，还有之前单凭人获得重大发现的快感吗？”

“做数学不是为了要一个答案，比如‘黎曼猜想是不是对的’，而是用人类语言更好地组织数学对象，揭示其中的基本原则，让大家普遍容易接受，并在这个过程中获得人的成就感。”恽之玮说。

年轻一代追求数学研究更是如此。徐文强认为，与其他学科不同，数学研究带有强烈的个人色彩，“我们对某个问题情有独钟，会希望亲手把它解开，甚至说是一种精神上的‘占有欲’。在过程中，从看不清对错，到一步步逼近真相，再到最终看到答案。那一刻，是极大的享受，好奇心得到了满足”。

为了延续这种乐趣，徐文强目前只做 AI 的“轻度使用者”，用不用通常取决于合作者的想法及其必要性。他和朋友也尝试过，比如有些工作即便 AI 几分钟就能做完，但依旧选择深刻思考，用数月甚至更长时间慢慢推进，而且他们并不觉得是浪费时间。“哪怕会走弯路，但是这个过程保留了精神层面的享受，最终产出的质量可能更好。”

徐文强还表示，当下 AI 更多摘取的是被人类忽略的“低垂果实”，尚未攻克让数学家真正认为重要的经典难题。“数学界本来就有很多零散的、不那么重要的问题需要解决，如果有人感兴趣，

借助 AI 工具碰巧做出来了，甚至也能发到很好的杂志，固然是好事。但是，这些是没有深度原创的，不是数学家所真正追求的。”

面对 AI 的冲击，徐文强的想法是，“当你想解决的问题足够重要，目标足够远大，乐趣会一直存在，甚至有可能更多”。

恽之玮则颇为担忧，他认为用 AI 加速诸如医学这类实用学科的发展，是很有益处的。“但 AI 使人失去了精神追求。”恽之玮说，“我听到很多人说：不用担心，人类会有新的精神追求。可新的精神追求是什么，我从没听到过一个具体的答案。”

“动荡”中的数学人才培养

让数学家更急迫和忧心的，是下一代数学人才的培养。

迷茫本是成长的必经阶段，AI 却直接削弱了这一环。恽之玮既不反对也不鼓励学生使用 AI，但是他提醒学生，要保证自己有足够的消化、探索，甚至是迷惑。“古人说，纸上得来终觉浅，AI 得来就更浅了，‘浅’指的是它只在你的大脑如蜻蜓点水浅掠掠过。如果不跟进思考，仅有的一点痕迹马上就消失殆尽。”恽之玮说。

“过度依赖 AI，会影响学生对知识的理解和品味。久而久之，学生分不清什么问题重要，什么才具备数学美感。”徐文强直言。

他认为，学生不能总与 AI 对话，要重视人与人之间的交流讨论。“数学近乎一门艺术，思想的美感，需要在人与人之间的输出、碰撞之中才能感知。有时，人跟人与人之间交流时产生的奇妙思想是无法解释的。我相信，最一流的工作一定离不开人与人的交流。”徐文强说。

北京大学北京国际数学研究中心袁新意在接受采访中指出，学生将失去训练的素材。“AI 把很多‘低垂的果实’摘掉，而这些问题过去恰恰是学生训练研究能力的重要材料。”

在袁新意见来，AI 还远没有达到可以独立做数学研究的程度。现在这些 AI 成果背后明显有很多人人为的引导，需要不断给它提问题、不断启发它。他建议学生要学会传统的研方式。“比如我的学生写第一篇论文时，我希望他能够尽量独立完成。他可以用 AI 查一点东西，但不能大依赖 AI。”

邓煜也始终把 AI 当作一个帮手、助手，而非替代者。他认为，人的直觉和想法无法被取代，包括提出好问题，提出问题之后有什么样的解题思路。他建议年轻学生在使用 AI 提高效率的同时，要不断提升自身的能力，从而更好地理解 AI 的推导，站在其肩膀上开拓新知。

最后，当被问及学生要如何应对 AI 带来的焦虑时，徐文强没有直接给答案，而是回到了制造焦虑的源头——当前互联网的 AI 叙事。

今年夏天，在海外求学工作 11 年的徐文强正式回国工作。回国前一周，他参加了美国数学研究所关于 AI 和数论的工作坊，参会者包含学界和业界的数学家。活动讨论了诸多 AI 可能参与解决的数论问题及相关进展。

结合自己的经历和看到的新闻，徐文强不无担忧地提到，网络上那些未描述事实全貌的信息、夸大渲染的“炒作”对人产生误导，例如“一杯咖啡的时间”就破解了知名猜想等，事实是优秀的数学家花费了一段时间引导 AI 解题。另外，从数学转到其他行业并非新鲜事，一些报道所谓“离开数学界”的学者，并不代表他们永远告别数学了；不少人转行，更多是出于好奇，想了解 AI 能力的真实边界。

“因相信 AI 的过度宣传而焦虑，是不明智的。”徐文强常告诉学生，永远会有一群人坚持深度思考，保有原创的洞察力，引领 AI 向前发展。

回望过往的数学危机，震荡从未让数学家止步。这一次，AI 带来的变局，虽然让我们暂时看不清数学将走向何方，但可以确信的是，属于数学的全新篇章才刚刚开启。

前伸、胸椎僵硬、腕关节长期屈曲、踝关节很少充分活动。身体并不是突然退化了，而是被单一姿势慢慢驯化，导致身体适应性下降。久而久之，许多本来具备的动作能力被闲置，身体能完成的动作越来越少。

因此，现代人想恢复体能，不仅要跑步和撸铁，还要重新开始练习蹲、爬、跳、转、提、拉、平衡和自然行走。真正健康的身体不只是强壮，更是能适应生活中各种真实动作场景。

找回强壮身体

现代人挤出时间在健身房费力地完成抗阻训练，可能并没有让身体变得更强壮。古人的体能不是健身房练出来的，而是被环境“磨”出来的，在劈柴、拉锯和划船中既维持了生计，又锻炼了身体。

古人每天在生活中训练，现代人每天被环境保护。古人的身体能力在生存任务中持续变强，现代人的身体能力则常常被椅子、电梯、汽车和屏幕封存。肌肉不常用，就会减少；骨骼不常受力，就会变脆；心肺不常锻炼，能力就会下降；关节不常经历多方向活动，就会僵硬。现代人的“弱”，不是突然退化，而是长期缺乏使用的结果。

我们要做的，是把身体需要的关键词重新找回来。这也正是今天强调全民健身行动计划的意义。但是人类并不喜欢无目的消耗能量，最可持续的是进行能融入生活、社交和兴趣中的运动。

最简单的就是增加日常步行。走路是人类最基础的运动模式，也是最容易长期坚持的活动，能减少久坐。现代生活不再有很多搬运和负重的机会，我们要寻找或创造阻力训练来刺激肌肉，重新获得让肌肉和骨骼变强的机械信号。

现代人为何弱于古人？答案不是基因退化，而是输给了过于舒适的环境。对此，可能有不同的观点，也可能我们还没有找到真正的答案。

（作者系上海体育大学运动健康学院教授）