

工程导向的跨学科科研与人才支撑

王大洲, 吕弈诗

中国科学院大学 人文学院, 北京 101408

摘要: 跨学科研究已成为应对复杂社会挑战的核心范式。在梳理跨学科科研与人才支撑国内外研究进展的基础上, 指出跨学科研究存在多种类型与动力来源, 其中“工程导向的跨学科研究”, 即以工程需求为牵引、以解决真实工程问题为指向的跨学科研究, 在今天中国科技强国建设的现实语境下具有特别重要的战略意义。本专刊 13 篇论文从重大工程中的跨学科组织与协同创新、跨学科知识生产的机制与平台、跨学科人才培养的模式创新、交叉学科的制度建设四个维度展开多元探索, 共同揭示了工程导向跨学科科研对精心的制度设计和持续的人才支撑的结构性依赖。围绕“走向工程导向的跨学科科研”这一方向, 本文从评价体系、人工智能赋能、制度变革等角度探讨了未来路径, 指出了需要深化研究的关键议题。

关键词: 工程导向; 跨学科科研; 人才支撑; 原始创新; 科技自立自强

中图分类号: N91

文献标识码: A

文章编号: 1674-4969(2026)04-0393-11

引言

跨学科研究早已不是学术界的边缘话题。从气候变化到人工智能治理, 从能源转型到公共卫生危机, 当代社会面临的重大问题无一不在考验着单一学科的解释力与解决力。而工程领域, 作为将科学认知转化为技术实践的核心场域, 天然处于跨学科整合的前沿。正如克莱恩 (Julie Thompson Klein) 所言, 跨学科研究是“解决无法用单一方法或途径满意地回应的问题和疑问的重要手段”^[1]。

在中国, 跨学科研究与人才培养近年来受到前所未有的重视。2010 年, “卓越工程师教育培养计划”启动; 随后, 教育部在 2011 年发布的《教育部关于实施卓越工程师教育培养计划的若干意见》中明确要求“加强跨专业、跨学科的复合型人才培养”。2017 年, “新工科”建设拉开帷幕, 核心目标是打破工程学科内部以及工程与科学、人文、社会科学之间的壁垒。2020 年, “交叉学科”被增设为第 14 个学科门类, 为跨学科发展提供了制度化的学科载体。2022 年, “卓越工程师产教联合培养行动”启动。2025

基金项目: 教育部哲学社会科学研究重大课题攻关项目 (23JZD006)

主持人简介: 王大洲 (1967—), 男, 博士, 教授, 研究方向为工程哲学、工程史与工程社会学。E-mail: dzwang@ucas.ac.cn

吕弈诗 (1998—), 女, 博士研究生, 研究方向为工程哲学。E-mail: lvyishi13@163.com

引用格式: 王大洲, 吕弈诗. 工程导向的跨学科科研与人才支撑[J]. 工程研究——跨学科视野中的工程, 2026, 18(4): 393-403. DOI: 10.3724/j.issn.1674-4969.26020707. CSTR: 32282.14.JES.26020707

WANG D Z, LYU Y S. Engineering-Oriented Interdisciplinary Research and Talent Support: An Introduction to the Special Issue [J]. Journal of Engineering Studies, 2026, 18(4): 393-403. DOI: 10.3724/j.issn.1674-4969.26020707. CSTR: 32282.14.JES.26020707

年,《教育强国建设规划纲要(2024—2035年)》进一步提出“推进理工结合、工工贯通、医工融合、农工交叉”。政策密集推进的背后,是一个日益清晰的判断:工程导向的跨学科科研与人才支撑,已成为中国科技强国建设的关键命题。

然而,政策实践层面的重视并不等同于学术研究层面的充分认识。马廷奇指出,我国学科交叉具有“先天的不足”——严格的学科界限使得跨学科研究长期缺乏制度保证^[2]。张晓报和刘宝存进一步指出,当前高校跨学科人才培养存在“多元主体需求传导不到位、组织协调与资源共享不力”等问题^[3]。与此同时,学术界对跨学科研究本身的认识也亟待深化:跨学科之“跨”究竟缘何而起、如何展开、又靠什么支撑?正是在这一背景下,本专刊以“工程导向的跨学科科研与人才支撑”为主题,汇集了来自工程实践、生态环境、高等教育、科技政策等领域的13篇论文。它们共同指向一个基本判断:工程导向的跨学科科研不是一种可以自然发生的事态,它需要特定的组织机制、制度环境和人才支撑条件。

本主持人语首先梳理跨学科科研与人才支撑的国内外研究进展,继而系统评述本专刊各篇论文的学术贡献,最后展望工程导向跨学科科研的未来研究方向与制度创新空间。

1 国内外相关研究综述

1.1 关于跨学科科研的基础研究

跨学科科研何以兴起、如何运行、需要何种制度支撑,是国际学术界持续追问的理论问题。已有研究从概念谱系、认识论基础、方法论工具等多个维度展开了系统探索。

在概念谱系层面,克莱恩在其著作《跨学科:历史、理论与实践》中系统梳理了跨学科的概念历史与理论谱系,指出跨学科活动并非单纯源于学科内部的知识逻辑,而是置身于历史、社会、心理、政治、经济、哲学与智识因素相互交织的复杂网络之中^[1]。她在后续关于跨学科类型学的研究中进一步梳理了“多学科”“跨学科”和“超学科”等术语的含义差异:

多学科是不同学科并列地看待同一问题;跨学科强调不同学科知识、方法和概念的实质性整合,以产生新的认知框架;超学科则进一步跨越学术与非学术的知识边界,将实践者、政策制定者等社会行动者纳入知识生产过程^[4]。这一概念谱系的建立,为后续研究奠定了话语基础。

在认识论层面,吉本斯(Michael Gibbons)等提出了影响深远的“模式1”与“模式2”知识生产框架。模式1是以学科为基础的传统知识生产模式,遵循学科内部确立的问题议程和评价标准;模式2则是在应用情境中进行的跨学科知识生产,强调问题的实践导向、知识的异质性和社会的问责性^[5]。这一框架揭示了知识生产方式的根本性变革,为理解跨学科研究的兴起提供了重要的社会学解释。美国国家科学院、国家工程院和医学研究所发布的《促进跨学科研究》报告进一步从科研组织与制度环境角度指出,跨学科研究的推进不仅依赖个体研究者的知识整合能力,也需要经费机制、院系结构、评价规则和研究空间等制度条件的配套^[6]。在此基础上,卡拉扬尼斯(Elias G. Carayannis)和坎贝尔(David F. J. Campbell)进一步提出“模式3”概念,强调知识生产的社会责任、公共价值和伦理维度,将大学、产业、政府、公民社会和生态环境等要素纳入知识生产与创新治理框架之中,在更广阔的知识-社会关系框架中审视跨学科研究^[7]。

在方法论层面,跨学科研究的可操作化探索日趋成熟。雷普科(Allen F. Repko)和绍斯塔克(Rick Szostak)系统阐述了跨学科研究的十大步骤,从问题界定、文献综述、学科洞察到知识整合,为跨学科研究提供了可操作的方法论框架^[8]。凯斯特拉(Machiel Keestra)等则进一步发展了“整合工具箱”,将知识整合视为跨学科研究的核心环节,强调不同学科知识如何在认知层面实现对问题的综合性理解而非观点的简单拼接^[9]。曼西利亚(Veronica Boix Mansilla)和杜拉辛(Elizabeth Dawes Duraisingh)提出了针对学生跨学科工作的评估框架,将评估聚焦于学科基础、整合质量和批判性意识三个维度,为跨学科教育的评价提供了实证基础^[10]。舍尔温克(Anne-Floor Scholvinck)等的研究则聚焦于跨学科研究提案

的评价困境,发现定性评价标准能够帮助评审专家更清晰地理解跨学科研究的不同类型和贡献方式,从而提高评价的公平性和有效性^[11]。在整合方法的进一步拓展中,巴莫(Gabriele Bammer)以“整合与实施科学”为框架,将复杂现实问题研究中的知识综合、未知因素处理和利益相关者支持纳入统一的方法论议程^[12],进一步凸显跨学科研究不仅是知识整合,也是面向实施和决策的协同过程。

总体来看,国外关于跨学科科研的研究已形成较为完整的理论脉络。从概念界定与类型划分,到知识生产模式转型,再到研究的开展方法、组织制度建设与评价测度,相关研究不断推动跨学科科研从理论走向实践。

1.2 中国跨学科研究的理论建构与学术探索

中国学术界对跨学科研究的关注有着独特的学术脉络和理论自觉。早在1985年,钱学森就发表了《交叉科学:理论和研究的展望》,从系统科学的高度前瞻性地探讨了交叉科学的发展方向^[13]。他在“大成智慧学”中强调全才与专才相结合、促进学科交叉和大跨度综合,这些论述虽然带有工程实践的背景,但其核心是对跨学科知识整合的理论思考。

刘仲林是中国跨学科研究的先驱性人物。他自1981年起从事文理交叉研究,于1985年发表论文《跨学科学》,并先后于1990年和1991年出版《跨学科学导论》和《跨学科教育论》^[14]。刘仲林主张以学科交叉现象整体为研究对象,探讨其理论、方法、历史、管理和对策等问题。随后他与张淑林合作,以学术著作为主线,回顾了30多年来国内外跨学科科学研究进展,对中外成果进行了对比分析,揭示了跨学科科学研究存在的问题、困难和未来发展方向^[15]。刘仲林等人的工作为中国跨学科研究的理论建构奠定了重要基础,也使“跨学科学”成为观察跨学科建设和跨学科教育实践的重要分析框架。

王续琨则从科学知识体系结构的角推进了对交叉学科和交叉科学的理论辨析。他关注的不仅是跨学科研究活动本身,更是学科交叉之后如何形成相对稳定的知识结构和学科形态。在《交叉学科、交叉科学及其在科学体系中的地位》中,王续琨较早对交叉学

科、交叉科学及其在科学体系中的位置作出专门讨论^[16]。在《交叉科学结构论》中,他进一步从理论上阐释交叉学科、交叉科学等概念,分析交叉学科与边缘学科、综合学科、横向学科、跨学科之间的联系与区别,并论述交叉科学在科学知识体系中的地位^[17]。同时,他还通过梳理地理科学、生态科学、管理科学、科学哲学、科学史、人类学等多个交叉科学门类的发展历程和学科结构,讨论交叉科学内部的层级构成与发展机制^[14]。由此,王续琨的研究将中国学界关于跨学科的讨论进一步推进到学科分类、知识结构和科学体系建构层面,为后来交叉学科建设的制度化和类型化研究提供了重要理论参照。

国内学界也逐渐转向对跨学科科研合作过程和运行机制的研究。刘凡丰关于跨学科研究组织与管理的研究从组织模式、教师聘任与评价制度、研究生培养模式以及政产学研协同创新机制等方面,揭示了跨学科研究得以持续运行的制度条件^[18]。朱永东基于对美国研究型大学跨学科学术组织管理模式的考察指出,跨学科学术组织并非传统院系结构的简单延伸,而是围绕国家战略、未来发展和产业需求等不同目标形成的多样化组织形态,其运行依赖政府和大学层面的多种机制保障^[19]。曾粤亮、司莉从跨学科科研合作的背景、理论研究与实践进展出发,梳理了国内外相关研究主题,指出国外研究较多关注合作影响因素、合作环节与促进策略,国内研究则涉及合作现状、潜在合作、跨学科团队知识交互、科研组织模式和管理机制等问题^[20]。

在跨学科人才培养的学术探讨方面,李文鑫和黄进^[21]的《跨学科人才培养的理论研究》一书对我国高等学校尤其是武汉大学的实践经验进行了理论概括。张晓报^[22]的《跨学科人才培养:理念、模式与机制》从理念、模式与机制三个维度系统探究了跨学科人才培养的理论问题。他与刘宝存合作的系列研究进一步指出当前我国高校跨学科人才培养机制存在的问题,并从提升理念自觉、建立健全组织协调机制、完善质量管理体系三个方面提出了优化路径,倡导跨学科人才培养与高校整体人才培养体系的深度融合^[3,23]。王铭等^[24]总结现有跨学科培养包括本科跨学科专业、研究生跨学科学位、校级跨学科研究中心、

跨校跨学科项目四种途径, 并指出我国高校跨学科人才培养需要从理念、管理、制度、师资、课程等多个方面突破。郑丽娜和吴瑞林则通过比较分析普渡大学等四所高校的跨学科工程创新人才培养实践, 揭示了在学校发展需求、学生个性化诉求和外部环境驱动下形成的多元路径^[25]。

总体来看, 中国学术界关于跨学科研究的探索既吸收了国际理论资源, 也深深嵌入中国高等教育学科制度、人才培养体系和国家创新战略的现实语境之中, 为理解我国跨学科科研和交叉学科建设提供了重要基础。

1.3 工程导向跨学科研究的类型辨识

从已有研究来看, 学术界对跨学科实践的结构性特征和类型分化已有关关注。克莱恩^[26]在其跨学科类型学中曾指出, 不同的问题情境会催生不同类型的跨学科整合, 内生型跨学科更多源于认知兴趣的内在驱动, 外生型跨学科则更多来自外部实践需求的牵引。吉本斯等^[5]的“模式2”知识生产框架也为理解这种动力差异提供了重要参照: 除了学科自主推动的知识演进, 应用情境中的问题解决同样构成跨学科研究的重要动力来源。

在中国语境中, 学者们对跨学科实践的类型特征同样有所辨识。马廷奇^[2]指出, 学科交叉的发展受到经济社会发展对科技创新的需求拉力、学科自身发展的内在逻辑张力, 以及问题研究需要的共同驱动。路甬祥^[27]从科学发展的宏观视角指出, 当代科学的前沿突破越来越集中在学科交叉地带, 而这种交叉往往是由特定的工程需求或社会问题所激发的。吴哲、张婧、阚迪^[28]则直接从跨学科视角讨论工程问题, 指出跨学科研究是工程哲学研究的必然趋势。

综合已有研究可以发现, 跨学科研究至少存在两种不同的驱动力来源。其一为学科内生型, 即研究者基于学科内部的知识逻辑寻求跨学科拓展, 如物理学向化学的渗透、数学向经济学的辐射等。其二为工程牵引型, 即研究者面对真实的工程问题, 被迫跨越学科边界寻求解决方案。后者的典型特征在于: 问题的复杂性和紧迫性决定了跨学科的必要性——桥要建、芯要造、油要采, 这些问题无法等待单一学科完成内

部的知识积累后再来解决, 必须在工程实践中同步完成知识的整合与创新。工程导向跨学科研究在知识生产模式、协作机制、人才需求等方面表现出区别于学科内生型跨学科研究的独特特征。然而, 已有研究更多停留于案例描述和经验总结层面, 对这一类型的系统理论建构仍有待深入。正是基于这一认识, 我们需要在既有研究的基础上, 进一步聚焦“工程导向”这一概念, 将散见于各领域的研究成果纳入统一的分析框架中加以审视。

2 本专刊论文的多元探索与核心贡献

本专刊13篇论文从不同角度回应了“工程导向跨学科科研与人才支撑”这一核心议题。以下从四个维度加以评述。

2.1 重大工程中的跨学科组织与协同创新

重大工程因其技术复杂度、知识广度和组织规模, 天然构成跨学科科研最典型的实践场域。

傅志寰和邓勇新^[29]的《弘扬工程师精神 加强工程师队伍建设》从宏观层面审视了我国工程师队伍的规模与制度现状, 指出底数不明、职业吸引力下滑、工程师精神缺失等问题。该研究将人才支撑问题从“培养”层面提升到“队伍建设”层面, 揭示了工程师精神不仅是职业道德问题, 更是跨学科实践得以持续的内在文化动力。

梁英波、苏健和刘合^[30]的《页岩油勘探开发中的跨学科科研协同及创新团队建设研究》系统揭示了中国陆相页岩油从理论突破到规模效益开发的跨学科逻辑, 提出了以“一全六化”(全生命周期管理、一体化统筹、专业化协同、市场化运作、社会化支持、数字化管理、绿色化发展)为核心的系统工程方法论, 倡导构建产教融合的跨学科人才培养体系并完善跨学科成果权属与收益分配保障机制, 以便更好地将地质、工程、材料、信息等多学科知识深度融于统一的工程目标之中。

雷加强等^[31]的《全域治沙的科学体系与实现路径》提出以“三全两可”为核心的全域治沙科学体系, 即统筹推进“全要素”“全链条”“全流域”的综

合治理, 全面实现“可持续”“可经营”的治理目标。其理论基础涉及风沙作用的复杂性、水资源的约束性、地理单元的完整性、生态系统的稳定性和人地关系的协调性, 体现了跨学科知识整合在生态治理领域的系统性应用。

刘静^[32]的《液态金属研究的超学科性、泛学科交叉性及其工程学启示》展现了从原始创新向多学科辐射的典型示例。液态金属可在常温下实现液态-固态、柔性-刚性的可逆转换, 这一突破本身即属于材料科学的原始创新。然而, 真正使其迸发跨学科生命力的, 是芯片冷却、柔性电子、靶向给药、可变形机器人等真实工程问题的牵引。该研究提炼的“超学科”概念, 强调一种材料或工具对多个学科的“基础性辐射”。这个案例表明, 原始创新不是凭空产生的“顿悟”, 而是在解决真实工程问题的过程中被“逼”出来的认知跨越。

谷昭逸和李侠^[33]的《中国四代核电工程中的人才队伍组建模式研究》提出核电人才“金字塔型”架构: 塔尖是学术精英与决策者, 负责规划与路线抉择; 塔身是专家教授与管理者, 负责分解宏观规划; 塔基是工程执行与操作人才。该研究将人才结构问题从“数量”层面提升到“架构”层面, 揭示了不同层级人才在跨学科工程中的差异化功能。

2.2 跨学科知识生产的机制与平台

跨学科知识生产不是简单的“学科叠加”, 其背后有特定的认知中介、制度载体和运行机制。

顾盼等^[34]的《迈向人机协同的生态学知识生产新范式: 青藏高原草地植被群系图绘制跨学科方法论透视》揭示了AI赋能跨学科知识生产的机制——AI并非替代研究者, 而是作为连接生态学理论与遥感观测数据的中介, 推动形成“理论-数据-智能分析-模式发现-理论反馈”的人机协同模式。AI的真正价值不在于“取代”人类专家, 而在于“连接”不同学科的知识形式, 使跨学科整合变得更加可操作。

王秦歌等^[35]的《追问跨学科研究之道——北京大学环境风洞五十年发展的启示》从科研装置视角切入, 探讨了跨学科知识生产的制度条件。该研究提炼出科研装置成为跨学科平台的五个条件: 问题牵引、

问题转译、专长协商、平台建制、长期支撑, 构成“装置-问题-学科-人才”的生态模型, 揭示了科研装置从“物理平台”演化为“知识生产共同体”的制度逻辑。

张啸宇、刘立和张玉梅^[36]的《国家同步辐射实验室教育科技人才一体化历史演进研究》将这一视角拓展至大科学装置领域。该研究揭示, 大科学装置通过重大任务牵引、工程实践育人、开放共享聚才与持续迭代强能等路径, 实现教育科技人才一体化的五个阶段演进, 表明跨学科效应是一个长期累积、层层递进的制度化过程。

2.3 跨学科科研人才队伍及培养模式创新

跨学科人才不会自动涌现, 其培养需要系统的制度设计和模式创新。

于海龙等^[37]的《高校-企业-医院”协同育人机制构建与实践——以上海交通大学生物医学工程跨学科人才培养为例》构建了“高校-企业-医院”三维联动的培养体系, 通过“知识传授-技术转化-临床验证”三维联动育人机制, 使跨学科能力在解决真实问题的过程中自然生长。这种“在工程实践中习得跨学科能力”的模式, 最有可能孕育出能够实现原始创新的人才。

张熙琳、龙建纲和何茂刚^[38]的《AI赋能的工科研究生跨学科学习的韧性建构——以采集式学习与无界课堂驱动》引入“韧性”理论, 提出“采集式学习”与“无界课堂”双轮驱动的模式。其独特价值在于从“学生主体”角度思考跨学科教育——不是向学生“提供”跨学科课程, 而是培养学生的跨学科“学习韧性”, 使其在面对学科壁垒时主动跨越边界。

2.4 交叉学科的制度建设与范式思考

张瑜、李拓宇和叶民^[39]的《整合与重塑: 新时代交叉科学研究演进与展望》构建了“学科交叉、交叉学科、交叉科学、跨学科”四个核心概念的整合性框架, 为长期混乱的概念表达体系提供了参照基准。

尚智丛和饶倩^[40]的《人工智能时代的学科交叉与人才培养: 范式重心转移和制度探索》提出“范式重心转移”框架, 揭示了效率追求与认知深度之间的

结构性矛盾,提出以“问题生成能力、不确定容忍能力和价值反思能力”为核心的“元能力”培育体系,揭示了制度建设与能力培育之间的深层张力:制度可以规定“跨学科”的形式,但无法保证其实质。

刘益东^[41]的《转型图存与权力转移:AI安全和工期约束下的领航员革命》提出“领航员”概念,将跨学科人才的角色从“知识整合者”升级为“方向引领者”,揭示了跨学科能力在应对不确定性时代的独特价值——不仅在于解决问题,更在于判断方向、规避风险。

2.5 理论对话的交叉点

综观13篇论文,其理论对话呈现出三个交汇点:

其一,理论建构的方法论自觉。傅志寰和邓勇新关于工程师精神的讨论、梁英波等的“一全六化”构想、刘静的“超学科”概念、谷昭逸和李侠的“金字塔型”架构、刘益东的“领航员”概念,都反映出相关研究从“现象描述”走向“理论建构”的方法论自觉。

其二,制度条件与知识生产的双向互动。王秦歌等关于环境风洞的研究与张啸宇等关于同步辐射实验室的研究,都表明了一个基本道理:制度供给是跨学科知识生产的关键前提,而知识生产成果又反过来强化制度的合法性。这种“制度—知识”的双向循环,是理解跨学科科研如何持续运转的关键。

其三,原始创新是跨学科成果的普遍指向。液态金属、页岩油、环境风洞等研究对象虽存在差异,但其共同指向一个深层共识:真正的原始创新几乎均产生于学科交叉的前沿领域,并由真实的工程需求所驱动。这表明,跨学科科研的“方向感”无法由学术共同体内部自主生成,而需通过工程需求的外部“注入”来确立。

3 走向工程导向的跨学科科研

“工程导向的跨学科科研”这一提法并非对跨学科科研的重新定义,而是一种价值取向的选择。跨学科科研具有多样的类型与实现路径,国际学术界对此已形成丰富的理论探讨与实践积累。然而,基于中国

当前的现实需求,有必要明确提出并强调“工程导向”这一方向性判断。我们所需要的并非一般性地鼓励学科交叉,而是以工程需求为牵引、以原始创新为指向的跨学科科研。

3.1 为何是“工程导向”?

将“工程导向”作为跨学科科研的优先方向,有其深刻的现实依据。已有研究揭示了中国工程跨学科实践的三项结构性特征,这些特征共同构成了“工程导向”这一价值选择的经验基础。

其一,重大工程牵引下的多学科协同。学者们注意到,页岩油勘探开发、核电工程建设等重大工程,因其技术复杂度高、涉及学科领域广、组织规模大,客观上要求各学科团队在同一工程目标下协同攻关,形成了有别于传统“接力棒”式分工的深度交互模式。这种模式不是人为设计的跨学科“实验”,而是工程实践自身的内在要求——当工程问题足够复杂,单一学科的知识边界便自然被突破。

其二,科学装置的跨学科平台效应。同步辐射光源、环境风洞等大科学装置天然服务于多个学科的研究者,其“装置-问题-学科-人才”生态体系为跨学科知识生产提供了物理平台与制度载体的双重支撑。这些装置不仅产出科学成果,更在运行过程中持续培养跨学科协作的能力与习惯。

其三,产教融合的制度探索。真正的多学科、交叉学科及跨学科方法并不可能通过制度性的强制要求而产生。制度可以创造跨学科的条件,但无法“命令”跨学科的发生。跨学科研究需要研究者内在的认知动机和跨界协作的实践智慧,而工程需求正是激发这种内在动力的最有效“点火器”。

这三项特征共同指向一个核心判断:工程需求是跨学科科研的聚焦点。它既提供了真实的问题情境,也创造了协作的制度条件,更激发了研究者的内在动机。这正是我们在今天强调“工程导向”的实践依据。

3.2 与其他类型跨学科科研的关系

强调“工程导向”,并不意味着否定或排斥其他类型的跨学科科研。从知识演进的逻辑来看,跨学科

科研至少包括以下几种类型：科学统一性驱动（如物理学中力学与电磁学的统一）、原理辐射驱动（如西蒙的有限理性向多学科扩散）、问题解决驱动（如可持续发展目标的综合研究）和工具渗透驱动（如AI在多个学科中的应用）。这些类型各有其价值，共同构成了跨学科科研的丰富图景。

“工程导向的跨学科科研”与上述类型并非并列关系，而是一种价值取向的聚焦——它从问题解决驱动和工具渗透驱动中汲取动力，以工程实践中的真实问题为出发点，以原始创新为落脚点。它不排斥基础研究，而是将基础研究置于工程需求的坐标系中；它不否定学科自主发展，而是为学科交叉提供明确的方向感。

3.3 评价体系的重构

走向工程导向的跨学科科研，首先面临评价体系改革的挑战。传统学术评价以单一学科为基准，对跨学科研究存在三重“认知盲区”：其一，跨学科成果的影响力被低估；其二，概念整合和方法创新等贡献不易被量化捕捉；其三，社会影响往往超出学术界的评价范围。对于工程导向的跨学科科研，评价困境尤为突出，这是因为工程成果的价值更多体现在技术转化、工程效益和社会贡献上，而非论文指标。

未来需要探索的改革方向包括：一是推广定性评价标准的应用；二是走向“类型化评价”，针对不同类型的跨学科研究制定差异化评价标准，以“精准评价”替代“一刀切”；三是将“可持续性”作为核心评价维度，追问整合后的知识是否能长期服务于人的生活、社会需要和公共判断^[42]。四是吸收负责任研究评价（responsible research assessment）的国际经验。近年来，一些国际倡议强调科研评价不应过度依赖期刊影响因子、论文数量、引用次数等单一量化指标，量化指标只能作为辅助，不能取代专家判断和具体情境分析^[43-44]。对于工程导向的跨学科科研而言，成果往往体现为技术原型、工程系统、标准规范、平台工具、政策方案、产业转化和社会服务，因此难以被传统论文指标充分呈现，更应在未来优化评价体系。

3.4 人工智能与跨学科科研的新形态

人工智能的快速发展正在深刻改变跨学科研究的知识生产模式。正如顾盼等^[34]所揭示的，AI不仅是研究工具，更是将不同学科知识形式相互转译的“认知中介”。这一发现提出了新的研究问题：当AI承担越来越多“知识整合”功能时，跨学科研究的本质将如何变化？人类研究者的独特价值将如何重新定位？

AI对跨学科研究的影响至少体现在三个层面：（1）数据层面的整合。AI能处理和分析来自不同学科的大规模异质数据；（2）方法层面的渗透。AI方法正成为跨学科研究的通用方法论工具；（3）发现层面的突破。AI能识别不同学科知识之间的隐含关联。在工程领域，AI从智能设计到预测性维护的全链条渗透，意味着工程人才不仅要掌握传统工程知识，还需具备与AI协同工作的能力。

同时，AI带来的挑战不容忽视：算法的“黑箱”性质可能阻碍理论透明性；对大规模数据的依赖可能弱化“理论驱动”范式；广泛应用可能加剧对AI方法论的同质化依赖，削弱认知多样性。尚智丛和饶倩提出的以“问题生成能力、不确定容忍能力和价值反思能力”为核心的“元能力”培育体系，为应对这些挑战提供了重要思路^[40]。

3.5 制度变革与组织创新

走向工程导向的跨学科科研，还需要制度层面的持续创新。

其一，跨学科机构的组织形态创新。近年来，“矩阵式”组织架构和无边界研究学院的探索，为跨学科研究提供了新的组织形态。跨学科活动的成功取决于多重因素的协同作用，因此制度设计必须考虑历史、社会、心理、政治、经济、哲学和知识因素的网络化互动。

其二，跨学科职业路径的制度化。当前，研究者的职业发展仍严重依赖单一学科的发表记录和同行认可，跨学科研究者面临着“两头不靠”的职业困境。因此，有必要在评价体系、岗位设置、晋升机制和资源配置等方面建立更加包容的制度安排，使跨学科研究者能够在稳定预期中持续开展面向复杂工程问题的

长期探索。

其三, 跨学科教育的体系化。工程导向的跨学科科研, 需要在人才培养阶段塑造复合型知识结构和面向复杂问题的实践能力。因此, 应推动跨学科教育从零散课程和短期项目走向系统化培养, 在课程设置、导师协同、平台共享和评价方式上形成制度安排, 使学生能够在真实工程问题中训练跨学科思维、协作能力与创新能力。

3.6 尚待深化的研究议题

在“走向工程导向的跨学科科研”这一方向下, 以下几个议题值得更多学术关注。

其一, 工程导向跨学科科研与原始创新的关联机制。已有研究普遍承认跨学科科研是原始创新的重要源泉, 但这种关联更多停留在经验感知层面, 其间的因果机制和条件约束尚缺乏深入的理论分析和实证检验。一个根本性的问题是: 跨学科知识整合究竟如何在认知层面催生“跨越式”的突破? 是概念的迁移、方法的嫁接, 还是问题框架的重构? 在何种制度条件下, 这种转化最为有效? 这些问题若得不到回答, “跨学科→原始创新”的命题就仍然只是一个信念而非可操作的原理。

其二, 工程导向跨学科研究的类型学深化。本专刊所揭示的“重大工程牵引型”“科学装置平台型”“产教融合驱动型”等不同形态的工程跨学科实践, 各自的有效运行条件是什么? 它们对人才支撑的要求有何不同? 一个值得追问的问题是: 是否存在某种“最优”的工程跨学科组织模式, 还是说有效的模式必然因情境而异? 这种类型学的工作不仅是理论建构的需要, 更有助于为不同类型的实践提供精准的制度建议。

其三, 跨学科人才培养的有效性评估。当前跨学科教育已广泛开展, 但其实际效果的评价仍然是一个“黑箱”。跨学科能力究竟如何界定? 其培养效果如何衡量? 不同类型的跨学科教育模式(项目式学习、课程整合、研究训练、产教融合等)各自的有效性如何? 由于跨学科能力的显现往往具有长期性和滞后性, 短期评估难以捕捉其真实效果, 这要求研究者发展更为精细的评价工具和开展长周期的追踪研究。

其四, 中国经验的国际化与比较研究。中国工程导向跨学科实践具有鲜明的制度特征——国家战略的强力驱动、大科学装置的密集投入、产教融合的政策环境——这些特征与欧美国家以学术共同体自组织为主要动力的跨学科实践形成显著差异。然而, 中国经验的理论提炼和国际比较研究仍然十分有限。将中国实践置于全球跨学科研究的理论框架中加以审视, 既有助于丰富国际学术话语, 也有助于从比较中反思中国模式的独特优势与潜在局限。

4 结语

在学科交叉的地带, 蕴藏着最具创造力的学术空间和原始创新的无限可能。本专刊揭示了一个基本事实: 工程导向的跨学科科研不会自动发生, 它需要精心的制度设计和持续的人才支撑。跨学科的成功不仅取决于组织架构和平台设施, 更取决于制度设计、文化氛围和人才梯队。

只有坚持工程导向, 跨学科科研与人才培养才有更强的方向感——不是为跨而跨, 而是为工程问题的解决而跨。液态金属等案例揭示, 原始创新往往不是书斋中的灵感闪现, 而是在解决真实工程问题过程中被“逼”出来的认知跨越。当前中国面临的“卡脖子”问题, 芯片之困是材料科学、物理学、光学、精密制造、信息科学的综合挑战; 航空发动机之难是热力学、材料学、流体力学、控制论的系统性集成; 高端数控机床之痛是机械工程、自动控制、传感技术、软件工程的深度耦合。这些问题的共性在于, 单一学科的“补课”无法实现突破, 只有在跨学科的前沿地带, 才能催生真正意义上的原始创新。

以工程需求为牵引凝聚跨学科力量, 以跨学科融合催生原始创新, 以原始创新突破支撑科技自立自强, 正是中国走向科技强国必须跨越的关卡。展望未来, 关于工程导向跨学科科研与人才支撑, 如何在制度层面平衡“学科深度”与“问题整合”的张力, 如何建立与跨学科实践相匹配的评价体系, 如何在AI时代重新定义跨学科能力的核心内涵, 都需要进一步探讨。我们期待, 未来有更多更深入的研究在这个方向上持续展开。

参考文献

- [1] Klein J T. Interdisciplinarity[M]. Detroit: Wayne State University, 1990.
- [2] 马廷奇. 交叉学科建设与拔尖创新人才培养[J]. 高等教育研究, 2011(6): 73-77.
Ma T Q. Cross disciplinary construction and innovative talents training[J]. Journal of Higher Education, 2011(6): 73-77.
- [3] 张晓报, 刘宝存. 跨学科人才培养机制: 理论逻辑、现实问题与优化路径[J]. 大学教育科学, 2023(6): 43-51.
Zhang X B, Liu B C. Interdisciplinary talent cultivation mechanism: theoretical logic, practical problems and optimization paths[J]. University Education Science, 2023(6): 43-51.
- [4] Klein J T. A taxonomy of interdisciplinarity[C]//Frodeman R, Klein J T, Mitcham C, eds. The Oxford Handbook of Interdisciplinarity[M]. Oxford: Oxford University Press, 2010: 15-30.
- [5] Gibbons M, Limoges C, Nowotny H, etl. The New Production of Knowledge: The Dynamics of Science and Research in Contemporary Societies[M]. London: Sage, 1994.
- [6] Committee on Facilitating Interdisciplinary Research, Science Co, Engineering, et al. Facilitating Interdisciplinary Research[M]. Washington, DC: National Academies Press, 2005.
- [7] Carayannis E G, Campbell D F J. Mode 3 Knowledge Production in Quadruple Helix Innovation Systems: 21st-century Democracy, Innovation, and Entrepreneurship for Development[M]. New York: Springer, 2012.
- [8] Repko A F, Szostak R. Interdisciplinary Research[M]. 4th ed. Los Angeles: SAGE, 2021.
- [9] Keestra M, Uilhoorn A, Zandveld J. An Introduction to Interdisciplinary Research[M]. 2nd Ed. London: Routledge, 2025.
- [10] Boix Mansilla V, Duraisingh E D. Targeted assessment of students' interdisciplinary work: An empirically grounded framework proposed[J]. The Journal of Higher Education, 2007, 78(2): 215-237.
- [11] Schölvinc A F, Uygun-Tunç D, et al. How qualitative criteria can improve the assessment process of interdisciplinary research proposals [J]. Research Evaluation, 2024, 33: rva049.
- [12] Bammer G. Disciplining Interdisciplinarity: Integration and Implementation Sciences for Researching Complex Real-World Problems[M]. Canberra: ANU Press, 2013.
- [13] 钱学森. 交叉科学: 理论和研究的展望[J]. 机械工程, 1985(3): 48.
Qian X S. Interdisciplinary science: prospect of theory and research[J]. China Mechanical Engineering, 1985(3): 48.
- [14] 刘仲林. 跨学科学[J]. 未来与发展, 1985(1): 50-52.
Liu Z L. Interdisciplinary studies[J]. Future and Development, 1985(1): 50-52
- [15] 刘仲林, 张淑林. 中外"跨学科学"研究进展评析[J]. 科学学与科学技术管理, 2003, 24(9): 5-8.
Liu Z L, Zhang S L. Comment and analysis of the progress about the research of Chinese and foreign "interdisciplinology"[J]. Science of Science and Management of S & T, 2003, 24(9): 5-8.
- [16] 王续琨. 交叉学科、交叉科学及其在科学体系中的地位[J]. 自然辩证法研究, 2000, 16(1): 43-47.
Wang X K. Interdisciplinarity, interdisciplinary science and their position in the system of sciences[J]. Studies in Dialectics of Nature, 2000, 16(1): 43-47.
- [17] 王续琨. 交叉科学结构论[M]. 大连: 大连理工大学出版社, 2003.
Wang X K. On structure of cross-science[M]. Dalian, China: Dalian University of Technology Press, 2003.
- [18] 刘凡丰. 跨学科研究的组织与管理[M]. 上海: 复旦大学出版社, 2014.
Liu F F. Organization and management of interdisciplinary research[M]. Shanghai: Fudan Press, 2014.
- [19] 朱永东. "双一流"高校要重视跨学科学术组织建设: 基于美国研究型大学跨学科学术组织管理模式的分析[J]. 研究生教育研究, 2018 (6): 64-69.
Zhu Y D. "Double First-class" universities should pay attention to construction of interdisciplinary academic organizations: Based on the analyses of interdisciplinary academic organization management model in american research universities[J]. Journal of Graduate Education, 2018(6): 64-69.
- [20] 曾粤亮, 司莉. 跨学科科研合作: 背景、理论研究与实践进展[J]. 图书情报工作, 2021, 65(10): 127-140
Zeng Y L, Si L. Interdisciplinary research collaboration: background, theoretical research and practice progress[J]. Library and Information Service, 2021, 65(10): 127-140.

- [21] 李文鑫, 黄进. 跨学科人才培养的理论研究[M]. 武汉: 武汉大学出版社, 2004.
Li W X, Huang J. Theoretical Research on Interdisciplinary Talent Training[M]. Wuhan: Wuhan University Press, 2004.
- [22] 张晓报. 跨学科人才培养: 理念、模式与机制[M]. 北京: 中国社会科学出版社, 2024..
Zhang X B. Interdisciplinary Talent Cultivation: Concept, Mode and Mechanism[M]. Beijing: China Social Sciences Press, 2024.
- [23] 张晓报, 刘宝存. 跨学科人才培养从分离走向融合: 域外经验与本土可能[J]. 黑龙江高教研究, 2025, 43(2): 62-67.
Zhang X B, Liu B C. From separation to integration: foreign experience on interdisciplinary education and its localization[J]. Heilongjiang Higher Education Research, 2025, 43(2): 62-67.
- [24] 王铭, 黄瑶, 黄珊. 世界一流大学跨学科人才培养路径研究[J]. 高教探索, 2019(4): 61-67..
Wang M, Huang Y, Huang S. A study on interdisciplinary training models in world-class universities[J]. Higher Education Exploration, 2019 (4): 61-67.
- [25] 郑丽娜, 吴瑞林. 工程创新人才跨学科培养: 动因、模式和路径[J]. 中国高教研究, 2025(9): 34-41.
Zheng L N, Wu R L. Cultivating innovative engineering talents: drivers, models, and pathways[J]. China Higher Education Research, 2025 (9): 34-41.
- [26] Klein J T. Interdisciplinary needs: The current context[J]. Library Trends, 1996, 45(2): 134-154.
- [27] 路甬祥. 学科交叉与交叉科学的意义[J]. 中国科学院院刊, 2005, 20(1): 58-60.
Lu Y X. Implications in the disciplinary cross-breeding and inter-disciplinary sciences[J]. Bulletin of Chinese Academy of Sciences, 2005, 20(1): 58-60.
- [28] 吴哲, 张婧, 阚迪. 跨学科视野中的工程[M]. 沈阳: 东北大学出版社, 2016.
Wu Z, Zhang J, Kan D. Engineering in Interdisciplinary Vision[M]. Shenyang: Northeast University Press, 2016.
- [29] 傅志寰, 邓勇新, 简宇翔. 弘扬工程师精神 加强工程师队伍建设[J]. 工程研究——跨学科视野中的工程, 2026, 18(4): 404-415.
Fu Z H, Deng Y X, Jian Y X. Promoting the spirit of engineers and strengthening the engineering workforce[J]. Journal of Engineering Studies, 2026, 18(4): 404-415. .
- [30] 梁英波, 苏健, 刘合. 页岩油勘探开发中跨学科科研协同与创新团队建设研究[J]. 工程研究——跨学科视野中的工程, 2026, 18(4): 416-426.
Liang Y B, Su J, Liu H. Interdisciplinary scientific research and innovative team building in shale oil exploration and development[J]. Journal of Engineering Studies, 2026, 18(4): 416-426.
- [31] 雷加强, 高鑫, 薛杰, 等. 全域治沙的科学体系与实现路径[J]. 工程研究——跨学科视野中的工程, 2026, 18(4): 427-437.
Lei J Q, Gao X, Xue J, et al. Scientific framework and implementation pathways for holistic desertification control[J]. Journal of Engineering Studies, 2026, 18(4): 427-437.
- [32] 刘静. 液态金属研究的超学科性、泛学科交叉性及其工程学启示[J]. 工程研究——跨学科视野中的工程, 2026, 18(4): 438-451.
Liu J. The Transdisciplinarity and broad interdisciplinary nature of liquid metals studies and its engineering implications[J]. Journal of Engineering Studies, 2026, 18(4): 438-451.
- [33] 谷昭逸, 李侠. 中国四代核电工程中的人才队伍组建模式研究[J]. 工程研究——跨学科视野中的工程, 2026, 18(4): 482-497.
Gu Z Y, Li X. Research on the talent team construction mode of China's four generations nuclear power projects[J]. Journal of Engineering Studies, 2026, 18(4): 482-497.
- [34] 顾盼, 崔骁勇, 胡容海, 等. 迈向人机协同的生态学知识生产新范式: 青藏高原草地植被群系图绘制跨学科方法论透视[J]. 工程研究——跨学科视野中的工程, 2026, 18(4): 511-522.
Gu P, Cui X Y, Hu R H, et al. Toward a new paradigm of Human-AI collaborative ecological knowledge production: An interdisciplinary methodological perspective on mapping grassland vegetation formations on the Qinghai-Tibetan plateau[J]. Journal of Engineering Studies, 2026, 18(4): 511-522.
- [35] 王秦歌, 胡敏, 林官明, 等. 追问跨学科研究之道——北京大学环境风洞五十年发展的启示[J]. 工程研究——跨学科视野中的工程, 2026, 18(4): 452-467.
Wang Q G, Hu M, Lin G M, et al. In search of the way of interdisciplinary research: Insights from fifty years of development of the environmental wind tunnel at Peking University[J]. Journal of Engineering Studies, 2026, 18(4): 452-467.
- [36] 张啸宇, 刘立, 张玉梅. 国家同步辐射实验室教育科技人才一体化历史演进研究[J]. 工程研究——跨学科视野中的工程, 2026, 18(4): 468-481.
Zhang X Y, Liu L, Zhang Y M. A historical evolution study of the integrated development of education, science and technology, and talent

- at the National Synchrotron Radiation Laboratory[J]. *Journal of Engineering Studies*, 2026, 18(4): 468-481.
- [37] 于海龙, 陈垚, 王富, 等. "高校-企业-医院"协同育人机制构建与实践——以上海交通大学生物医学工程跨学科人才培养为例[J]. *工程研究——跨学科视野中的工程*, 2026, 18(4): 498-510.
- Yu H L, Chen Y, Wang F, et al. Construction and practicing the university-enterprise-hospital collaborative education system: A case study of interdisciplinary talent cultivation in biomedical engineering at Shanghai Jiao Tong University[J]. *Journal of Engineering Studies*, 2026, 18(4): 498-510.
- [38] 张煦琳, 龙建纲, 何茂刚. AI赋能的工科研究生跨学科学习的韧性建构——以采集式学习与无界课堂为驱动[J]. *工程研究——跨学科视野中的工程*, 2026, 18(4): 533-545.
- Zhang X L, Long J G, He M G. Resilience construction of engineering graduate students' interdisciplinary learning empowered by AI: Driven by curation-based learning and boundless classroom[J]. *Journal of Engineering Studies*, 2026, 18(4): 533-545.
- [39] 张瑜, 李拓宇, 叶民. 整合与重塑: 新时代交叉科学研究演进与展望[J]. *工程研究——跨学科视野中的工程*, 2026, 18(4): 559-574.
- Zhang Y, Li T Y, Ye M. Integration and reconstruction: A review and prospect of interdisciplinary science research in new generation[J]. *Journal of Engineering Studies*, 2026, 18(4): 559-574.
- [40] 尚智丛, 饶倩. 人工智能时代的学科交叉与人才培养: 范式重心转移和制度探索[J]. *工程研究——跨学科视野中的工程*, 2026, 18(4): 523-532.
- Shang Z C, Rao Q. Interdisciplinary integration and talent cultivation in the age of artificial intelligence: Paradigm center-of-gravity shift and institutional exploration[J]. *Journal of Engineering Studies*, 2026, 18(4): 523-532.
- [41] 刘益东. 转型图存与权力转移: AI 安全和工期约束下的领航员革命[J]. *工程研究——跨学科视野中的工程*, 2026, 18(4): 546-558.
- Liu Y D. Transformation for survival and power shift: The navigator revolution under AI safety and project deadline constraints[J]. *Journal of Engineering Studies*, 2026, 18(4): 546-558.
- [42] Frodeman R. *Sustainable Knowledge: A Theory of Interdisciplinarity*[M]. Basingstoke: Palgrave Macmillan, 2014.
- [43] San Francisco declaration on research assessment[EB/OL]. <https://sfdora.org/read>, 2012.
- [44] Coalition for Advancing Research Assessment. Agreement on reforming research assessment[EB/OL]. <https://www.coara.org>, 2022.

Engineering-Oriented Interdisciplinary Research and Talent Support: An Introduction to the Special Issue

WANG Dazhou, LYU Yishi

School of Humanities, University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China

Abstract: Interdisciplinary research has become a core paradigm for addressing complex societal challenges, yet its institutional advancement faces persistent tensions including misaligned evaluation systems and insufficient talent support. Based on a review of domestic and international research progress on interdisciplinary research and talent support, this introduction identifies that interdisciplinary research encompasses multiple types and driving forces. Among these, engineering-oriented interdisciplinary research—which takes engineering demands as its compass and aims at solving real-world engineering problems—holds particular strategic significance in the current context of China's pursuit of scientific and technological self-reliance. The 14 papers in this special issue explore four key dimensions: Interdisciplinary organization and collaborative innovation in major engineering projects, mechanisms and platforms for interdisciplinary knowledge production, innovative models for interdisciplinary talent cultivation, and institutional development of cross-disciplinary fields. Collectively, they reveal that engineering-oriented interdisciplinary research depends structurally on deliberate institutional design and sustained talent support. Orienting toward the direction of "engineering-oriented interdisciplinary research", this introduction further explores future pathways from the perspectives of evaluation system reform, AI-enabled transformation, and institutional and organizational innovation, while identifying key issues that require continued in-depth investigation.

Keywords: engineering-oriented approach; interdisciplinary research; talent support; original innovation; technological self-reliance