

主编按语

问题为本——真实问题、伪问题 与虚构性问题设置的学术边界^{*}

卢天健

(南京航空航天大学, 南京 210016)

(本刊主编卢天健来稿)

摘要: 本刊此前几篇按语, 分别从学术根脉、智能工具、研究评价尺度、学科方向和强工具时代人的成长等角度, 讨论了当代科研活动中的若干基础问题。沿着这些讨论, 还需要追问一个更靠前的问题: 一项研究凭什么开始, 它所依据的问题怎样才能真正站得住?

本文的基本判断是, 研究不能从答案、工具、热点或概念包装开始, 而必须从真实问题开始。但国家需求、工程瓶颈、实验异常、对象失效和理论裂缝, 只是问题的来源, 还不是科学问题的完成形态。真实困难必须经过科学抽象: 从复杂情境中识别主导变量、关键尺度和一般结构, 界定对象、假设、边界与证据路径, 形成可分析、可建模、可检验并具有一定迁移意义的科学命题。未经抽象的困难仍然只是困难; 脱离对象和问题来源的抽象, 也可能沦为形式空转。真实问题并不等同于一个未经抽象的现实物体。它可以来自工程实践和物理世界, 也可以产生于方程、算子、变分结构、反问题、奇异极限和稳定性等知识结构内部。问题的“真”, 关键不在于是否直接对应一件看得见的装备, 而在于其来源可以说明, 概念可以定义, 假设可以公开, 推理或检验路径可以建立, 结论有清楚的适用边界, 并能够形成真实的知识增量或能力增量。判断问题时, 还必须把三个不同层面分开。问题的轻与重, 涉及价值和生长能力; 问题的真与伪, 涉及问题是否良构、是否成立; 研究的诚与假, 则涉及对象、数据、图像、证明和证据是否真实。一个问题可以轻而真实, 伪问题也可能源于认识不足, 并经过重新定义和压缩边界得到纠正; 建立在虚构对象、失真数据或不可追溯证据之上的问题外观, 则属于学术共同体必须拒绝的虚构性问题设置。

对力学而言, 问题最终要回到对象、变量、载荷、边界、响应、机制、失效和验证; 对应用数学而言, 问题最终要回到定义、假设、数学结构、可解性、稳定性、收敛性、可辨识性和误差边界。人工智能可以扩大检索范围, 加快计算、证明探索和表达, 却不能替研究者判断问题是否值得问, 不能代替科学抽象, 也不能承担边界、证明与证据责任。研究从真实问题开始, 期刊的学术判断和大学的科研训练, 也应从真实问题开始。

关键词: 问题意识; 真实问题; 科学抽象; 伪问题; 虚构性问题; 应用数学; 力学; 人工智能; 学术判断

中图分类号: O3 **文献标志码:** A **DOI:** 10.21656/1000-0887.472064

^{*} 收稿日期: 2026-07-13

作者简介: 卢天健(1964—), 男, 教授, 博士, 博士生导师(E-mail: tjlu@nuaa.edu.cn)。

引用格式: 卢天健. 问题为本——真实问题、伪问题与虚构性问题设置的学术边界[J]. 应用数学和力学, 2026, 47(8): 959-977.

Questions as the Foundation: Academic Boundaries Among Genuine Questions, Pseudo-Questions, and Fabricated Problem Settings

Lu Tianjian

(*Nanjing University of Aeronautics and Astronautics, Nanjing 210016, P.R. China*)

(Contributed by Lu Tianjian, Editor-in-chief of AMM)

Abstract: Previous editorials of this journal have discussed academic lineage, intelligent tools, criteria for evaluating research, disciplinary direction, and human development in an age of increasingly powerful tools. A more prior question must now be asked: what gives a study the right to begin, and under what conditions does its underlying question genuinely stand?

Research should begin neither with an answer nor with a tool, a fashionable topic, or conceptual packaging. It should begin with a genuine question. Yet national needs, engineering bottlenecks, anomalous observations, failures of real objects, and gaps in theory are sources of questions rather than their completed scientific form. A real difficulty must undergo scientific abstraction: dominant variables, controlling scales, and general structures must be identified; the object, assumptions, boundaries, and evidential pathway must be specified; and the difficulty must be transformed into a proposition that can be analysed, modelled, tested, and, where appropriate, transferred beyond its original setting. A difficulty without abstraction remains a difficulty, while abstraction detached from the original object may become an exercise in form alone. A genuine question need not correspond directly to a tangible physical object. It may arise from engineering practice and the physical world, but it may also emerge from equations, operators, variational structures, inverse problems, singular limits, and questions of stability. Its genuineness lies not in whether it refers directly to a visible object, but in whether its origin can be explained, its concepts defined, its assumptions disclosed, its reasoning or testing pathway examined, and the authority of its conclusions properly limited. Three different dimensions must be distinguished. The distinction between a minor and a major question concerns value and capacity for further growth. The distinction between a genuine and a pseudo-question concerns whether the question is well formulated and intellectually valid. The distinction between honest and fabricated research concerns whether the object, data, images, proof, and evidence are authentic. A minor question may be entirely genuine. A pseudo-question arising from incomplete understanding may sometimes be corrected by reformulation and boundary clarification. A fabricated problem setting supported by invented objects, distorted data, or untraceable evidence belongs to a different category and must be excluded from academic inquiry.

For mechanics, a question must ultimately return to the object, variables, loads, boundaries, responses, mechanisms, failure, and validation. For applied mathematics, it must return to definitions, assumptions, mathematical structures, solvability, stability, convergence, identifiability, and error bounds. Artificial intelligence may broaden searches and accelerate computation, proof exploration, and expression, but it cannot assume responsibility for deciding whether a question is worth asking, carrying out the necessary scientific abstraction, or defining the authority of proof and evidence. Research begins with genuine questions, and so should academic judgment in journals and research training in universities.

Key words: problem awareness; genuine questions; scientific abstraction; pseudo-questions; fabricated problem settings; applied mathematics; mechanics; artificial intelligence; academic judgment

0 引言:真正更靠前的问题,往往最容易被忘掉

本刊此前几篇按语,分别从不同角度讨论了学术工作中的若干基本问题。《桥仍在,河向前》谈的是根脉,提醒我们,工具可以变化,学脉不能轻断^[1]。《AI 赋能结构设计》谈的是工具,强调人工智能进入结构设计以后,仍须回到力学机理、实验验证、制造基础和工程约束^[2]。《为什么科学研究必须坚持“四性”》提出重要性、

必要性、创新性和可行性四个基本尺度^[3]。《河流的新航道》追问应用数学与力学这条河流应当往哪里去^[4]。《工具之后,问题仍在》则把目光落到强工具时代人的成长:有限元软件曾使一些人误以为“算出来”就是“懂了”,人工智能今天也可能使人误以为“生成出来”就是“判断过了”^[5]。

这些讨论连起来看,都指向一个更靠前的问题:一项研究究竟从哪里开始?这个问题看似朴素,却决定着后面的理论、方法、证据、表达和评价有没有根。若研究起点没有锚住真实对象、真实边界或真实知识裂缝,后面再多的工具、再顺的逻辑、再完整的文字,都可能只是围绕一个空洞中心作精细加工。

所以,今天还要把一句平常的话说清楚:研究不能从答案开始,不能从工具、热点或概念包装开始,而必须从真实问题开始。本文用“问题为本”,不是要把问题置于方法、证据和创新之上,而是强调科研活动中不能颠倒的先后次序。问题为方法提供对象,为证据规定责任,为创新确定方向。问题没有立住,方法再新也找不到着力点;问题一旦立住了,已有理论和方法也可能在新的对象、新的尺度和新的边界下获得新的生命。我们过去常说“问题为王”,就本文所讨论的科研秩序而言,“问题为本”更为准确。“王”容易被理解为诸要素之间的高下竞争;“本”说的是研究赖以生长的根。问题不能代替方法、证据和创新,却先于它们取得学术意义。

真正的从0到1,也不是从新外观开始。一个题目看上去很新,一种工具刚刚流行,一套研究框架组织得很完整,都不能说明新的学术入口已经打开。只有当研究看见了现有认识解释不了的现象、经典模型跨不过去的边界、工程能力绕不开的瓶颈,或者既有理论内部尚未消解的矛盾,问题才真正露出头来。这样的问题起初未必漂亮。它常以“不好解释”“算不准”“测不稳”“证明不了”“过不了边界”或者“原来的模型在这里失效”的方式出现。一次异常实验,一个不相容的极限,一条始终无法闭合的误差估计,一个反复失效却找不到控制机制的局部结构,都可能比一套漂亮的新概念更接近原创入口。

从《桥仍在,河向前》到今天这篇《问题为本》,我想守住的是同一条河。桥是方法,河是问题。桥可以修得更轻、更巧、更快、更智能;但河道若认错了,桥再漂亮,也只是横在不该横跨的地方。理论、实验、计算、数据和人工智能都是桥,论文、图表和语言也是桥。研究往哪里去,最终仍由问题决定。可是,河流不会把一份完整的科学问题送到研究者面前。国家需求、工程困难、对象失效、实验异常和理论裂缝,首先只是问题的来源。它们告诉我们,这里有东西没有讲清、算准、测稳、证明或者设计出来,却没有自动告诉我们究竟应当研究什么。

一个工程单位说“叶片寿命算不准”,这是真实困难;一个实验者发现结果反复不能重复,同样是真实困难;一个数学研究者发现某个极限过程似乎不稳定,这也是真实困难。但这些表述仍然太宽。寿命为什么算不准?控制寿命的是初始缺陷、载荷谱、环境作用,还是损伤导致的状态演化?实验不能重复,是测量误差、样本离散,还是问题中存在尚未识别的状态变量?极限不稳定,是估计不够,还是原问题的结构发生了变化?

从困难走到科学问题,中间还有一道不能省略的工作:科学抽象。科学抽象不是把一个复杂对象削成几个失去物理意义的符号,也不是为了数学形式的整齐而离开实践。它要从纷繁现象中辨认控制关系,从多个尺度中找出主导尺度,判断哪些变量和边界不能省略,再把原来的困难压成定义清楚、假设公开、可以分析和检验的命题。一个具体工程故障可能只发生在某个型号、某次试验或某段服役过程中,但控制它的载荷转移、界面失效、局部失稳、尺度竞争或缺陷敏感机制,往往具有超出个别对象的意义。技术科学的作用,正是把这种一般性从具体困难中抽出来,同时又不丢掉原问题中决定结果的边界和端量。未经抽象的困难仍然只是困难;脱离对象和问题来源的抽象,则可能成为形式空转。

国家需求尤其容易在这里被误读。题目中写着“大飞机”“深空探测”“重大装备”,不等于国家需求已经成为科学问题。需求首先是一种压力。研究者还要继续追问:究竟是什么卡住了能力形成?什么变量控制目标端量?哪个尺度决定机制转变?已有模型为什么在这一边界下失效?什么理论、计算、实验或工程证据能够支持新的判断?若宏大需求只出现在引言,后面的工作仍是常规模型、常规算例和常规结论,需求便只是背景板。相反,一个题目即使很具体,只要抓住了不可绕开的边界、机制或判据,它就可能牵出具有普遍意义的科学问题。

应用数学中的真问题也未必直接对应一件装备。方程是否可解,解对参数和边界扰动是否稳定,奇异极限能否相容,反问题能否辨识,算法是否收敛,误差能否控制,这些问题同样有真实的知识来源。它们的对象是方程、算子、函数空间、变分结构或随机过程;它们的边界体现为基本假设、参数域和正则性条件;它们接受证明、估计和反例的检验。应用数学不是等到力学提出问题以后才来提供工具。数学结构本身也会暴露裂缝,

也会生成问题,一个解不存在或不唯一,一个极限过程改变了原问题性质,一个反问题在给定的观测条件下不可辨识,都可能迫使我们重新理解原来的力学对象。

因此,真实问题的“真”,并不取决于题目中有没有一件看得见的实物,关键在于问题从哪里来,概念能不能定义,假设能不能公开,边界能不能说清,推理或证据能不能接受检验,结论又有多大的权限。

对于力学,这一点尤其不能含糊。力学不是围绕语言热闹展开的学问,它必须面对对象、载荷、边界、响应、失效和验证。对象不清,变量就会漂;载荷和边界不清,方程便失去基础;主导机制没有抓住,计算再精细也可能只是在描述表象;验证不实,结论很容易越过证据边界。

一个好问题,常常会迫使研究者重新整理知识结构。原来被当作常数的量,也许只是特定边界下的条件量;原来被忽略的尺度,也许控制着机制转换;原来表现最好的指标,也许不是工程真正关心的端量。问题一旦问到这个程度,方法的选择、模型的复杂度和实验的设计才有了依据。

强工具时代使这一判断变得更难,也更重要。答案比过去更容易获得,文字比过去更容易组织,代码和图表也更容易生成。于是,人很容易产生一种错觉:材料已经搜足,路径已经排顺,文本也已经写好,研究似乎已经走过了前半程。其实,研究可能还没有开始。工具能够帮助我们走得更快,却不能替我们判断河道。它可以给出候选答案、候选模型和候选证明,却不知道哪一个问题值得研究者用几年甚至更长时间去追问。它可以扩展搜索空间,却不能替作者承担对象、边界、数据、证明和结论的责任。

有限元时代给力学留下过一个教训:云图不是机理。人工智能时代还要再加一句:答案不是判断。

问题意识当然不是一个新词。科学研究从来不缺少“要重视问题”的提醒。今天需要做的,不是再说一遍问题重要,而是把“问题是否成立”真正放到研究判断的前面。在问方法新不新、工具强不强、结果好不好看之前,应先问:这个研究究竟在回答什么?问题从哪里来?已有知识为什么没有解决?哪些变量和边界控制结果?证据能够支持到哪里?若这些问题说不清,重要性容易成为背景修辞,必要性容易成为任务包装,创新性容易成为自我命名,可行性也可能只是某条局部技术路线可以运行。

如果说《为什么科学研究必须坚持“四性”》回答的是一项研究应当如何评价,那么《问题为本》首先追问的是:这项研究是否已经取得进入“四性”评价的资格。问题不真,四性就会悬空;问题立住,重要性、必要性、创新性和可行性才有共同的着力点。

图1概括了两种不同的研究次序。



图1 从答案倒置到问题立本:研究起点的两种路径

Fig. 1 From answer inversion to question-grounded research; two pathways of research initiation

左侧从现成答案、流行工具或预设结论出发,再倒找对象、拼接背景和包装问题,这样的工作可以具有完

整的题目、摘要、方法、图表和结论,却可能始终没有碰到一个真实的矛盾。右侧从实践困难或知识裂缝出发,研究者先辨认问题来源,再经科学抽象识别主导变量、关键尺度、一般结构和适用边界,将其压成可以分析和检验的问题;随后才组织方法和证据,并将新的理论、判断和能力送回原来的对象或知识体系接受检验。

对《应用数学和力学》而言,这个前端判断不能含糊。本刊当然欢迎新理论、新方法、新对象和新工具,但不能让方法是否流行、形式是否复杂、表达是否完整,走在问题是否成立之前。一个研究题目在成为论文之前,首先应当成为一个问题:它有没有被对象或知识结构压住?有没有遇到绕不过去的矛盾?边界能不能说清?证据或证明能不能跟上?

研究从这里开始。

1 真实问题从哪里来

问题不是凭空想出来的。更多时候,是对象先把我们逼住,边界先把我们拦住,实验先让我们困惑,工程先让我们为难,或者学科内部的解释链条先出现了断裂。

今天不少所谓“选题”,其实只是围绕现成答案、流行方法和热点词语作位置移动。先有一种工具,再寻找可以套用的对象;先有一个流行概念,再拼出看似前沿的题目;先有想要得到的结论,再倒过来组织问题和证据。这样的路径容易形成论文,却未必能形成研究。

真问题的来处要硬得多。它可以来自国家需求、真实对象和异常现象,也可以来自学科内部尚未穿透的矛盾、工具与对象之间暴露出的裂缝,以及一个研究者多年面对同类现象、同类失败之后积累下来的不满足。来源不尽相同,压力的形式也不相同,但有一点是共同的:某个事实、某条边界或某段知识链条把研究者逼住了,不能再轻易绕过去。

真实问题不等于短期任务,也不等于狭义的工程需求。重大工程能够集中暴露问题,自由探索同样能够长出问题。一个基本概念长期含混,一个经典模型进入新边界后失效,一组异常结果反复出现却解释不了,一个极限过程改变了原问题的性质,这些都值得长期追问。

自由探索也有它的边界。它不受眼前任务限定,却不能离开清楚的问题来源、概念结构和检验路径。没有对象,没有矛盾,也没有证据压力的“自由”,很容易变成无着力点的漂浮。

1.1 国家需求会把问题逼出来

国家需求是应用数学和力学的重要问题来源。一个学科若长期回避复杂工程、真实装备和严酷服役边界,容易在概念上越来越精巧,在问题上却越来越轻。工程会把理想模型中省略掉的因素——带回来,也会把可靠性、寿命、裕度、成本和验证推到研究者面前。

大型飞机研制中的气动弹性与颤振边界,高速列车轮轨系统中的疲劳寿命与可靠性,并不是先以整齐的学术命题出现。它们首先表现为结构安全够不够,寿命预测准不准,边界裕度在哪里,局部损伤会不会演化成系统风险。正是在这些压力下,力学问题才变得尖锐。载荷怎样进入结构,响应如何演化,损伤怎样积累,什么机制控制失效,寿命如何预测,设计裕度如何建立,这些问题不能靠背景叙述回答,必须进入模型、实验和验证。

真实工程还会迫使不同环节重新接起来。材料、结构、工艺、制造、公差、服役环境和检测方法,不能各自停留在独立章节中。一个连接界面的服役失效,可能同时牵动初始缺陷、残余应力、环境劣化、载荷重分配和检验误差。工程端量不会按照学科分工替我们拆开问题。

钱学森先生提出技术科学,其重要意义之一,正是把基础科学与工程之间那一层需要识别、抽象、建模和检验的问题提了出来^[6]。工程不是已有科学结论的简单落地,科学也不会自动滑入工程。两者之间有一片中间地带,许多关键力学问题就在那里生长。

但国家需求是一种压力,不是科学问题的自动授权。题目中写着“大飞机”“深空探测”“重大装备”,不能说明需求已经进入研究,还要继续问:究竟是什么卡住了能力形成?是载荷谱不清,材料状态不明,尺度转换失效,还是现有模型没有抓住主导失效模式?工程真正需要判断的是强度、寿命、残余承载,还是一个能够进入准入和再准入的安全端量?若宏大需求只停留在引言,正文仍是常规模型、常规算例和常规结论,需求便

只是背景.相反,一个题目即使很具体,只要压住了不能绕开的边界、机制或判据,就可能牵出具有普遍意义的问题.

国家需求不能替题目增重.它真正的作用,是把这些在理想条件下可以省略、在真实工程中却无法绕开的矛盾推到研究者面前.

1.2 真实对象和异常现象会把问题逼出来

许多问题不是从理论体系中整齐长出来的,而是被对象逼出来的.真实对象不服从研究者习惯的简化.一个对象进入研究,会带进自己的几何、材料和界面,带进初始状态、制造历史、边界条件和服役环境,也带进一条必须接受检验的证据路径.

材料不是一张常数表.结构不是几何示意图.生物组织也不是没有本底状态的普通连续体.制造误差、界面质量、残余应力、含液状态、环境耦合、既往损伤和尺度效应,都可能改变原来判断的主导机制.一个在标准试样上表现稳定的参数,进入真实构件以后,未必仍然具有同样的意义.

异常现象尤其重要.一个结果与预期不符,一个实验始终不能重复,一个局部响应解释不清,一个模型在某条边界下持续偏离,一个工程端量总也达不到,这些都可能是问题的入口.很多时候,问题并非来自“我们想研究什么”,而是来自“为什么它不按我们以为的方式发生”.在结构力学中,局部屈曲为什么总在看似不敏感的位置首先发生?一个连接界面为什么在名义强度充足时仍反复失效?一种轻质结构为什么单项性能很好,进入系统后却不可靠?

这些问题不靠更换一个热词解决.研究者必须回到对象内部,看清载荷路径、约束条件、能量转化、缺陷敏感性和失效演化.生命系统更不允许轻处理.脑、皮肤、牙齿、心肌和血管一旦进入多场耦合、层级结构和活体本底状态,许多在经典弹性或单场框架中顺畅的解释便不再够用.同样的外部输入,为什么在不同结构和不同本底状态下形成不同的内部场?为什么局部形态变化并不显著,功能端量却长期异常?为什么模型分辨率提高以后,解释力没有同步提高?这些困难常常不是简单的“数据不够”.对象正在逼迫研究者重新判断变量、边界和机制.

对象会逼迫研究者诚实.概念可以悬,语言可以绕,方法也可能先跑起来,但对象不迁就研究者.它会用异常响应、尺度差异和服役失效提醒我们:原来的理解还不够.

一个真正面对对象的人,很难长期沉迷于表面的自洽.对象迟早会把那层自洽捅破.问题意识最可靠的训练方式之一,便是把自己放到对象面前,盯住那些解释不顺、反复出现、总也绕不过去的现象.问题常常不是“想”出来的,而是在长期比较和反复失败中慢慢显出形状.

当然,面对真实对象不自动产生好问题.有些工作最后仍停留在现象罗列、参数拟合和结果展示上.对象只是背景,并没有真正进入问题.区别在于,对象有没有迫使我们改写原来的认识,重新判断主导变量和模型边界.若研究结束以后,对象理解、机制判断和预测能力都没有变化,“真实对象”也可能只是题目中的一个名词.

1.3 学科内部尚未穿透的矛盾会长出问题

真问题也会从学科内部生长出来.一个理论能够解释什么,不能解释什么;一个参数在什么条件下有意义;一个模型的适用域到哪里;一个方法的误差和稳定性怎样判断.这些看上去基础的问题,恰恰决定一项研究能不能站住.

多场耦合就是一个例子.热、力、流、电、化学和生物响应往往不是若干独立立场的简单相加.若只是把每个场分别建模,再用几个耦合系数拼在一起,很可能无法描述真实对象中的反馈、滞后、非线性和状态转移.

多尺度问题也一样.微观结构参数并不总能直接等效为宏观常数.尺度、频率、应变率、温度和测试方式一变,所谓“材料参数”便可能成为带有测量条件和适用域的条件量.尺度转换要回答哪些结构信息被保留,哪些机制被平均掉,误差在什么条件下可以接受.

应用数学有自己的问题来源,并不只是等到力学提出任务以后才来提供方法.方程的解是否存在、是否唯一,系统对抗动是否稳定,奇异极限能否与原问题相容,反问题在什么观测条件下可以辨识,离散格式是否收敛,误差能否被可靠控制,这些都是真实问题.它们的对象可以是方程、算子、函数空间、变分结构、随机过

程或反问题;它们的边界体现为基本假设、参数域和正则性条件;它们接受证明、估计和反例的检验。

应用数学与力学之间的接口,常在两类问题相遇时重新打开。一个反问题为什么不可辨识,一个数值解为什么对边界扰动高度敏感,一个优化结果为什么不能制造,一个数据驱动模型为什么不能外推,这些不只是“方法没选好”。数学结构与真实对象之间,仍有一层关系没有看清。好的问题不一定推翻已有知识。更多时候,它是在知识边界上发现一处没有闭合的地方:一个广泛使用的参数,进入新的尺度以后失去了原有意义;一个经典模型,被外推到了它没有权力进入的区域;一个看似成熟的方法,在真实边界下暴露出不可辨识性或不稳定性。

老问题也不能因为“老”就被轻易绕开。许多问题之所以长期存在,并不是因为已经解决,而是因为足够重要、足够困难,又不断在新的对象、新的边界和新的尺度中返回。一个共同体若总用新题目绕开旧而硬的问题,表面上可能很活跃,最核心的知识底座却会越来越空。

学术真正向前,常常需要回到这些老矛盾面前,再问一句:到底哪里还没有讲透?在今天的对象和证据条件下,它又显出了什么新的问题?

1.4 工具越强,裂缝越要看清

工具的发展会暴露新的问题,也会遮蔽原有的问题。数值计算、实验表征、数据科学和人工智能都在迅速提高研究能力。但工具可以运行,只说明一条技术路径存在,不说明问题已经成立。有些工作能算,对象却没有真正定义;能拟合,机制却没有讲清;能优化,制造、公差、寿命和服役约束却没有进入问题。工具越强,这些缺口越容易被漂亮结果盖住。

人工智能还使研究外观生成得更快。先有算法,再找对象;先有答案,再补证据;先有完整表述,再回头寻找问题。过去这些倒置容易在粗糙的文本和不完整的结果中暴露出来,今天却可能被工具包装得十分完整。

研究者不能先让工具跑起来,再回头为它补一个问题。应当先确认问题,随后决定工具在其中有什么位置,又有多大的结论权限。工具与对象之间的裂缝,常常就是新问题的入口。一个模型能拟合却不能外推,一个优化结果数学上优越却不能制造,一个高精度计算无法解释主导机制,这些都值得追问。工具不是问题的敌人。没有真问题牵引,工具容易失去方向;真问题一旦立住,工具才可能把研究推进到过去难以达到的深度。

1.5 有些问题来自长期观察和失败

还有一些问题,来自长期观察和反复追问。它们不热闹,也未必一开始就能写成漂亮题目。为什么一个参数在不同实验中总是漂?为什么一个模型在某些边界下反复失效?为什么一个方向论文很多,关键预测和设计能力却始终没有建立起来?这些困惑开始时可能只是心里的一点不踏实。盯得久了,才慢慢显出问题的形状。

我一直觉得,问题意识中有一种很重要的能力,不只是“会不会想”,而是“能不能盯”。对象要盯,现象要盯,前后结果的细小差异也要盯。别人觉得“基本说得通”了,你心里仍觉得有一层没有压实。时间一长,这种不肯轻易放过的劲头,才会把问题从一堆表面现象中逼出来。力学尤其需要这种耐心。一个局部偏差、一条异常曲线、一次重复不出来的试验、一个边界敏感的数值解,开始可能只被看成噪声;盯久了,它可能就是主导机制变化的信号。

失败经验也很重要。实验失败、模型失败、样件失败和预测失败,都可能暴露真实边界。失败本身不是成果,但认真分析失败,可以告诉我们原来的假设哪里站不住,变量哪里选错了,哪条边界被漏掉了。应用数学研究也有相似的积累。一个证明总在同一环节卡住,一个估计始终依赖不自然的假设,一个算法在某类参数域内持续失稳,这些失败可能提示,原来的结构判断本身就有问题。

成熟研究者与初学者的区别之一,不在于拥有更多现成答案,而在于更能识别哪些困惑值得长期追问。问题从哪里来?归根到底,是从真实世界和知识体系的缝隙中来。国家需求把问题逼出来,真实对象把问题压实,异常现象把问题照亮,学科矛盾把问题深化,工具裂缝把问题暴露,长期观察让问题逐渐沉淀。

1.6 真实困难怎样成为科学问题

到这里还不能停。国家需求、真实对象、异常现象和理论裂缝,都只是问题的来源。科学研究不能停留在“这里有困难”,还要把困难压成可以分析、计算、实验或证明的问题。

“叶片寿命算不准”是真实困难,却还不是一个完整的科学问题.进一步追问以后,问题才逐渐显形:制造缺陷和服役载荷怎样共同写入结构的初始状态?哪些变量控制损伤累积?损伤又怎样改变刚度、模态和剩余承载?哪些可测端量能够支持寿命预测和再准入判断?到这里,一个工程困难才被压成可以建模和验证的力学问题.

科学抽象的作用就在这里.真实对象通常包含大量变量,不可能在第一步全部进入模型.研究者必须判断,哪些变量控制目标端量,哪些只产生次级修正;哪个尺度决定机制转变,哪些尺度可以被等效;哪些边界一旦省略便会改变问题性质,哪些细节可以在当前精度下暂时封装.这不是简单地“少取几个参数”.科学抽象首先是主导机制判断.

一个具体故障可能只发生在某一型号、某次试验或某段服役过程中,但控制它的载荷转移、界面脱黏、局部失稳或缺陷敏感机制,可能具有超出个别对象的意义.好的抽象,要从个别现象中抽出这种可迁移的结构,又不能丢掉决定原问题性质的边界.

应用数学中的抽象也一样.一个特殊方程的困难,可能来自更一般的非紧性、奇异摄动、谱不稳定或尺度竞争.将其压成清楚的数学问题,需要明确方程、函数空间、参数域、已知与未知,以及希望证明或否定的命题.

问题形成以后,还要有检验路径.力学问题最终要落到可测响应、失效端量和验证方式上;应用数学问题要落到证明、误差估计、稳定性结论或反例上.一个无法被支持,也无法被否定的表述,很难成为有力量的科学问题.

抽象也有边界.一个模型若保留漂亮形式,却丢掉了控制原问题的变量,它便不是简化,而是换了问题.一条定理可以完全正确,但若其假设避开了工程上真正控制失效的边界,结论便不能直接进入装备判断.反过来,一组来自真实对象的数据,也不会自动获得普遍理论的地位.

真正高水平的技术科学研究,要完成一个来回.从实践中发现困难,经科学抽象形成一般问题,再用新的理论、方法和判据回到工程接受检验.对象提出问题,抽象赋予问题一般性,证据限定结论权限,工程再检验这种一般性有没有被理解对.

真实问题源于实践或知识裂缝,成于抽象,立于边界,验于证据,并以新的认识和能力回到实践或理论.

2 什么样的问题才站得住

讨论问题意识,最容易犯的错误,是把“有题目”当作“有问题”.题目可以很快拟出来,关键词可以很快堆起来,对象名称也可以换成更热的方向.这些都不能说明问题已经成立.

一个问题首先要有可以说明的来源.这个来源可以是装备、物理对象和实验异常,也可以是方程、算子、变分结构和知识体系内部的裂缝.研究者需要说明:已有知识为什么没有把它解决,哪一处矛盾迫使我们继续追问.

对力学,问题通常要落到具体对象.这里的对象不是题目中的名词,而是携带几何、材料、状态、载荷、边界和服役历史的研究实体.“复杂结构”“极端环境”“生命系统”“多场耦合”都可以是重要方向,却还不是问题.研究还要说清是哪一类结构,处在什么状态,承受什么载荷,发生什么响应,工程真正要判断的端量是什么.

对应用数学,对象可以是方程、算子、函数空间、随机过程、控制系统或反问题.讨论解的存在性,要说明方程和函数空间;讨论稳定性,要说明扰动方式和参数域;讨论收敛性,要说明离散过程和误差度量.数学问题的真实性靠定义、假设和结构来保证.

问题还要有矛盾.旧变量不足以刻画现象,经典模型不能预测主导响应,现有证明依赖过强假设,算法在关键参数域中失稳,工程端量无法从已有结果中获得可靠判断,问题便在这些地方显形.没有矛盾,研究容易停留在描述.这里所说的矛盾,不是摘要中惯常出现的“挑战”,而是已有知识在某个地方确实走不下去了.

边界同样不可缺少.问题不能靠放大获得分量.一个在低应变率下成立的模型,未必能够外推到冲击;一个室温下测得的参数,未必适用于高温服役;一个干态材料本构,未必能直接进入含液介质;一个离体组织中的测量,也未必代表活体状态.

应用数学中的函数空间、参数域、正则性条件和初边值条件,同样决定结论是否成立.脱离这些条件谈

“算法有效”“系统稳定”或“定理成立”,都缺少明确意义。

问题最终还要接受证据约束。力学中的理论、计算、实验和工程数据,具有不同的证据权限。一组算例能够说明方法可以运行,却未必说明真实对象可以预测;一条拟合曲线能够说明相关,却未必识别了主导机制;一个标准试样的失效模式,也未必能够授权到整机寿命。

应用数学中的证明、误差估计、数值结果和反例也不能互相替代。算例再多,也不能代替一个需要证明的结论;定理本身正确,也不能越出假设和参数域使用。

问题还应当带来真实增量。这种增量未必一开始就能写成三条“创新点”。它可能表现为更清楚地认识一个对象,更准确地识别一组变量,更可靠地解释一种机制,更明确地划定模型边界,也可能表现为新的定理、判据、算法保证、误差界或反例。

若研究完成以后,只改变了题目和表达,没有改变认识和能力,问题便仍停留在姿态上。在此基础上,还要把三件经常混在一起的事情分开。

2.1 问题可以轻,但不能靠包装增重

问题有轻重之分。这涉及问题的价值、影响范围和生长能力。一个问题可以很小,却完全真实。某种特殊边界下的局部失稳,一项有限参数域内的误差估计,一次难以解释的试验偏差,都可能只是大问题中的一小步。只要来源清楚、边界明确、证据扎实,就有学术价值。科学进步从来不只依赖宏大命题。许多可靠的知识,正是由一批小而坚实的结果逐渐积累起来的。

需要警惕的,是小问题借助宏大背景、热门方向和夸张表述被包装成重大突破。题目的背景很大,实际推进却很小;应用对象很新,研究本身却只是一次常规计算或常规测试。问题的重量不能由背景替它提供。轻重也不能只看一次成果的规模。一个题目不大,却能够继续牵出变量识别、模型修正、实验验证和新的问题链,它就有生长能力。一个题目声势很大,却只能支撑一次参数扫描和一张性能对比图,未必真正有后劲。因此,小问题不必自卑,也不应冒充大问题。把一个小问题做实,比把一个轻问题写重更有价值。

2.2 伪问题首先是认识论问题

问题有真伪之分。这涉及问题是否良构、是否真正成立。这里所说的“良构”,不只取应用数学中狭义的适定性,而是说研究问题至少具有可以辨认的对象或数学结构,清楚的概念和假设,明确的边界,以及可能成立的推理或检验路径。伪问题通常具有题目的外观,却缺少可以持续追问的内核。

概念没有定义,对象不断漂移,前提彼此冲突;所问量原则上不可辨识,或者问题已经被已有知识消解;结论无法被证据支持,也无法被反例否定;先有一个工具或答案,再倒过来制造问题外壳。这些都可能使一个问题在认识论上不能成立。

有些伪问题来自方法倒置。研究者先有一个算法、模型或仪器,再寻找可以使用它的对象。对象只是方法的算例,问题则为了让方法进入论文而临时搭起。有些来自概念漂移。同一个术语在不同段落中不断改变含义,或者用“智能”“极端”“复杂”“多尺度”等宽泛标签代替可以定义的变量和关系。题目看上去很大,实际无法确定作者究竟在问什么。还有一些来自边界消失。局部结果被写成普遍规律,特定算例被写成一般机制,相关性被写成因果性,训练域内的预测被写成无条件外推。问题原本也许真实,一旦被放大到证据无权支持的范围,也会逐渐失去成立基础。

伪问题不是必然意味着学术不端。它有时源于认识不足、概念混乱或研究设计不成熟。通过重新定义对象、修改假设、缩小边界、改变所问端量和补充证据,一些伪问题可以得到纠正,重新成为可以研究的问题。这正是学术讨论和同行评议的意义。面对一个尚未良构的问题,首先要判断它能否重新被问清,而不是急于给研究者贴上诚信标签。

2.3 虚构性问题设置触及学术底线

研究还有诚假之分。这涉及对象、数据、图像、证明和证据是否真实。这一层不能与问题轻重、研究成熟度或一般认识错误混在一起。本文所说的“虚构性问题”,更准确地说,是虚构性问题设置。它不是问题较小,也不是研究者暂时没有把问题问清,而是整个问题外观建立在虚构对象、失真数据、伪造图像、不可追溯证据或故意错置的逻辑关系之上。

一个研究对象并不存在,却被写成真实对象;一个工程故障没有发生,却被包装成现实需求;数据被有意删改,图像被不当处理,试验和验证经历无法追溯;算法性能、理论证明或作者贡献被人为制造——这些不再属于问题质量的高低,而是共同体能否信任研究的底线。

还要分清错误与造假。科学允许犯错,也必然会犯错。一个假设后来被证明不成立,一个证明存在漏洞,一个实验因操作问题出现偏差,都不自动构成虚构性问题。关键在于研究过程是否真实记录,证据是否可以追溯,发现错误以后是否如实修正,以及研究者是否明知依据不成立,仍故意制造可信外观。

学术诚信不是问题意识之外的附加要求。一个问题能否成立,首先取决于共同体能否相信其对象、数据、证明和证据真实存在。问题一旦可以被虚构,后面的模型、图表、署名、结论和评价,都可能围绕一个空洞中心运转。因此,问题判断至少要分开问三件事:

这个问题有多大的价值和生长能力?

这个问题在概念、假设、边界和证据上是否成立?

支撑这个问题的对象、数据、证明和证据是否真实?

这三问不能互相替代。一个问题可以轻而真实,可以重要却尚未良构,也可以题目和逻辑看上去都合理,却在数据和证据上失真。

还要警惕另一种包装:把“真实问题”本身写成套话。今天许多稿件已经学会强调“面向真实需求”“面向复杂工程”“面向国家重大任务”或“面向真实场景”。这些表述不能自动证明问题真实。一个问题若离开热词仍然站得住,离开包装仍然问得下去,离开流行工具仍有必须回答的矛盾,它才值得认真对待。

表1将问题价值、问题成立性和学术真实性放在三个不同层面,并分别给出力学与应用数学的落点。它不是评分表,也不是把所有问题分进互斥的盒子,而是提醒研究者:小问题可以真实,伪问题可以纠正,虚构性问题设置则必须拒绝。

表1 问题判断的基本层面:价值、成立性与真实性

Table 1 Basic dimensions of question assessment: value, validity, and academic authenticity

判断层面	主要追问	常见偏差	对力学研究的要求	对应用数学研究的要求
问题价值与生长能力	问题有多重要,能否继续生成新的问题	小问题借宏大背景和热门标签增重;一次计算或测试被包装成重大推进	是否形成新的对象理解、机制判断、设计判据或工程能力	是否形成新的结构认识、定理、判据、算法保证或适用域扩展
问题成立性	对象或数学结构、概念、假设、边界和检验路径是否清楚	对象漂移、概念含混、前提冲突、问题不可辨识;先有方法再倒造问题	对象、载荷、边界、响应、失效和验证是否闭合	定义、假设、函数空间、参数域、可解性、稳定性和误差是否清楚
学术真实性	对象、数据、图像、证明、模型和证据是否真实、可追溯	虚构对象,编造或篡改数据,伪造图像、证明、验证经历或贡献	试验、服役数据、参数来源和验证过程能否核查	证明、计算结果、算法性能和反例是否真实完整

表1所区分的几个层面,最终仍要回到研究的基本秩序。

问题的轻重,不能由题目声势代替;问题的真假,不能由方法先进程度代替;研究的诚信,也不能由作者声誉和文本完整程度代替。

对力学,问题最终要回到对象、载荷、边界、响应、机制、失效与验证;对应用数学,问题最终要回到定义、假设、结构、可解性、稳定性和误差边界。两者面对的对象和证据方式不同,却要回答同一个问题:原来的矛盾究竟被推进了什么?从0到1不是对题目新鲜程度的奖励,而是对真实问题入口和真实知识增量的承认。

3 AI时代为什么更要强调问题意识

我并不真正担心人工智能会不会写文章。我更担心的是,研究者会不会逐渐习惯让文章先于问题出现。人工智能改变的不仅是检索、计算和表达的速度,也在改变一项研究获得“完整外观”的方式。过去,一个问题没有立住,常常会在材料不足、逻辑断裂、模型闭合不了、文字组织不顺的地方暴露出来。今天,背景可以迅速铺开,候选题目可以批量生成,技术路线可以排列得很整齐,代码、图表和结论也能很快成形。

文章看上去已经完成了,研究却可能还没有开始.这不是人工智能自身的过错.工具没有意志,也不会主动制造伪问题.它只是把原本就存在的某些倾向放大了:先有答案,再挑选证据;先看中一种方法,再寻找可以使用它的对象;先写出一套完整叙述,再回过头来填补问题和边界.过去,这样的倒置路径往往比较粗糙;今天,它可以被包装得非常流畅,甚至比许多扎实研究更像一篇“成熟论文”.

因此,人工智能时代不是问题意识可以退场的时代.恰恰相反,当答案和表达不再稀缺,真正稀缺的就变成了对问题的判断.

工具可以扩大搜索范围,帮助比较不同假设,也可以从大量数据和文献中发现研究者暂时没有注意到的关系.许多过去耗费大量时间的低层工作,正在被重新分配.这是进步.真正有价值的研究,不应拒绝这样的能力.但扩大可能性,与判断哪一种可能值得追问,是两件事.

人工智能可以给出十个、百个候选问题,却不知道其中哪个问题被真实对象顶住了,哪个只是文字上尚未有人这样说过;它可以提供若干模型,却不能自动判断原来的模型究竟为什么失效;它可以生成一条证明路径,却不承担其中每一步是否成立的责任.人不能把这些判断一并交出去.

3.1 答案越容易生成,问题贫乏越容易被遮蔽

人工智能进入科研以后,最容易出现的误解,是把答案供应能力的增长,当成问题能力的增长.一项研究当然需要答案.没有理论、计算、实验和数据,问题只能停留在提问.但研究的次序不能因此颠倒.答案应当受问题牵引,而不是由一个现成答案反过来制造问题.

在今天的稿件中,有时可以看到一种很完整的倒置:先用某个模型得到一组结果,再从结果中挑选一种看起来重要的差异,最后补写研究背景和科学问题.文章的各个部分都在,顺序也可以被重新排列得很自然,可真正的研究起点却没有出现.作者并不是从一个难以绕开的矛盾出发,而是在已有结果周围寻找意义.

还有一些工作,从一开始就由工具命名.因为使用了深度学习、神经算子、数字孪生、拓扑优化或不确定性量化,题目似乎便自动有了前沿性.至于这个方法进入了什么对象,解决了什么原有方法解决不了的困难,为什么必须使用它,反而没有说清.

方法名称不是问题.有限元时代已经给力学留下过一个教训:云图不是机理.一幅应力云图可以足够精细,但只要边界、本构和载荷路径不对,精细只会把错误算得更加清楚.人工智能时代仍然如此.一个预测结果可以很准,一段文字可以十分流畅,一幅图像可以高度逼真,但这些都不能替代对对象、边界和证据的判断.

准确也有边界.一个模型在训练数据上表现很好,并不说明它已经掌握了对象中的控制关系.训练数据是否覆盖真实状态空间?测试集是否真正独立?模型在边界改变、分布漂移、极端状态或新的尺度下怎样失效?如果这些问题没有回答,“准确率”只说明它在给定数据和给定任务中的表现,不能自动转化为机制解释和工程使用权.

力学尤其要警惕把拟合当作理解.一条曲线拟合得很好,可能对应多组完全不同的参数;一个宏观响应被重现,也可能掩盖不同的局部机制;一个代理模型速度很快,却可能根本没有保留决定失效的少数状态变量.能够预测某一组数据,与知道为什么这样发生,中间仍有很长的路.

人工智能当然可以参与问题发现.它能够帮助研究者在大量文献中找出相互矛盾的结论,在高维数据中识别异常模式,也能提示某些被忽略的尺度和变量.但机器给出的只能是候选.候选问题还要经过研究者自己的追问:它从哪里来?已有知识是否已经回答?对象或数学结构是否清楚?它能否被证据支持,也能否被反例否定?离开当前工具以后,这个矛盾是否仍然存在?这些问题没有回答,题目再新,也只是一个可能的方向.

真正困难的事情,仍然是作出取舍.研究者需要从众多相关因素中判断什么是主导变量,从大量可做工作中判断什么值得长期推进,从漂亮结果中判断哪些有物理意义,哪些只是数据和算法共同制造的表象.这种判断不能从工具中直接下载.

3.2 物理写进模型,不等于对象已经被理解

人工智能进入力学和应用数学以后,一个重要方向,是把控制方程、守恒关系、边界条件、对称性和其他先验知识写入学习模型.物理信息神经网络、神经算子、数据驱动本构、代理模型和科学机器学习,正在为高

维、非线性、多尺度和反问题打开新的路径^[7-9]。

这些进展值得重视。许多过去难以求解的问题,确实可能因此获得新的计算能力。但有几条界线必须说清:方程进入损失函数,不等于真实对象已经进入模型;模型中写入了边界条件,也不等于真实边界已经被识别;拟合误差很小,不等于参数具有唯一的物理解释;预测能够外推一小段,也不等于模型已经获得了跨边界使用的权力。方程只是我们对对象的认识。若所选方程本身遗漏了控制过程,人工智能不会因为“服从方程”而自动修正这种遗漏。相反,它可能把一个不完整的模型执行得非常好。

例如,一个物理信息神经网络可以把控制方程残差压得很低,但若几何对象不准确,界面条件被理想化,观测点不足以支持参数反演,或者多个损失项之间的权重改变了实际求解目标,得到的解仍然可能没有唯一性,也未必对应真实状态。较小的残差只能说明模型较好地满足了写进去的关系。它不能说明没有写进去的物理不重要。

对力学而言,模型最难的部分往往不在求解器,而在求解之前。对象怎样定义,载荷如何进入,初始状态怎样形成,哪一条边界控制响应,哪些变量具有可辨识性,验证端量如何选择,这些问题没有压实,再先进的算法也只能在不稳的地基上工作。数据驱动本构同样如此。一个模型可以重现材料在给定加载路径下的响应,却未必能够处理路径改变、卸载、循环、损伤演化和尺度转换。若训练数据没有覆盖这些状态,模型的沉默不代表对象没有问题,只代表数据没有把问题呈现出来。应用数学方面也有相同的边界。

人工智能可以生成猜想、证明草稿、算法和误差估计,但形式上像证明,不等于证明已经闭合。所引用的定理是否真实存在,前提是否满足,极限交换有没有依据,正则性条件是否被偷偷加强,一个局部估计能否推到全局,这些都必须逐项核查。

有限个算例表现稳定,不等于连续问题适定;若干网格下观察到收敛,也不等于已经建立收敛性;训练样本上的小误差,更不能自动提供统一误差界。数学的严格性不因工具变强而降低。相反,生成速度越快,核查责任越重。

还有一种常见误解,是把优化结果等同于设计答案。一个算法可以极快地找到“最优结构”,但若目标函数没有包含真正的工程端量,约束中没有制造、公差、成本、寿命和失效,所谓最优只是一个被不完整问题定义出来的数学极值。优化没有错,错的是把没有进入问题的约束,当成最后可以在工程中补上的细节。很多时候,正是这些“细节”决定设计能否制造、能否服役、能否通过验证。

因此,评价人工智能进入研究,不能只看精度提高了多少、速度增加了多少。更应当问:它是否帮助我们识别了新的控制变量?是否发现了模型失效的边界?是否降低了参数和预测的不确定性?是否提出了能够由理论、实验、证明或独立数据检验的新判断?若答案只是“算得更快”“拟合得更好”“图像更漂亮”,工具的价值仍然主要停留在执行层面。

对《应用数学和力学》而言,一篇人工智能论文不能因为用了智能方法就自动获得学术正当性。它必须说清楚所面对的对象或数学结构,指出原有困难,交代假设和边界,说明模型在哪些条件下可信,也说明它将怎样失效。

AI时代真正不可外包的,是问题判断。机器可以生成答案,不能替研究者承担这个问题是否值得问的责任;模型可以给出结果,不能替研究者承担结果是否可信的责任;工具可以放大能力,不能替作者承担结论越过边界以后产生的责任。

4 对《应用数学和力学》的意义

对《应用数学和力学》而言,“问题为本”不能停在一句漂亮话上,它应当进入稿件判断的前端。问题是否成立,先于方法是否流行,先于公式是否复杂,也先于图表和文字是否完整。一篇稿件可以方法很新,计算规模很大,图表很满,表达也很顺;摘要里可以出现人工智能、多尺度、多场耦合、极端环境和交叉融合。若问题来源不清,对象或数学结构没有立住,假设与边界含混,方法所解决的矛盾并不存在,这些完整外观不能替代学术内容。

反过来,有些工作题目并不花哨,方法也未必处处求新,却抓住了一个绕不过去的困难。它把对象说清,

把变量抓准,把边界放在明处,机制或数学结构向前推进了一步,又用相称的证据、证明或反例限定结论.这样的工作值得认真对待.这也是本刊必须重新说清应用数学与力学关系的地方.

《应用数学和力学》不是让应用数学附着于力学,也不是把力学当成数学方法的算例场.两者围绕真实问题相遇,各自又有不能被替代的学科责任.

力学要对对象负责.材料是什么状态,结构怎样制造,载荷从哪里进入,边界如何施加,响应怎样演化,什么机制控制失效,结论如何由试验、计算和服役证据验证,这些问题不能用一个复杂方程代替.

应用数学要对结构和推演负责.概念怎样定义,假设是否必要,方程与算子具有什么性质,解是否存在、唯一和稳定,算法能否收敛,误差是否可以控制,结论有没有反例,这些问题也不能用几个工程算例代替.

应用数学进入力学,不只是把物理关系写成方程,再找一种方法求解.复杂工程中的非线性、尺度竞争、强耦合和不确定性,会提出新的数学结构;反过来,一条存在性条件、一个稳定性判据或一个反例,也可能改变我们对力学对象的认识.一个模型在某些参数域内没有唯一解,这不是纯数学上的小事.它意味着从给定输入到所求端量之间,可能不存在我们原先以为的确定关系.一个反问题不可辨识,也不是算法不够先进,而是现有观测本身不足以支持所要求的判断.数学结论在这里直接限定了力学和工程结论的权限.

两者的接口不在术语表面,而在问题内部.从实际来稿看,方法、对象和问题之间的次序经常被打乱.有些文章先有一种新方法,力学问题只是后来配上的算例;有些不断使用“复杂工程”“智能材料”“极端环境”等对象名称,却没有说明对象的几何、状态、载荷、边界和端量;还有些稿件数学形式很复杂,推导很长,算例也很多,却没有说明新的数学结构在哪里,已有理论究竟被推进了什么.这些文章的问题并不完全相同,根子却相近:方法、标签和形式走在了问题前面.

本刊当然不排斥方法论文.一个新的数值格式、一种新的反演方法、一条新的定理,都可能构成重要贡献.但它们需要回答自身的问题:为什么原有方法不够?困难来自精度、稳定性、计算复杂度,还是不可辨识性?新方法提供了什么过去没有的理论保证?这种保证在哪些假设下成立?

同样,本刊也不要求每篇力学论文都解决一个宏大工程问题.一个局部机制、一条新边界、一个反常现象,只要被讲清楚,也可以有很好的学术分量.怕的不是问题小,而是问题很轻,却被背景和标签写得很重.

完整表达也不能替代完整证据.现在把一篇文章写得“像样”并不难.背景可以铺得很宽,流程图可以画得很顺,结论也可以写得十分确定.但学术判断最终不能交给文章外观.一个结论有多大权力,取决于对象、假设、边界和证据,不取决于语言有多坚定.

这里还有一条更硬的底线:学术诚信不是问题意识之外的附加要求,而是问题能否进入共同体判断的前提.近年来,论文买卖、数据买卖、申请材料失真、图像不当处理、评申请托和问题论文撤稿等事件反复出现^[10-11].这些现象不能被泛化为整个科研共同体的面貌,也不宜只作情绪化批评.它们同时提醒我们,评价周期、资源配置、项目组织和人才考核一旦长期把论文数量、项目标签和人才头衔放到问题本身之前,研究便可能从追问未知,滑向制造可以发表和评价的结果.

学术造假之所以危险,不只因为它制造了假数据、假图像和假结论.更深一层的危险,是它常常先制造了一个看似成立的问题.问题一旦可以虚构,后面的材料、模型、图表、署名和结论,都可能围绕这个空洞中心运转.

期刊要守住的第一道门,不能只是在结果出来以后查错.还要看问题是否真实,对象是否成立,证据链能否追溯.头衔不能替代证据,声誉不能替代问题.对知名作者和青年作者,应当使用同一条学术尺度.一个结果不能因为出自熟悉的团队就自动可信,一个问题也不能因为被写进重大项目就自动重要.

因此,本刊判断一篇稿件,至少要多问三句:

问题入口在哪里?

方法到底服务谁?

结论有没有回到原问题?

这三句话看起来简单,实际可以把很多表面的复杂重新压回研究本身.

“问题入口在哪里”,要求作者说明问题究竟来自什么.是一个真实对象中的异常,是工程能力中的瓶颈,还是数学结构中的裂缝?它经过了怎样的科学抽象?为什么已有知识还不能回答?“方法到底服务谁”,不

是问方法属于哪一个热门方向,而是问它解决了问题中的哪一层困难.它是在识别参数、重构边界、揭示机制、建立稳定性,还是控制误差?若换一个对象,文章的问题和结论几乎不用改变,方法很可能还没有真正进入问题.“结论有没有回到原问题”,则要求作者在文章结束时回答:最初的困难究竟被推进了什么?一个新算法究竟提高了什么能力?一个模型改变了什么对象认识?一个实验看清了什么机制?一个定理扩大了哪一段适用域?

许多文章的问题就在最后一问上暴露出来.方法做完了,算例也完成了,原来的问题却没有被重新提起.读者知道作者做了什么,却不知道为什么这件事值得做.一个好的专题,也不只是把一批题目相近的论文放在一起.它应当围绕一个真实问题,组织不同对象、数学结构、方法和证据的连续推进.专题的价值不在稿件数量,而在共同体能否因此看清一个问题的不同层面,以及下一步真正需要突破的地方.

同行评议也不应只做技术性挑错.审稿人当然要检查公式、算例、图表和文献.但一份有价值的审稿意见,还要帮助作者看见:问题有没有问对,模型是否越过了适用边界,证据能否支持结论,文章真正推进的是什么.对青年作者而言,这种判断比要求再补一组参数或再画一张图更重要.

期刊因此也在参与育人.大量研究生、博士后和青年教师,是在投稿、审稿和修改中学会怎样进入学术共同体的.期刊怎样提问,审稿人怎样判断,编辑怎样处理证据和边界,都会影响后来者怎样理解科研.

所谓守门,并不意味着保守.新理论、新方法、新对象、新工具都应当受到欢迎.科学机器学习、智能超结构、非局部理论、多场耦合、生命力学、极端力学和复杂工程系统,都可能打开新的问题空间.本刊不能因为强调真实性,就退回熟悉对象和传统方法.

开放与判断并不冲突.方向越多,越要辨认问题;工具越强,越要看清边界;交叉越广,越要知道每个学科究竟贡献了什么.应用数学不能只停在形式复杂,力学也不能只停在对象名称.研究从真实问题开始,刊物的学术判断也应从这里开始.

5 问题意识怎样进入教书育人

对学生和青年作者而言,问题意识不是写作技巧,而是进入研究的第一道训练.会查文献、会使用软件、会组织一篇完整论文,当然重要.但这些能力主要说明一个人能够完成既定任务,还不能说明他已经学会研究.科研真正困难的地方,往往发生在任务被确定之前:面对一堆事实、现象和已有解释,究竟什么值得问;一个模糊困难怎样被压成科学问题;哪些变量必须保留,哪些边界不能省略;什么结果才算把原来的问题向前推进了一步.

强工具时代,这种区别更容易被遮住.人工智能可以很快生成研究背景、候选题目、技术路线、程序代码和文字表述.过去需要数周整理的材料,今天可能很快就能得到一副完整外观.学生因此容易产生一种错觉:题目有了,方法有了,文章结构也有了,研究似乎已经开始.

实际上,真正的问题可能还没有出现.大学教师今天面对的,不只是怎样让学生更有效地使用工具,还要防止工具替代了问题形成过程.一个学生若没有经历从对象和知识裂缝中发现问题,没有经历主导变量和关键边界的取舍,即使最后完成了一篇格式规范的论文,他得到的也可能只是一次执行训练.

过去的研究生培养,常沿着一条熟悉路径展开:教师给出题目,学生查阅文献,学习方法,完成计算或实验,最后写成论文.这条路径能够训练操作能力,也有其必要性.问题在于,如果学生长期只在别人已经划定的问题中工作,他会逐渐把科研理解成“把给定题目做完”,而不再追问题目从哪里来,为什么这样问,换一条边界以后问题是否仍然成立.

真正的科研训练,应当让学生看到问题是怎样长出来的.教师当然可以给对象、给背景、给一段已经积累的研究基础.初学者不可能从第一天起就独立提出重大问题.但教师不能把问题形成过程完全遮住.至少要让学生知道:为什么是这个对象,为什么保留这些变量,为什么采用这一组边界,已有方法究竟卡在哪里,最后需要回答的是哪一个端量.这些判断若全部由导师在幕后完成,学生看到的只会是一道已经整理好的题目.他会做,却未必会问.

5.1 课堂不能只教答案,还要交代答案的边界

问题意识首先应进入课堂。力学课程中,一条公式不能只讲怎样推导、怎样代入。学生还应知道它针对什么对象,依据哪些假设,在哪些尺度和边界下成立。一个梁理论公式,离开细长、变形和边界条件以后,便不是普遍真理;一个材料参数,离开温度、应变率、加载路径和测试方法以后,也未必仍是同一个量。

真正重要的知识,常常不在公式本身,而在公式为什么有权使用。教师若只给学生结论,学生容易把理论理解成一套可以随时调用的工具;把假设、尺度和失效边界同时交代清楚,学生才会逐渐形成判断。将来面对新对象时,他会先问条件是否满足,而不是急于寻找一个熟悉公式套进去。

应用数学的课堂同样如此。一条定理不能只留下结论。函数空间为什么这样选,正则性条件是否必要,参数域改变以后结论会不会失效,证明中的关键估计控制了什么,这些比记住定理编号更重要。学生若只会复述“存在唯一解”,却不知道存在性依赖什么、唯一性可能在哪些条件下丢失,他学到的是一个答案,不是一种数学判断。

课堂中的问题训练,并不需要把每一节课都变成开放式讨论。许多时候,只需多追问一步:

这个结论解决了什么困难?

哪一条假设最关键?

哪一个条件若被拿掉,结论首先在哪里失效?

一个反例在这里说明了什么?

这样的追问,能够把知识从静态结论重新带回问题发生的地方。

5.2 实验要允许对象否定我们

实验训练最容易出现的误区,是把获得一条“漂亮曲线”当作完成任务。学生往往希望结果与理论一致,与预期一致,也与师兄师姐留下的数据一致。一旦出现异常,第一反应是检查操作,甚至想办法把异常点删掉。操作错误当然要排查,但异常不应在问题还没有看清之前被轻易处理掉。

实验真正的价值之一,就是允许对象反驳研究者。一条曲线不能重复,可能来自测量误差,也可能说明试样初始状态没有被控制;不同批次结果显著离散,可能是制造缺陷,也可能表明原来被当作常数的参数其实依赖于状态和历史;局部破坏总在意外位置首先发生,可能暴露出载荷路径和边界条件与理论假设之间的偏差。

这些判断不能靠一次实验完成,却必须从第一次异常开始保留证据。

因此,实验训练不仅要教学生怎样加载、测量和处理数据,还要教他记录试样、环境、设备和操作历史。失败样件不能只被扔掉,异常曲线不能只留下一个“数据不稳定”的备注。许多真正的问题,就藏在这些原本被视为无效数据的地方。

好的实验报告,应当说明结果支持什么,也说明它还不能支持什么。测量误差有多大,样本离散是否改变结论,验证对象是局部机制还是整体性能,实验边界与真实服役边界有多大距离,这些决定证据的权限。实验不是为理论配图,它有权迫使理论退回去重写问题。

5.3 计算不能停在云图和精度

计算训练也需要重新回到问题。有限元、分子模拟、多物理场软件和人工智能代理模型,使复杂对象的计算门槛大幅降低。学生能够很快建立模型、划分网格、施加载荷,并得到色彩丰富的结果。正因为计算越来越容易,判断计算究竟意味着什么反而更加重要。一幅云图首先需要回答:对象建对了吗?载荷从哪里进入?边界条件是否代表真实约束?本构关系在哪个范围内有效?网格加密以后结果是否收敛?最先出现的高应力区,是物理机制,还是几何尖点和数值处理的产物?这些问题若没有回答,计算规模越大,结果未必越可信。

参数从哪里来,也应成为计算训练的基本内容。教材中的常数、文献中的平均值和软件库中的默认参数,进入具体对象以后都需要重新获得使用权。一个参数若对结果高度敏感,却没有可靠测量或辨识依据,模型输出只能算作条件预测,不能直接写成对象的真实响应。

验证尤其不能放在最后作为一项形式要求。模型建立时就应知道将由什么证据检验。验证的是位移、频率、局部应变、损伤模式,还是最终失效端量?不同验证量对模型的约束能力并不相同。只验证一个容易吻合

的整体量,可能掩盖局部机制完全错误.计算教育的目标,不是让学生生成更多结果,而是让他知道结果什么时候有权被相信.

5.4 应用数学训练要让学生承担假设责任

应用数学研究中,问题意识常被形式完整遮住.一个推导很长,一条定理形式很新,一个算法算例很多,都不能自动说明问题有分量.学生需要逐渐学会对定义、假设和结论之间的关系负责.

假设不是证明前面的技术准备.它规定了问题本身.有些假设只是为了简化推导,有些假设则控制解是否存在、是否唯一;有些正则性条件是方法需要,有些可能只是证明还不够精细.学生要学会分辨:一个结论之所以成立,是对象本来具有这种结构,还是现有技术只能在较强假设下得到它.

反例训练尤其重要.正例告诉我们一个结论可以成立,反例告诉我们边界在哪里.一个看似自然的猜想被反例否定,并不意味着研究失败.它可能比增加一个局部定理更有价值,因为它重新划定了问题的权限.

数值分析也不能只看若干算例中的表现.算法在几组网格上呈现收敛趋势,不等于已经建立收敛性;一个数据驱动方法在测试集上误差很小,也不等于误差能够在参数域内统一控制.经验结果和数学保证可以互相支持,却不能互相冒充.应用数学教育若只训练技巧,学生容易把研究理解成寻找更巧的证明和更快的算法.真正成熟的数学判断,要追问证明为何成立,算法为何稳定,误差由什么量控制,结论在哪个地方会断掉.

5.5 小而真实的问题,是很好的训练起点

学生提出的第一个问题,通常不会很大,也不必很大.科研训练中一种常见压力,是要求题目从一开始就面向重大需求、达到国际前沿、形成原创突破.这样的要求出发点未必错,却容易把年轻人推向另一条路径:先学习怎样写“大”,再寻找实际可以完成的“小”.最后的题目很宏大,真正处理的只是一个局部参数变化;背景指向国家重大任务,正文却停在常规算例;摘要声称建立新理论,实际只是对已有模型作一次局部修正.这不是青年人的全部责任.评价和培养方式若不断奖励大词和强结论,学生很快就会学会用背景替问题增重.

一个小而真实的问题,更适合作为训练起点.它可以是一条异常曲线,可以是某个参数为什么漂移,可以是一个模型在某条边界下为何失效,也可以是一个证明中多年没有削弱的强假设.只要问题来源清楚、边界明确、证据路径存在,学生就能在其中学到完整的研究过程.问题小,不妨碍它真实;结果暂时不大,也不妨碍它扎实.教师真正需要帮助学生建立的,是对问题分量的诚实判断.做了一小步,就说明这一小步改变了什么;尚未解决的部分,应当明确留在结论之外.一个人从学生阶段就习惯这样处理问题,将来才不容易依赖包装获得学术重量.

5.6 科学允许犯错,不能容许虚构

教书育人中,还必须把错误与造假分开.科学研究不可能没有错误.一个假设后来被证明不成立,一个模型预测失败,一个实验结果无法重复,一个证明中发现漏洞,这些都属于研究可能经历的正常过程.很多重要认识,正是从这些失败中产生.若学生害怕报告失败,实验记录中便只剩下成功结果;若论文只允许确定结论,研究者就会逐渐隐去不确定性和反例.长期如此,共同体看到的将不再是真实的研究过程,而是一批被整理过的成功叙事.

允许犯错,不等于放松标准.错误必须可以追溯,数据处理必须透明,发现问题以后必须修正.编造数据、篡改图像、虚构实验、伪造证明和隐瞒决定性反例,已经越出了认识错误的范围.

这条边界要在学生第一次进入实验室、第一次处理数据和第一次署名论文时就说清.学术诚信不能等到出现问题以后再补课.它应当进入日常研究:原始记录怎样保存,图像怎样处理,异常点为何剔除,代码怎样核查,谁对哪一部分结果负责,人工智能生成内容怎样说明和验证.学生需要明白,共同体可以接受他暂时不会,也可以接受他的判断后来被证明错误,却不能接受一个并不存在的结果被写成事实.

5.7 人工智能的关键不在于“用了没有”

人工智能已经进入学生学习和研究的各个环节.简单禁止,既不现实,也未必有利于能力培养.放任工具替代思考,同样不可取.关键不在于用了没有,而在于用在何处、怎样核查、由谁负责.人工智能可以帮助检索

文献、比较不同解释、生成初始代码、检查语言和提示证明路径.它也可能生成并不存在的文献、貌似合理却不成立的推导、隐藏错误的程序和超出证据范围的结论。

学生必须能够解释自己提交的每一部分工作.一段代码若由工具生成,他要知道输入、输出和算法逻辑;一个证明若受工具启发,他要逐步核查所用定理和条件;一组文献若由工具推荐,他要确认题录和内容真实存在;一个模型结果若由人工智能给出,他要说明训练数据、适用域和失效边界。

不能解释、不能核查、不能承担责任的输出,还不能算作研究能力.人工智能可以替代部分劳动,却不应替代判断.问题是否真实,抽象是否合理,边界是否充分,证据是否可信,这些责任仍然属于研究者。

表 2 概括了科研训练中问题能力逐渐形成的几个环节.它并非一条严格的线性路径.研究者常常会从证据重新返回问题,从失败重新检查边界,再修改最初的提问。

表 2 科研训练中问题能力的形成
Table 2 Development of the capacity to formulate and assess research questions in research training

训练环节	需要形成的判断	教师可采用的训练方式	学生应能回答的问题
从答案回到问题	区分资料丰富	要求说明每篇文献	现有答案究竟
	与问题成立	回答了什么、没有回答什么	对应哪个问题?
从现象识别矛盾	在异常、失效和知识	保留异常结果,比较不同	什么地方真正解释不通?
	裂缝中发现问题	模型和实验之间的不一致	
完成科学抽象	识别主导变量、	要求说明变量取舍、	为什么保留这些量,
	关键尺度和一般结构	尺度判断和简化依据	省略那些量?
压实边界	明确对象范围、参数域、	给经典结论改变一条边界,	这个结论在哪里成立,
	初边值条件和适用域	检查其何时失效	在哪里不能用?
组织证据	区分事实、假设、	要求说明每项证据的权限,	证据支持了什么,
	推论、证明和观点	报告不确定性与反例	又没有支持什么?
推进问题	将贡献落到认识或	在答辩和论文结论中追问	做完以后,我们比原来
	能力的真实变化	原问题被推进了哪一步	多知道了什么?
承担真实性责任	保证对象、数据、图像、	建立原始记录、代码核查	哪些结果由我负责,
	证明和署名可追溯	和人工智能使用说明	别人能否核查?

表 2 中最重要的并不是层级名称,而是研究训练的重心发生了变化。

会找答案只是入口.学生还要学会从答案中辨认没有解决的矛盾,从复杂对象中抓住控制关系,为模型和结论划定边界,再用相称的证据回答最初的问题.这些能力不可能通过一次开题报告建立.它们要进入课程、实验、计算、讨论、投稿和答辩,经过长期反复才能形成。

好的导师不只是替学生找到一个能够发表的题目.他要带学生进入对象和知识结构内部,帮助他们看见哪里真的有问题,哪里只是语言没有写顺;告诉他们什么可以简化,什么不能省略;允许他们承认失败,也要求他们对数据和证据诚实.教师不能替学生提出一生的问题,却可以训练他不被漂亮答案和流行工具轻易带走.当一个学生不再只问“这道题怎样做”,而开始追问“为什么这样问”“答案在哪些条件下成立”“还有什么没有解决”,他才真正走到了研究门口。

6 结语:问题立得住,创新才有重量

问题为本,首先要摆正科研活动的次序.一项研究从真实困难或知识裂缝出发,经科学抽象形成问题,再由理论、计算、实验和证明组织证据.这个次序看似平常,却经常在工具、热点和评价压力中被颠倒.先有方法,再寻找对象;先有答案,再组织证据;先写创新,再回头寻找知识缺口.这样的研究可以完成,也可以发表,却未必建立了新的认识。

问题立住,只是研究的开始.一个问题真实存在,并不意味着研究已经完成.它还要被问清、问准,问到主导变量和适用边界上.研究者需要知道自己面对的究竟是什么对象或数学结构,哪些假设控制结论,证据具

有多大权限,还有哪些困难仍留在问题之外。

真问题也不会自动带来真创新.同一个问题可以被重复处理,可以得到许多局部改进,也可能因为方法和证据不足而长期停滞.创新要看研究是否改变了原来的认识和能力;是否发现了新的控制变量,揭示了新的主导机制,建立了新的数学结构,修正了模型边界,形成了新的判据、算法保证或验证方法。

问题决定研究是否值得开始,创新检验研究究竟向前走了多远.这也是“问题为本”与“创新为王”之间应有的关系.二者不必争夺同一个位置.问题管的是根基和方向,创新回答的是增量和推进.没有真问题,创新容易成为概念自封;没有真实增量,再重要的问题也不会自动变成学术贡献。

对力学而言,问题最后仍要回到对象.模型是否抓住了主导机制,计算是否保留了真实边界,实验是否检验了关键判断,结论能否进入设计、寿命、安全和工程准入,这些决定一项力学研究有没有完成.一个结构在理想条件下性能很好,却不能制造、不能服役、不能验证,理论工作仍没有走完。

对应用数学而言,问题要回到定义、假设和结论权限.一条定理推进了什么,一个算法保证了什么,哪些假设可以削弱,哪些极限能够相容,哪些反例改变了既有认识,这些构成数学工作的真实分量.应用数学和力学的对象不同,证据方式也不同,却共同受问题来源、边界和结论权限约束.物理对象不会因为写成复杂方程就自动获得理解,数学结论也不会因为带有重大工程背景就自动获得重要性。

两者真正的相遇,是数学结构帮助我们穿透对象,真实对象又迫使数学结构接受新的边界和检验。

人工智能没有改变这一基本秩序.它可以扩大搜索范围,加快计算和证明探索,也可以提供过去难以获得的设计能力.但它不能替研究者决定什么值得长期追问,不能替作者选择主导变量和关键边界,也不能替共同体核查对象、数据、证明和证据.工具越强,人越要知道自己不能交出什么.问题判断不能交出,科学抽象不能交出,证据责任不能交出.期刊同样如此.在问方法新不新、指标高不高和计算量大不大以前,期刊要先判断问题是否成立;在评价结果是否漂亮以前,要看对象或数学结构是否真实;在接受重大结论以前,要检查证据和证明拥有多大权限.期刊不能只接收已经完成的文章.它还要通过同行评议和学术规范,帮助共同体辨认什么是真问题,什么只是完整外观,什么结论已经越过了边界。

大学也不能只教学生使用越来越强的工具.知识和方法当然要教,但更要训练学生判断什么值得问,怎样把困难压成科学问题,一个结论凭什么成立,以及哪些责任即使工具可以替代劳动,人也不能放弃.一个学生若只会寻找答案,他仍主要是知识的使用者;当他能够辨认问题、划定边界、组织证据,并对自己的判断负责时,才开始成为研究者。

科研评价也需要回到问题和增量.论文、引用、项目、奖项和人才称号都有其功能,却不能替代对问题价值、知识增量和证据真实性的判断.一个真正有利于原创的环境,应当容许研究者在硬问题上长期积累,也应当给失败、修正和负结果留下诚实的位置。

学术共同体真正需要拒绝的,不是小问题,不是暂时失败,也不是一个结论不够轰动.需要拒绝的是用宏大背景掩盖轻问题,用完整外观掩盖伪问题,用虚构对象和失真证据制造研究.科学允许不完美,却不能失去真实。

回到本文开头的追问:一项研究究竟从哪里开始?它应当从一个真实对象、一项真实困难或一处真实知识裂缝开始.研究者从中识别主导变量和关键边界,把困难压成可以分析和检验的问题;再以相称的方法和证据推进认识,最后回到原来的对象或理论体系,看看最初的问题究竟得到了什么回答。

桥可以不断重修,河流也会开出新的航道.应用数学、力学、实验、计算和人工智能,都可以成为渡河之桥.河道必须认准,桥基必须落在实处.一项研究真正的分量,不在于它说得多新,而在于它是否从真问题出发,又把这个问题真实地向前推进了一步。

致谢 作者衷心感谢南京航空航天大学熊克教授对本文的细心审校,以及在文章修改和完善过程中给予的大力支持.熊克教授提出的宝贵意见,对提升本文的严谨性和表达质量帮助良多。

参考文献(References):

- [1] 卢天健. 桥仍在, 河向前[J]. 应用数学和力学, 2026, 47(1): i-iv. (Lu Tianjian. The current runs while the bridge holds[J]. *Applied Mathematics and Mechanics*, 2026, 47(1): i-iv. (in Chinese))
- [2] 卢天健, 孟晗, 姜永烽. AI 赋能结构设计[J]. 应用数学和力学, 2026, 47(3): 257-262. (Lu Tianjian, Meng Han, Jiang Yongfeng. AI enables structural design[J]. *Applied Mathematics and Mechanics*, 2026, 47(3): 257-262. (in Chinese))
- [3] 卢天健. 为什么科学研究必须坚持“四性”: 关于重要性、必要性、创新性与可行性的几点思考[J]. 应用数学和力学, 2026, 47(4): 391-403. (Lu Tianjian. Why scientific research must uphold the four essential criteria: reflections on significance, necessity, originality, and feasibility[J]. *Applied Mathematics and Mechanics*, 2026, 47(4): 391-403. (in Chinese))
- [4] 卢天健. 河流的新航道——应用数学与力学的学科再定向[J]. 应用数学和力学, 2026, 47(5): 529-540. (Lu Tianjian. The river's new channels: reorienting applied mathematics and mechanics[J]. *Applied Mathematics and Mechanics*, 2026, 47(5): 529-540. (in Chinese))
- [5] 卢天健. 工具之后, 问题仍在——从有限元软件的冲击到人工智能时代人的成长[J]. 应用数学和力学, 2026, 47(6): 687-698. (Lu Tianjian. After tools, problems remain: from the impact of finite element software to human growth in the age of artificial intelligence[J]. *Applied Mathematics and Mechanics*, 2026, 47(6): 687-698. (in Chinese))
- [6] 钱学森. 论技术科学[J]. 科学通报, 1957, 8(3): 97-104. (Qian Xuesen. On technical science[J]. *Chinese Science Bulletin*, 1957, 8(3): 97-104. (in Chinese))
- [7] Raissi M, Perdikaris P, Karniadakis G E. Physics-informed neural networks: a deep learning framework for solving forward and inverse problems involving nonlinear partial differential equations[J]. *Journal of Computational Physics*, 2019, 378: 686-707.
- [8] Karniadakis G E, Kevrekidis I G, Lu L, et al. Physics-informed machine learning[J]. *Nature Reviews Physics*, 2021, 3(6): 422-440.
- [9] Herrmann L, Kollmannsberger S. Deep learning in computational mechanics: a review[J]. *Computational Mechanics*, 2024, 74(2): 281-331.
- [10] 国家自然科学基金委员会. 案件通报(2026 年第 1 批)[EB/OL]. (2026-01-23)[2026-07-13]. <https://www.nsfc.gov.cn/p1/2812/2816/99722.html>.
- [11] 新华每日电讯. 整治学术不端撤稿论文, 关键要“撤回”功利心[EB/OL]. (2025-12-04)[2026-07-13]. <http://www.hn.xinhuanet.com/20251204/de83756b2ab241bf8a6b9286c33183e7/c.html>.