

主编按语

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*

卢天健

(南京航空航天大学, 南京 210016)

(本刊编委卢天健来稿)

摘要: 在科研活动日益活跃、学科交叉不断深化、人工智能快速进入知识生产过程的今天,重新讨论“什么样的研究才是真正高质量的研究”,已具有突出的现实针对性。本文认为,科学研究必须坚持重要性、必要性、创新性和可行性“四性”。其中,重要性回答“是否值得做”,必要性回答“为什么必须做、为什么是现在做”,创新性回答“究竟推进了什么”,可行性回答“能否在科学、技术、工程、经济和应用约束下真正成立并转化”。四者不是彼此孤立的标签,而是从问题提出到成果形成的逻辑闭环。在当前科研实践中,一些偏差尤其值得警惕:以期刊标签和影响因子替代问题判断,以国际热点和“三大刊”为导向倒置研究逻辑,把局部变化包装成创新,把缺少对象约束、制造基础、成本考量、寿命评估和应用场景匹配的研究构想成“前沿突破”。尤其在人工智能、大数据和自动化科研快速发展的今天,研究表达更容易显得完整,研究结果更容易被快速生成,研究构想也更容易被精致包装,坚持“四性”因而不是降低效率的保守要求,而是防止科学研究在形式繁荣中偏离问题本身、需求本身和质量本身的基本前提。对于《应用数学和力学》而言,重申“四性”还意味着进一步明确办刊重心:以力学为落脚点,以工程目标为牵引,以应用数学提供方法支撑。

关键词: 科学研究; 重要性; 必要性; 创新性; 可行性; 工程目标; 人工智能; 应用数学; 力学

中图分类号: O3 **文献标志码:** A **DOI:** 10.21656/1000-0887.470101

Why Scientific Research Must Uphold the Four Essential Criteria: Reflections on Significance, Necessity, Originality, and Feasibility

LU Tianjian

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

(Contributed by LU Tianjian, M.AMM Editorial Board)

* 收稿日期: 2026-04-15

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. 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.

Abstract: Presently, scientific research is becoming increasingly active, interdisciplinary integration is deepening, and artificial intelligence is rapidly entering knowledge production, reconsidering what truly constitutes high-quality research has become a matter of immediate practical relevance. This paper argues that scientific research should uphold four essential criteria: significance, necessity, originality, and feasibility. Significance asks whether a study is worth pursuing; necessity asks why it must be undertaken and why now; originality concerns what substantive advance it makes; and feasibility asks whether its outcomes can truly stand and be translated under scientific, technical, engineering, economic, and practical constraints. These four criteria are not isolated labels, but form a logical chain from problem formulation to the establishment of credible results. Several tendencies in current research practice deserve particular caution: replacing judgment on scientific problems with journal labels and impact factors, reversing research logic by chasing international trends and top-tier journals, packaging marginal variations as originality, and presenting ideas that lack object constraints, manufacturability, cost awareness, durability assessment, and application compatibility as “frontier breakthroughs.” In the age of artificial intelligence, big data, and automated research, results can be generated faster, appearances of completeness can be produced more easily, and ideas can be packaged more persuasively; reiterating these four criteria is therefore not a conservative reaction against new tools, but a basic safeguard against the deviation of scientific judgment by formal abundance. For Applied Mathematics and Mechanics, reaffirming the four criteria also means clarifying the journal’s orientation: mechanics should remain the point of application, engineering goals the central guide, and applied mathematics a source of essential methodological support.

Key words: scientific research; significance; necessity; originality; feasibility; engineering goal; artificial intelligence; applied mathematics; mechanics

0 引言:今天为什么尤其要重提“四性”

工具能力的增强,并不会自动转化为问题判断力的增强。

今天重提科学研究的“重要性、必要性、创新性和可行性”,并不是因为这些原则刚刚出现,而恰恰是因为在当前科研活动日益活跃、学科交叉不断深化、人工智能快速进入知识生产过程的背景下,这些本来属于常识的基本判断,反而更容易被稀释、被遮蔽,甚至被某些外在指标和表面繁荣所替代。

当前科研发展呈现出一个明显张力:一方面,计算能力、数据资源、自动化实验、智能算法和生成式人工智能显著扩展了知识生产的能力边界,使研究设计、文献整理、模型构建、数值计算和图文表达的效率大幅提升;但另一方面,也必须清醒看到,工具能力的增强,并不会自动转化为问题判断力的增强。当研究过程更容易被加速、研究成果更容易被包装、研究表达更容易显得“完整而先进”时,什么样的研究真正值得做、必须做,确有新增量,并且能够在真实约束下成立,反而成为一个更需要严肃回答的问题。

现实中,一些值得警惕的倾向并不鲜见。有的研究问题并不重要,却依靠复杂推导、密集算例和精致图表制造“学术完成度”;有的研究并无充分必要性,却因为国际热点升温、期刊偏好转向或技术工具可得,就被快速纳入“前沿赛道”;有的研究把参数替换、概念拼接、方法迁移包装成“原创突破”;还有的研究在实验室或数值环境中看似成立,但一旦进入真实对象、真实边界、真实制造、真实成本和真实寿命条件,就难以为继。研究做得复杂,并不等于问题重要;结果生成得更快,也不等于认识推进得更深。

尤其需要指出的是,在人工智能、大数据和自动化科研快速发展的今天,这类偏差不是自然减弱了,而是可能被进一步放大。因为当文献调研更快、模型调用更便捷、图文生成更高效、算例扩展更容易时,研究活动更容易出现一种“低成本形成高完成度外观”的倾向;问题尚未真正凝练,必要性尚未充分论证,创新性尚停

留于组合与包装,可行性尚未经过对象与系统约束的检验,但“成果”却已经以较为成熟的形式呈现出来。工具越强大,越要求研究者、审稿人和编辑保持对问题本身、机制本身和约束本身的清醒判断。也正因此,今天讨论“四性”,不是一般性的学术倡议,而是数智时代科研质量控制的基础问题^[1-2]。

从这一意义上说,重要性、必要性、创新性和可行性,并不是什么新鲜提法,而是科学研究得以成立的最低结构条件。重要性回答“这件事值不值得做”,必要性回答“为什么必须做、为什么是现在做”,创新性回答“相较已有工作究竟推进了什么”,可行性回答“这项工作能否在科学、技术、工程、经济和应用约束下真正成立并转化”。四者并非彼此孤立的标签,而是从问题提出、路径设计到成果形成的逻辑闭环。任何一个环节的严重缺失,都足以削弱整个研究的成立基础。

在国际学术界,这种担忧并非个例。《旧金山科研评价宣言》明确反对将期刊影响因子用作研究质量的替代指标,主张基于研究本身的内容和贡献来评价学术成果;《莱顿宣言》进一步提出,量化指标应服务于而不能替代同行评议,研究评价必须防止对局部指标的过度依赖和“虚假精确”。这些国际共识与我国正在推进的“破四唯”改革形成了内在呼应。值得注意的是,近年来国际学术界也开始系统反思人工智能对科研评价与同行评议的冲击,呼吁建立适应数智时代的新评价规范。国务院办公厅印发的《关于完善科技成果评价机制的指导意见》明确提出,应根据基础研究、应用研究、技术开发等研究不同类型活动的特点,建立分类评价体系,突出代表作和实际贡献,避免以单一量化指标评价科技成果。这类制度性改革,为“四性”框架提供了必要的外部支撑^[3-5]。

然而,评价机制的调整只是外部条件。学术共同体内部同样需要反思:审稿人是否真正追问过研究的必要性?项目评审是否仅仅满足于“看起来创新”而回避可行性短板?主编和编委在组稿中是否主动坚持“四性”标准?科研人员自身又是否在选题时先自问“这个问题非做不可吗”?政策驱动与共同体自律必须双管齐下,才能真正让“四性”落地。

对《应用数学和力学》而言,今天重提“四性”还有一层特殊含义。应用数学与力学虽然在现代学科组织中已形成相对分化的研究共同体,但二者始终分别连接着科学研究中的两个基本维度:前者强调模型、分析、计算与方法,后者强调对象、机制、边界与工程约束。也正因如此,这两个领域都更需要以“四性”校正研究方向:防止应用数学脱离真实问题而形式空转,防止力学脱离机制提炼而停留于现象堆积。对本刊而言,强调“四性”,并不是重新展开学科史讨论,而是进一步明确办刊标准:以力学问题和工程目标为牵引,以应用数学提供必要的方法支撑。

从力学学科自身的发展脉络看,这样的重提并非偶然。钱学森早就指出,工程科学既是独立于基础科学和工程技术的科学分支,又是联系基础科学和工程技术的桥梁;工程科学家所面对的核心任务,不只是做抽象知识积累,更包括论证工程方案的可行性、寻找实现方案的最佳途径、分析工程挫折的科学原因。胡海岩等著《力学工程问题》沿着这条思路进一步强调,力学既属于基础科学,又属于技术科学或工程科学;对于青年学者而言,真正困难的往往不是掌握若干现成公式,而是如何从系统思维出发,进入复杂工程问题并找到研究抓手。杨卫关于“力学基本问题”的梳理,则提醒我们:真正重要的问题,既可能来自宏大工程牵引,也可能来自学科内部长期未被穿透的基本难题。把这些传统合起来看,“四性”并不是外加于科研活动的修辞要求,而是科学研究尤其是应用数学和力学研究本来就应具备的基本判断结构^[6-9]。

1 重要性:首先面向国家目标需求,也面向学科关键问题

在“四性”中,首先要讲重要性。重要性回答的是一个最根本的问题:这件事值不值得做。

没有重要性,研究就失去了方向。一个问题即便方法再复杂、计算再精细、实验再繁复,如果其本身并不重要,那么整项工作最终也很难形成真正持久的科学价值。研究的重要性,不在于题目写得多么宏大,不在于

概念多么新奇,也不在于是否容易引起短期关注,而在于它是否触及了国家发展中的关键需求、学科发展中的核心瓶颈、知识体系中的真实空白,或者在现实世界中亟待解决的重大矛盾。

对我国当前科研而言,重要性首先应当面向国家重大需求.科学研究从来不是完全脱离时代条件而独立存在的抽象活动.在重大工程、重大装备、先进制造、能源转型、极端环境服役、生命健康、信息智能、材料设计、航空航天、海洋工程等国家战略领域,提出了大量真实而迫切的科学问题.应用数学和力学作为基础性、支撑性学科,本来就与这些领域高度关联.许多真正有分量的问题,并不是从论文标题中“找出来”的,而是在国家重大需求牵引下,从复杂对象和重大任务中凝练出来的.以国产大飞机 C919 为例,其机翼气动弹性设计中的颤振边界与结构重量矛盾,既直接关系飞行安全与适航取证,又属于力学中“气动-结构耦合”的关键科学问题.这一问题的研究之所以重要,是因为它同时服务于国家大飞机战略、助力学科核心瓶颈的突破。

但同时也必须指出,强调重要性首先面向国家重大需求,并不意味着国家需求是重要性的唯一来源.基础科学中的长期关键问题、理论体系中的根本空白、学科演化中的内生瓶颈,同样构成研究的重要来源.杨卫关于“力学基本问题”的梳理,恰恰提醒我们:真正重要的问题,既可能来自宏大工程牵引,也可能来自学科内部那些长期未被穿透的基本难题.将“基本问题”与“工程问题”割裂来看,是对力学传统的窄化理解.更合理的认识是:国家需求、工程约束与基础问题,往往并非彼此分离,而是在更高层次相互牵引、相互转化^[9].

为了使“重要性”不只停留在价值判断层面,这里还需要给出更具可操作性的理解.判断一项研究的重要性,至少需要依次回答三个问题:第一,它是否直接服务于国家战略领域,或者至少对应某一重大工程、重大技术体系或重大科学目标;第二,它是否触及了一个真正长期存在的核心瓶颈,而不是对边缘问题的局部修补;第三,它的突破是否可能对多个相关子领域产生扩散性影响.一个研究无需同时满足上述三点,但若三者都难以成立,其重要性就值得重新审视。

从这个意义上说,重要性既不应被理解为纯粹的现实功利性,也不能退回到脱离对象的抽象自足性.它首先要求研究者有能力回答:这个问题为什么值得投入时间、资源和学术信用去做;它对于国家、学科、工程系统或知识体系的推进,究竟意味着什么。

2 必要性:不是“可以做”,而是“非做不可”

如果说重要性回答“值不值得做”,那么必要性回答的是:为什么必须做,为什么是现在做。

必要性不是对研究背景的简单铺陈,也不是文献综述的堆砌,更不是把若干宏大场景写在引言中就自然成立.它要求研究者进一步说明:现有研究到底缺了什么,已有理论和方法为什么不能解决当前问题,现实发展和学科演进为什么使这一问题在今天具有不可回避的紧迫性。

重要的问题不一定天然具有充分的必要性.一个问题可以在一般意义上重要,但如果已有研究已经解决得较为充分,或者当前阶段尚不具备进一步推进的条件,那么此时重复开展类似工作,其必要性就未必成立.相反,必要性强的问题往往具有更鲜明的“问题压迫感”:要么是现有研究遇到了关键瓶颈,要么是现实应用暴露出新的挑战,要么是学科发展进入了必须突破的节点。

今天重新强调必要性,也与“破四唯”的时代背景密切相关.过去一段时间里,部分科研活动在某些评价机制影响下,容易将“发在哪里”“发得快不快”“是否容易形成显性成果”放在优先位置,而把“这个问题为什么必须研究”放在次要位置.这样一来,研究就容易由问题驱动转向发表驱动,由长期判断转向短期追逐.于是,一些工作看起来选题时髦、方法齐全、形式完备,但真正问一句“为什么一定要做这个”,却不容易回答。

必要性的缺失,在当前科研中往往表现为两种情况.第一种是“别人都在做,所以我也做”.这类研究的出发点不是自主判断,而是群体跟随.第二种是“这个方向很热,所以值得做”.这类研究把热度误认为必要性,把关注度误认为问题本身的紧迫性.真正的必要性,恰恰要求研究者能够在热点之外作出更冷静的判断:哪

些问题是真正未解决的,哪些问题虽然不够热,但却更关键;哪些问题虽然已很热门,但新增工作的必要性其实并不强。

在数智时代,必要性的问题还出现了新的表现形式。过去,一些工作之所以没有被广泛开展,可能是因为数据不足、算力有限、实验条件不够;而今天,在工具门槛显著下降后,更多工作变得“技术上可做”,但“技术上可做”并不自动等于“学术上必须做”。恰恰相反,当越来越多课题变得容易启动、容易形成结果时,更需要通过必要性来进行前置筛选,否则研究就容易向低难度重复、低风险跟随和低价值堆叠滑移。

国际学术界对“publish or perish”文化的反思,也为必要性问题提供了外部参照。相关研究指出,长期的发表压力会诱导研究者优先选择更易发表、周期更短、风险更低的题目,而不愿投入那些真正困难但更重要的问题;这种机制长期积累,容易造成研究选题的趋同化和碎片化。这说明,必要性的弱化不仅是个体判断问题,也与制度环境和学术文化有关^[10-11]。

胡海岩等在《力学工程问题》序言中提到,许多青年设计师和工程师进入实际工作后,面对真实的工程力学问题常常“无从下手”;同时,我国重大工程任务中也经常因为对某些力学问题认识不足而受挫。这恰恰说明,必要性并不是写作修辞,而是从实际瓶颈、工程失败和理论不足中被“逼出来”的。研究若没有这种必要性支撑,就很容易停留在可有可无的重复劳动之中^[8]。再如高超声速飞行器的热防护材料,过去大量研究集中在静态热考核,但近年飞行试验反复暴露高温氧化、力热耦合与动压脉动共同作用下的真实失效模式。正是这一工程瓶颈,使得“当前开展多场耦合环境下的热结构一体化研究”成为必然要求,而非简单的材料替换或性能提升。

因此,必要性的判断至少应包括三个层面:其一,当前阶段是否存在新的科学条件、技术条件或现实条件,使得这个问题在现在比过去更值得被解决;其二,现有研究是否确实无法通过简单延伸来替代新的工作;其三,若该问题长期不解决,是否会在国家需求、工程系统或学科发展中形成实质性阻滞。必要性越强,研究的合理性也越强。

3 创新性:不是跟风包装,更不是概念翻新

真正的创新,不在于概念更新得多快,而在于问题是否推进、机制是否揭示、能力是否提升。

创新性是科学研究的灵魂,但真正的创新性,首先必须是实质性的创新,而不是表面性的变化。

创新性回答的是:相较已有工作,新在哪里,推进了什么。它要求研究者清楚地说明,自己的工作在问题、理论、方法、机制、模型、实验、数据、应用等哪个层面带来了新增量。这种新增量必须能够被严格比较、明确识别,而不能只靠修辞包装。

当前科研中,一个需要特别警惕的偏差,是将“跟着热点跑”误认为“追求创新”。围着国际热点、围着“三大刊”、围着高影响因子选题,看似重视前沿,实则往往容易把研究的起点从科学问题转移到发表目标。这样形成的研究,常常具有几个共同特征:选题来源更多依附外部话语而不是自主判断,所谓创新主要来自概念替换、方法嫁接或叙事包装,对已有工作的实质推进有限。这类创新,严格地说往往只是表层创新、追赶式创新,而不是源于国家需求、科学难题和长期积累的原创性创新。

需要强调的是,反对跟风研究,并不等于反对关注国际前沿,也不等于反对在高水平期刊发表成果。高水平期刊本身没有问题,问题在于把期刊标签当成问题来源,把影响因子当成创新尺度,把“发表在何处”置于“研究什么、为什么研究、是否真正推进”之前。真正有创新性的研究,应当先在问题本身站得住,再看其如何被学术共同体识别和传播,而不是先瞄准传播平台,再倒推研究问题。

对应用数学和力学而言,创新性尤其不能停留在形式层面。数学表达上的新颖、算法流程上的变化、算例

规模上的扩展,如果没有对应到更深的对象理解、机制揭示或预测能力提升,就不能简单等同于高水平创新。应用数学中的创新,应当体现在对复杂问题更本质的抽象、更严密的表述和更有效的求解;力学中的创新,则应体现在对行为机制、尺度效应、边界条件、失效模式和多场耦合规律的更深入揭示。离开了这些,所谓创新很可能只是换了外观,而没有改变内核。

以超材料隐身结构为例,过去大量研究停留在将不同谐振单元简单拼接、追求“新颖组合”,而真正具有创新性的工作,如某团队提出的非共振型宽带超材料吸波机制,不再依赖局部谐振单元的堆叠,而是从波动方程的本构关系出发提出新的阻抗匹配原理。这正说明:创新不在于概念更新得多快,而在于问题是否推进、机制是否揭示。

在人工智能、大数据和自动化科研广泛进入研究过程之后,创新性面临的风险变得更加复杂。方法迁移更容易了,模型组合更方便了,文本和图表表达也更成熟了,这些都使研究更容易形成“新”的外观。但真正的创新,不在于概念更新得多快,而在于问题是否推进、机制是否揭示、能力是否提升。如果只是借助新的工具把已有思路重新排列组合,或者只是把成熟算法换一个应用对象、换一组参数、换一个叙述框架,就难以构成真正有分量的创新。

钱伟长长期倡导应用数学、力学必须面向真实对象和国家需要,《应用数学和力学》本身也承载着这种传统。将这一传统放回今天来看,恰恰意味着创新不应被理解为对外部热点的快速追随,而应建立在问题独立性、对象真实性与知识推进性之上。换句话说,真正的创新不在于追逐哪里最热,而在于识别哪里最值得、最困难、也最需要突破^[12]。

为了避免创新性沦为修辞标签,还应当将其分为几个相互区别但并不互斥的层次。第一类是问题创新,即提出了此前未被清晰界定的新问题;第二类是方法创新,即用新的理论、数值或实验方法解决已有问题,并带来可比的显著优势;第三类是机制创新,即揭示了此前未被认识的新规律或新机理,并具备解释和预测能力。对基础研究而言,机制创新通常更为关键;对工程研究而言,技术路径创新和系统集成创新也可能具有同样分量。因此,创新性的判断不能只有一种尺度,更不能简单以“概念新颖”替代“实质推进”。

图1展示了科学研究“四性”的逻辑闭环及其在力学中的展开。

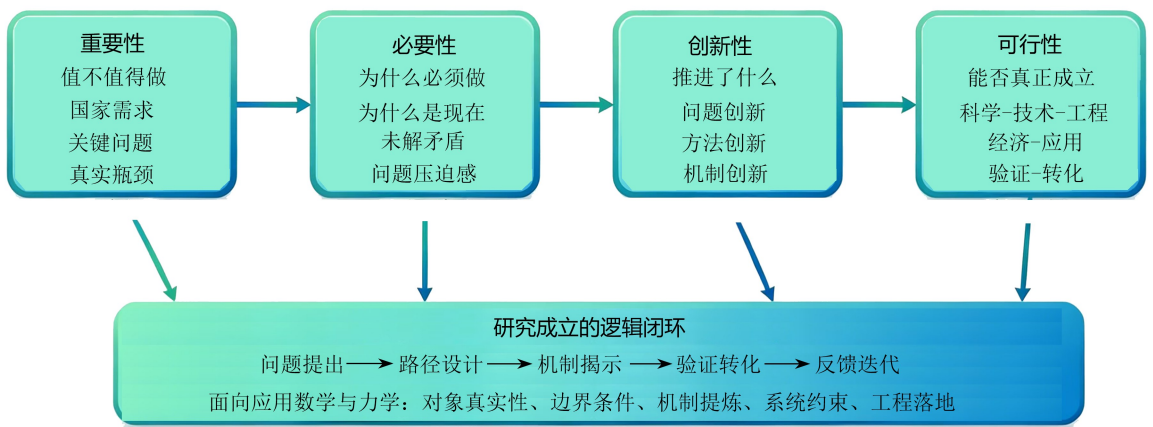


图1 科学研究“四性”的逻辑闭环及其在力学中的展开

Fig. 1 The logical closed loop of the four essential criteria in scientific research and its application in mechanics

4 可行性:不仅能做,而且能落地、能制造、能承受、能持久、能被接受

论文能够成立,并不等于成果已经成立;局部演示成功,也不等于真实世界可成立。

如果没有可行性,重要性、必要性和创新性都可能停留在概念层面.可行性回答的是:研究能不能真正做成,成果能不能在真实约束下成立并转化。

应当看到,传统理解中的可行性,往往只停留在狭义层面:理论上是否讲得通,技术上是否有路径,实验室里是否能做出一个原理样品,算法是否能运行,模型是否能求解.这当然是可行性的重要组成部分,但对于应用数学、力学以及相关工程研究而言,这样的理解仍然不够.真正完整的可行性,至少应包括以下几个层次:

第一,科学可行性.即研究对象是否明确,理论假设是否合理,边界条件是否清晰,验证路径是否存在,结论是否有机会被证实或证伪.没有这一层,研究很容易沦为空泛设想。

第二,技术可行性.即研究方法、实验条件、数据来源、算法能力、测试手段、加工工艺等,是否足以支撑研究实施.没有这一层,再好的设想也难以推进。

第三,工程可行性.即成果是否可以在材料、结构、器件、装备和系统层面真正制造出来,是否能够实现集成与部署,是否能在真实工况中工作.很多研究在概念层面成立,但一旦面对制造误差、工艺波动、装配约束和服役环境,就难以进入实际系统。

第四,经济可行性.即成果成本是否可接受,是否存在过高的材料代价、制造代价、维护代价和应用门槛.性能很好但成本极高、难以推广的成果,不能简单视为高可行性成果.一个典型案例来自火箭发动机推力室再生冷却通道设计:某团队提出变截面冷却通道,理论上可提升换热效率30%,但实际制造中无法通过现有电铸或3D打印工艺实现,成本预估为传统方案的5倍以上,最终停留在论文层面.这提醒我们:可行性不能止于“原理可行”,必须包括制造、成本、寿命等真实约束。

第五,应用可行性.即成果是否具有必要的耐久性、可靠性和可维护性,是否能够满足长期服役要求,是否适应真实应用场景,是否符合市场和用户预期.一次性演示成功,并不等于真正可应用;单次样品成立,也不等于结果稳定可信。

钱学森提出的“基础科学—技术科学—工程科学”三个层次理论,本身就蕴含着对可行性问题的深刻思考.胡海岩等著《力学工程问题》明确继承了这种工程科学观,把“论证工程方案的可行性”和“为可行方案寻找最佳实现途径”放在核心位置,并强调工程研究必须回到系统中去检验、迭代和改进,这对于今天讨论可行性尤其有启发.可行性绝不是对创新的保守限制,而是防止研究停留在空中楼阁、确保科研成果真正通向现实世界的必要条件^[6-8]。

尤其在数智时代,可行性还必须防止被“局部成功”所误导.模型在某一数据集上效果更优、算法在某一理想边界下运行稳定、样品在某一实验条件中表现良好,都可能只是阶段性证据,而不是成果已经成立的充分证明.论文能够成立,并不等于成果已经成立;局部演示成功,也不等于真实世界可成立.如果研究只强调“概念先进”“原理可行”,却回避制造条件、成本约束、寿命评估、可靠性验证和市场接受度,那么这类研究即便短期内引人注目,也很难形成真正有价值的成果积累。

因此,今天讨论可行性,不能仅仅停留在“能不能做”,而应进一步追问:能不能落地,能不能制造,是否太昂贵,是否耐久可靠,是否符合应用与市场预期.这正是区分“论文成立”与“成果成立”的关键所在。

进一步说,可行性的判断也需要从“单点演示”走向“系统成立”.一项研究未必在初始阶段就能同时满足五个层次的最高要求,但至少应当清楚识别自身的主要短板,并说明其应用边界、改进路径或进一步验证计划.只有这样,可行性才不是抽象的“可做性”,而是通往真实成果的可达路径.表1展示了“四性”的内涵、核心判断问题、操作化判断与常见误区。

表1 “四性”的内涵、核心判断问题、操作化判断与常见误区

Table 1 The connotation, core judgment issues, operationalization criteria, and common misunderstandings of the four essential criteria

维度	核心判断问题	对应学术要求	操作化指标(示例)	常见误区
重要性	这件事值不值得做	面向国家需求、学科关键问题和真实瓶颈	是否对应国家重大需求(如列入“十五五”规划或重点研发计划)?是否至少被3个独立团队或行业报告确认为关键瓶颈?是否对2个及以上子领域具有可预期的扩散影响?	把热点等同于重要,把宏大表述等同于价值
必要性	为什么必须做、为什么是现在做	说明已有研究不足与当前推进的紧迫性	是否存在至少2篇近3年顶刊/顶会论文明确指出的未解矛盾?是否有新的理论、数据或工程条件(如新装备、新失效案例)使当前推进成为可能?若不解决,是否会在3~5年内形成实质性阻滞?	背景写得很大,但缺少未解矛盾与真实压迫感
创新性	相较已有工作新在哪里	形成实质性知识增量、机制推进或方法突破	是否提出了此前未见诸文献的新问题?是否带来可量化且超越误差范围的性能优势(如效率提升>30%、误差降低>50%)?是否揭示可被独立实验复现的新机理?	把概念翻新、参数替换、方法拼接当作创新
可行性	能不能真正做成并转化	兼顾科学、技术、工程、经济和应用约束	是否在至少一种真实边界条件下完成验证?关键材料/工艺是否已有供应商或文献支持?制造成本是否在同类解决方案的2倍以内?是否通过了至少500小时或等效的加速寿命测试?	把实验室演示当成落地,把论文发表当成成果形成

注:以上数值仅为示例,不同领域可调整,但原则是“尽可能具体,避免模糊判断”。

5 “四性”的张力与权衡:不同类型研究中的差异化管理

重要性、必要性、创新性和可行性之间,并不总是天然一致.在真实科研活动中,四者常常处于动态张力之中:有时重要而一时难以突破,有时创新显著但可行性尚弱,有时问题紧迫却仍受制于技术条件,有时工作十分“可做”却并不真正值得做.认识这种张力,并据此形成差异化而非单一化的判断尺度,是“四性”框架从原则性倡议走向成熟运用的关键.

首先,应当避免把“四性”理解为四个并列维度的机械平均.科学研究不是打分表,不同类型研究的价值实现方式并不相同.基础探索型研究、应用基础研究、工程攻关研究和方法工具型研究,在“四性”上的表现重点往往并不一致.真正合理的做法,不是要求所有研究在任何阶段都同时达到四个维度的同等强度,而是在承认研究类型差异的前提下,抓住其最关键的成立条件,并警惕某一维度的严重缺失.

对于基础探索型研究而言,重要性和潜在创新性通常居于更高位置,可行性则允许有更强的不确定性.许多真正开拓性的基础研究,在最初阶段并不具备充分的工程可实现性,甚至暂时缺少完整验证路径,但只要其问题足够重要、必要性能够成立、创新具有穿透已有认识的潜力,就应当给予一定的探索空间.不过,这并不意味着基础研究可以忽略可行性.这里的可行性不一定是制造可行、应用可行,而首先应当是科学可行:问题界定是否清楚,假设是否合理,结论是否可被未来证实或证伪,研究是否具有可持续推进的知识路径.缺少这些,所谓“高风险高回报”就可能退化为空泛设想.

对于应用基础研究而言,四者往往要求相对均衡.此类研究一方面要面向真实对象和实际瓶颈,具有清晰的重要性与必要性;另一方面又必须在理论、模型、机制、算法或实验上形成实质增量,而不是仅做经验归纳或技术拼装;同时还要具备走向工程与应用的合理路径.应用基础研究最容易出现的偏差,是一头重、一头

轻:要么过分追求形式创新而忽视对象真实性和边界条件,要么过分强调应用前景而缺少机制层面的真正推进。正因如此,对此类研究最需要坚持“四性”的整体闭环判断。

对于工程攻关研究而言,重要性、必要性和可行性往往更具决定性,而创新性不一定只表现为新原理或新概念。国家重大工程、重大装备、先进制造和复杂系统中的许多关键任务,其难点并不主要在于发现一个全新自然规律,而在于如何在多重约束下把已有原理、技术和方法真正组织成可制造、可集成、可部署、可维护、可迭代的解决方案。若仍以单一的“原理创新尺度”衡量,就容易低估系统集成、工艺实现、服役验证、可靠性提升和标准建立的学术与工程价值。因此,工程研究中的创新,应当允许更多体现为系统方案创新、技术路径创新和复杂约束下的综合优化创新。

对于方法工具型研究,例如新算法、新平台、新表征手段、新数据库或新自动化流程的研究,则尤其需要防止“工具即目标”的倾向。方法与工具当然可以具有独立价值,但其重要性和必要性最终仍需通过所服务的问题来证明。如果一种方法只是把已有问题换一种实现方式,却没有显著提升解释能力、预测能力、计算效率、实验分辨率或决策可靠性,那么其创新性和必要性都需要谨慎判断。在生成式人工智能和自动化科研迅速发展后,这一类研究更容易在表面上显得“先进”,也更需要通过实际问题牵引来校正评价尺度。

由此可见,“四性”之间的张力,并不要求我们放弃判断,恰恰要求我们提高判断水平。高创新性与低可行性之间的张力,并不意味着可以用“未来也许有价值”替代当前的科学论证;高重要性与低原理创新之间的张力,也不意味着工程研究可以放弃知识增量;高必要性与阶段性低可行性之间的张力,则提醒我们需要允许分阶段推进,但不能容忍无限期停留在构想层面。与这些张力相比,当前更值得警惕的,往往是另一类情形:研究在技术上越来越容易开展,在工具上越来越容易调用,在表达上越来越容易显得成熟,但问题的重要性和必要性并未同步提高,新增量也十分有限。这类“高可塑性、低必要性、弱创新性”的研究,恰恰是当下科研中最容易大量出现、也最需要被“四性”框架识别出来的类型。

人工智能、大数据和自动化科研的发展,进一步放大了这种张力。一方面,它们显著提升了研究效率,使一些过去因计算、数据或实验能力受限而难以推进的问题获得新条件,从而增强了某些研究的必要性和可行性;另一方面,它们也降低了形成“形式上完整成果”的门槛,使研究更容易在问题尚未真正凝练、机制尚未真正揭示、应用边界尚未真正厘清的情况下,快速生成大量看似新颖的结果。因此,在数智时代讨论“四性”的张力,不能只看到工具如何帮助科研,还必须看到工具如何放大科研判断失守后的系统性风险。工具能力越强,越不能以“技术上能做”替代“问题上值得做”;越不能以“结果生成得快”替代“认识推进得深”;越不能以“局部演示成立”替代“系统层面可成立”^[1-2]。

因此,更合理的理解是:不同类型研究在“四性”上的相对权重可以不同,但任何一种高质量研究都不能长期容忍某一关键维度的明显塌陷。基础探索研究不能失去问题重要性和潜在原创性,应用基础研究不能割裂机制推进与对象约束,工程攻关研究不能忽视真实可行性和系统验证,方法工具研究不能脱离所服务问题的真实需求。差异化理解“四性”,不是放宽标准,而是为了在更高层面上坚持真正有效的标准。

6 案例:用“四性”框架观察研究质量

为了避免“四性”停留在抽象原则层面,这里用两类具有代表性的情形来说明该框架的分析效力。以下讨论并非针对具体个案作出裁决,而是对现实研究中常见情形的概括。

第一类是较为理想的情形。例如,围绕高铁车轮材料疲劳寿命与失效机制开展研究。此类问题与国家重大基础设施安全直接相关,因而重要性明确;如果国产化过程中出现寿命不足,或现有规范难以解释新的失效模式,则必要性也成立;若研究不仅重复既有疲劳理论,而是进一步识别高速运载条件下新的失效主导机制,并建立更具预测能力的寿命模型,则创新性得以体现;如果相关成果还能反向作用于材料制备、工艺参数优化和标准修订,则其可行性也较充分。这类研究的价值正在于,它不仅能够形成论文成果,更可能进一步沉

淀为设计准则、工艺规范或工程能力。

第二类则是较为典型的问题性情形。这里用两个真实可感的例子形成对比。正面案例：NASA 的 X-59 静音超音速技术验证机，其目标是解决超音速飞行中的音爆问题。重要性（突破超音速陆上飞行限制）、必要性（现有音爆预测方法严重不足）、创新性（构型-气动-声学一体化设计）、可行性（经过风洞-缩比-全尺寸层层验证）均清晰可辨。反观另一类常见情形：某论文提出“基于深度学习的超材料吸波结构优化”，在摘要中声称实现重大突破，但细读发现——模型假设完美周期结构，忽略制造误差与尺寸公差；仅用理想边界条件下的仿真数据训练，无任何实验验证；未说明优化提升是否在制造误差范围内有意义；全文未提及材料成本、可制造性（如是否支持常见 3D 打印工艺）以及该结构在宽带、变角度入射下的实际效果。这类研究把两个热门概念拼接后，用大量公式和彩图包装成“前沿突破”，但回到“四性”框架逐项追问，其重要性、必要性、创新性和可行性都难以站得住脚。

在今天，类似的第二类情形还可能因为人工智能和自动化科研而变得更具迷惑性。模型构建更快，图文表达更成熟，算例更丰富，评价指标也更容易显得“全面”，于是研究更容易给人以“既新又强”的印象。但如果回到“四性”框架逐项追问：它解决的究竟是不是重要问题？为什么必须现在做？新增量究竟在哪里？在真实约束下是否成立？这类工作的短板往往会变得更加清楚。

案例的意义不在于给单项研究贴上“好”或“不好”的标签，而在于说明：研究质量不能仅凭“新不新”“热不热”或“发在哪儿”来判断，而必须放回重要性、必要性、创新性和可行性的整体框架中重新审视。

7 对应用数学和力学的特殊意义：在数智时代更要防止形式空转与对象失真

越是研究手段强大，越要坚持以问题本身、需求本身和质量本身来校正科研方向。

对于应用数学和力学而言，坚持“四性”在数智时代尤为重要。随着人工智能、大数据、自动化建模和高性能计算快速进入科研过程，研究更容易形成“形式上完整”的外观，但问题是否重要、必要性是否充分、创新是否具有实质增量、结论是否经得起真实约束检验，反而更需要被前置追问。对于应用数学，风险在于形式表达越来越强而问题牵引不足；对于力学，风险在于数据、算例和现象越来越丰富而机制提炼不足。正因如此，《应用数学和力学》更应当以力学问题和工程目标为牵引，同时欢迎能够在建模、分析、计算、优化、反演和不确定性量化等方面形成实质支撑的应用数学研究^[1,12-14]。表 2 展示了“力学基本问题”与“力学工程问题”对“四性”的共同支撑^[8-9]。

表 2 “力学基本问题”与“力学工程问题”对“四性”的共同支撑^[8-9]

Table 2 The mutual supports of “basic mechanics problems” and “engineering mechanics problems” for the four essential criteria^[8-9]

支撑维度	杨卫“力学基本问题”侧重	胡海岩“力学工程问题”侧重	对“四性”的启示
问题来源	学科基本矛盾、长期关键难题	国家任务、工程系统与真实场景	重要性不能只看热点，应兼顾基本问题与工程重大需求
研究动机	为什么这一问题长期未被解决	为什么工程实践中必须解决	必要性来自学科瓶颈与现实压迫的共同作用
创新要求	理论推进、机制穿透、方法深化	方案论证、最佳途径、系统优化	创新不能只做形式翻新，必须形成实质增量
成果形成条件	理论自洽、可解释、可推广	可行、可制造、可部署、可迭代	可行性不能停留于原理验证，必须通向真实世界
方法论特征	凝练问题、追问本质	系统思维、工程科学、迭代检验	“四性”应统一于“问题—机制—验证—落地”的闭环

8 “四性”不是四个标签,而是科学研究成立的逻辑闭环

重要性、必要性、创新性和可行性,并不是彼此孤立、可以随意排列的四个口号,而是科学研究从问题提出到成果形成的逻辑闭环。

重要性决定研究有没有高度,没有重要问题,再娴熟的方法也难以形成持久价值,必要性决定研究有没有压迫感,没有必要性,研究容易流于重复和随从,创新性决定研究有没有新增量,没有创新性,研究就不能推动知识边界前移,可行性决定研究有没有可信度和实现路径,没有可行性,研究就可能停留在设想和宣传中。

四者之间既相互支撑,又相互制约,它们在不同研究类型中的表现方式可以不同,但任何一个维度的严重缺失,都足以削弱整个研究的成立基础,正是在这一意义上,“四性”不是宽泛口号,而是研究得以成立的最低结构条件。

这里所说的“四性”,并不试图穷尽科研质量的全部维度,而是强调那些最具有结构性、基础性和共识度的成立条件;真实性、可靠性、规范性和系统性,正是在这一结构框架中的内在要求,而不是外加于其上的并列口号。

同时还应看到,“四性”落实到高质量研究时,还隐含着一些不可缺少的内在要求,例如真实性、可靠性、规范性和系统性,它们并非脱离“四性”的附加标签,而是“四性”得以成立的内在条件,没有真实性,所谓创新可能建立在不可信数据之上;没有可靠性,所谓可行可能只是一时偶然;没有规范性,研究难以成为学术共同体可接受的知识;没有系统性,研究容易碎片化,难以形成真正的学术积累,正因如此,“四性”不是简化科学研究,而是要求研究者在更高层面上把问题、方法、证据和应用统一起来。

从思想谱系上看,这种“统一”恰恰是力学的一条重要传统,钱学森强调工程科学是桥梁,不应把基础科学、技术和工程割裂开来;杨卫强调基本问题意识,不应把学科发展退化为技巧堆叠;胡海岩强调工程系统和系统思维,不应把研究停留在局部变量和单点算例之中;钱伟长则通过《应用数学和力学》的创办和长期引领,体现了应用数学与力学始终面向国家建设和实际问题的学科自觉,把这些传统合起来看,正是今天重提“四性”的深层理由^[6-9,12-13]。

对于广大作者而言,理解“四性”不仅仅是知晓一套评价标准,更重要的是将其转化为选题、设计、写作和投稿过程中的自觉行动,以下建议可供参考:在确定研究方向之前,先用第9节中的“四个问题”自问,而非先做大量计算或实验再回头找意义;在撰写引言时,不要只堆砌背景,而要用至少一段专门论证“必要性”——明确指出现有研究的关键缺口以及为何现在必须解决;在陈述创新点时,避免使用“首次”“新颖”等空洞修饰,而要具体说明相比最相关的若干篇文献,本文在问题、机制、方法或约束条件上带来了何种可比较的增量;在讨论可行性时,除了说明理想条件下的成功,还应主动列出当前研究在制造、成本、寿命或应用场景方面的局限,并提出下一步验证或改进的计划,一篇能够主动回应“四性”质疑的论文,往往比仅仅在形式上漂亮的论文更容易赢得审稿人和编辑的认可。

9 自我审视:把“四性”变成研究前的四个问题

如果说“四性”是一个评价框架,那么它首先也应当是一个自我约束框架,与其在论文完成后才去补写“研究意义”“创新点”“应用前景”,不如在研究启动之前先问自己四个问题:第一,这个问题是否足够重要,是否值得投入时间与资源?第二,这个问题为什么必须现在研究,现有工作究竟缺在哪里?第三,我的工作相较已有研究,真正的新增量是什么?第四,我提出的研究路径究竟能否经得起科学、技术、工程和应用层面的检验?

建议作者在撰写项目申请书或论文引言时,将这四问的答案以清晰的小标题或段落形式呈现,而不是散落在各处,审稿人往往最先寻找的就是这些问题的答案。

对研究者来说,这四问是选题前的自检;对审稿人来说,这四问是评议时的准绳;对编辑和编委来说,这四问则是把握稿件方向和质量的尺度。它们不能替代专业判断,但可以帮助学术共同体避免在热度、包装和指标中失去方向。

在今天,这种自我审视还有一个额外意义:当 AI、大数据和自动化流程已经能够帮助研究者更快地检索、构思、建模、生成和表达时,更需要在研究开始之前守住最根本的问题关口。技术越便捷,越不能把前端判断让位于后端生成;流程越自动化,越不能省略研究者对问题本身的独立思考。“四问”之所以重要,正因为它们不是研究完成后的修辞补写,而是研究启动之前的方向校准^[1-2]。

10 结语:坚持“四性”,是主编、作者、审稿人与学术共同体必须共同守住的底线

科学研究当然需要想象力、探索精神和学术勇气,但这些都不能替代对问题价值、研究必要性、创新实质和成果边界的清醒判断。今天重新强调重要性、必要性、创新性和可行性,并不是因为科研活动不够繁荣,而恰恰是因为在技术手段更强、成果生成更快、学科边界更模糊、人工智能更深入知识生产的时代,越需要守住科学研究最基本的成立条件。

必须明确指出:研究做得复杂,并不等于问题重要;研究看起来新,并不等于真正创新;研究能够生成结果,并不等于具备必要性;研究在局部条件下演示成功,也并不等于成果已经成立。今天科研中最值得警惕的,不是暂时做不出来,而是在问题尚未想清楚、必要性尚未论证充分、创新尚未形成实质增量、可行性尚未经过真实约束检验时,就借助强大的工具体系和成熟的表达方式过早地把工作包装为“高质量成果”。工具越先进,越需要判断力;条件越优越,越不能放松标准。

“破四唯”的实质,也不是不要论文、不要评价、不要国际交流,而是不能让这些外在指标替代问题本身、需求本身和质量本身。真正高质量的科学研究,首先要问:这个问题是否重要,为什么必须现在解决,究竟推进了已有认识什么,能否在真实科学、技术、工程、经济和应用约束下站得住。四问答不清楚,再漂亮的形式也不能代替研究成立;四问答得清楚,研究才真正立得住^[3-5]。

对于应用数学和力学而言,这样的要求不是额外负担,而是学科本性所在。因为这两个领域最怕的,不是一时发不出去,也不是阶段性做不出来,而是从一开始就没有抓住真正重要的问题,没有说明为什么必须研究,没有形成真正的创新增量,也没有给出通向现实世界的可信路径。如果偏离这一点,再强的数学形式、再大的数据规模、再快的自动化流程、再漂亮的结果图景,也难以形成真正有生命力的学术积累。

因此,科学研究必须坚持“四性”。这不是一句用于评审表格的空泛口号,而是科学研究成立的基本条件;不是事后补写的修辞结构,而是研究开始之前就应当自觉接受的判断框架;不是对探索的压缩,而是对真正高质量探索的保护。对于作者,它意味着选题之前先问问题是否立得住;对于审稿人,它意味着评价时不能只看形式完成度和局部新意;对于编辑和编委,它意味着要把期刊的学术立场建立在问题质量、知识增量和成果可信性之上。对《应用数学和力学》而言,应用数学与力学的结合,不能停留在刊名上的并列,而应落实为以力学问题和工程目标为牵引的真实接口。本刊的学术落脚点,应当在力学,尤其在面向复杂对象和工程目标的力学;应用数学的重要价值,则在于为这一落脚点提供坚实的方法支撑^[1,12-14]。

只有回到“四性”,科学研究才能真正回到问题本身、回到国家需求、回到学术本质,也回到高质量发展的正确方向。

致谢 感谢南京航空航天大学熊克教授针对本文提出的宝贵修改意见。

参考文献(References):

- [1] 卢天健,孟晗,姜永烽.(主编按语)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. (Chief Editor's Note) AI enables structural design[J]. *Applied Mathe-*

- matics and Mechanics*, 2026, **47**(3): 257-262. (in Chinese))
- [2] Nature Editorial. AI-generated research: why journals need to rethink peer review [J]. *Nature*, 2025, **628**(8007): 267-268.
- [3] San Francisco Declaration on Research Assessment [EB/OL]. [2026-04-12]. <https://sfedora.org/read/>.
- [4] HICKS D, WOUTERS P, WALTMAN L, et al. Bibliometrics: the leiden manifesto for research metrics [J]. *Nature*, 2015, **520**(7548): 429-431.
- [5] 国务院办公厅. 国务院办公厅关于完善科技成果评价机制的指导意见: 国办发[2021]26号 [EB/OL]. (2021-08-02) [2026-04-15]. https://www.gov.cn/zhengce/content/2021-08/02/content_5628987.htm.
- [6] 钱学森. 论技术科学 [J]. 科学通报, 1957(3): 97-104. (QIAN Xuesen. On technological science [J]. *Chinese Science Bulletin*, 1957(3): 97-104. (in Chinese))
- [7] 钱学森, 谈庆明. 工程和工程科学 [J]. 力学进展, 2009, **39**(6): 643-649. (QIAN Xuesen, TAN Qingming. Engineering and engineering sciences [J]. *Advances in Mechanics*, 2009, **39**(6): 643-649. (in Chinese))
- [8] 胡海岩, 乔栋, 李翔宇, 等. 力学工程问题 [M]. 北京: 科学出版社, 2024. (HU Haiyan, QIAO Dong, LI Xiangyu, et al. *Engineering Issues in Mechanics* [M]. Beijing: Science Press, 2024. (in Chinese))
- [9] 杨卫. 力学基本问题 [M]. 北京: 科学出版社, 2024. (YANG Wei. *Basic Issues in Mechanics* [M]. Beijing: Science Press, 2024. (in Chinese))
- [10] KNÖCHELMANN M. Formal authorship in the wake of uncertain futures: the narrative of publish or perish in the humanities [J]. *Research Evaluation*, 2024, **33**: rvae044.
- [11] MOOSA I A. *Publish or Perish: Perceived Benefits Versus Unintended Consequences* [M]. 2nd ed. Cheltenham: Edward Elgar Publishing, 2018.
- [12] 钱伟长. 发刊词 [J]. 应用数学和力学, 1980, **1**(1): 5-6. (CHIEN Weizang. Preface to the first issue [J]. *Applied Mathematics and Mechanics*, 1980, **1**(1): 5-6. (in Chinese))
- [13] 刘志远, 刘俊丽. 钱伟长的科技期刊办刊理念与实践 [J]. 中国科技期刊研究, 2022, **33**(12): 1640-1645. (LIU Zhiyuan, LIU Junli. Qian Weichang's philosophy and practice in running scientific journals [J]. *Chinese Journal of Scientific and Technical Periodicals*, 2022, **33**(12): 1640-1645. (in Chinese))
- [14] 卢天健. (主编按语)桥仍在,河向前 [J]. 应用数学和力学, 2026, **47**(1): i-iv. (LU Tianjian. (Chief Editor's Note) The bridge is still there, and the river goes forward [J]. *Applied Mathematics and Mechanics*, 2026, **47**(1): i-iv. (in Chinese))