



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

张煦琳, 龙建纲, 何茂刚*

西安交通大学 研究生院, 西安 710049

摘要: 人工智能时代, 跨学科学习已成为工科研究生教育的必然趋势, 但工科知识体系的强序列性、组织制度的强实体化与学科文化的强归属感, 共同构成了其跨学科学习的三重壁垒。为破解这一困境, 本文引入韧性理论, 构建了“制度韧性-学习韧性”的协同分析框架。研究指出, 当前工科研究生跨学科学习的核心矛盾在于制度韧性与学习韧性的结构性不匹配, 具体表现为结构韧性与知识韧性、过程韧性与方法韧性、文化韧性与身份韧性的三重错配。针对此问题, 本文提出“采集式学习”与“无界课堂”双轮驱动的解决方案: 前者作为学生主体层面的学习策略, 旨在激活并提升其学习韧性; 后者作为制度供给层面的支持环境, 旨在系统性地增强制度韧性。二者协同作用, 为工科研究生在 AI 时代有效开展跨学科学习提供了理论依据与实践路径。

关键词: 人工智能; 工科研究生教育; 跨学科学习; 学习韧性; 采集式学习; 无界课堂

中图分类号: G643; N94; TP18

文献标识码: A

文章编号: 1674-4969(2026)04-0533-13

引言

人工智能正深刻重塑工程教育的知识图景。AI 既是压力源, 强化了跨学科学习的紧迫性, 也加剧了工科研究生在“学什么、学到什么程度”上的选择焦虑; 同时, AI 也是赋能者, 为跨学科学习提供了工具支持, 降低了学科间的知识门槛与入门成本。已有

研究从工具应用到培养模式变革, 系统探讨了 AI 对研究生教育的赋能作用。其一, 聚焦 AI 作为教研工具的功能性应用, 承认相关科研助手系统“显著提升研究效率、扩展认知视野、提高研究起点”^[1], 或将生成式人工智能融入研究生课程, 构建智能化的“课前-课中-课后”学习环境^[2]; 其二, 着眼于 AI 驱动的培养模式与制度重构, 积极推动研究生教育的改革创

收稿日期: 2026-04-23; **修回日期:** 2026-06-23

作者简介: 张煦琳 (1995—), 女, 硕士, 研究方向为研究生教学管理。E-mail: zhangxulin0226@xjtu.edu.cn

龙建纲 (1974—), 男, 博士, 教授, 研究方向为高等教育管理。E-mail: jglong@xjtu.edu.cn

*何茂刚 (1970—), 男, 博士, 教授, 研究方向为流体热物理、高等教育管理等。E-mail: mghe@xjtu.edu.cn (通讯作者)

引用格式: 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. DOI: 10.3724/j.issn.1674-4969.20260046. CSTR: 32282.14.JES.20260046

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. DOI: 10.3724/j.issn.1674-4969.20260046. CSTR: 32282.14.JES.20260046

新,例如从学科交叉、资源拓展、柔性定制、效能提升、机制革新等维度赋能教育教学全流程^[3],或在学理层面探索AI赋能研究生教育治理体系的逻辑路径,提出“数字-数智-数治”的演进框架与“数据赋能-流程赋权-体系赋智”的实践模式^[4];其三,亦有学者从更宏观的视角反思AI赋能教育的边界与局限,警示过度应用可能带来的负面影响:“学生容易出现浅尝辄止现象……获取信息的便利性降低了学生主动深入学习的内在驱动力”^[1],“依赖外化为行为路径锚定、认知惰性、心理状态失调与学术社交隔离的具体表现”^[5]。

上述研究从工具应用、制度重构到价值反思,共同勾勒出AI赋能研究生教育的多元图景,为本研究提供了坚实的学理基础。然而,既有相关文献鲜少将研究焦点聚焦于跨学科学习领域,尤其对工科研究生在跨越学科边界过程中所面临的知识壁垒、制度约束与身份焦虑问题关注不足。据此,本文拟引入韧性理论,建立“制度韧性-学习韧性”的双维分析框架,并提出以“采集式学习”与“无界课堂”双轮驱动的实践路径,进而探索AI赋能工科研究生跨学科学习的可行方案。

1 工科研究生跨学科学习的困境

1.1 知识体系的强序列性

在工科知识体系中,部分基础课程与后续专业课程之间存在着明显的序列依赖关系。这种序列性对跨学科学习产生了双重影响:一方面,它确保了工科学生通过系统训练后打下坚实的专业基础,而这正是工科人才核心竞争力的关键所在;另一方面,它也显著提高了跨学科学习的门槛——若研究生希望涉足其他学科领域,通常需要补充完整知识链条上的多个前置环节,其时间与认知成本极高。这意味着,工科研究生在开展跨学科学习时,不仅要面对新知识的增长,还需承担“补课”所带来的双重压力。

需要指出的是,这种强序列性本质上是工程教育理科化的结果,即强调理论推导的先行性和系统性,在一定程度上遮蔽了工程本身问题导向与整合性的特征。“工程教育要遵循学术逻辑的一些规制,如追求

‘高深知识’、实施学科建制、强调大学自治与学术自由等”^[6]。受此影响,工科研究生培养形成了“前置基础-后续实践”的单向路径。尽管这保障了知识传授的系统性,但也导致实践中发现问题、进而反哺基础学习的通道不够通畅。事实上,基础理论与工程实践应是双向互动的关系:“理科为工科提供理论支持和方法工具,工科则通过工程实践提出新的科学问题”^[7]。

1.2 组织制度的强实体化

工科院系通常具有高度实体化特征,拥有专用实验室与设备、深度绑定的科研项目以及固定的师资队伍。这些实体资源构成学科边界的重要物质基础,同时也使跨院系合作的协调成本居高不下。与此相应,工科研究生对导师的依赖呈现出更强的资源绑定特点:导师不仅决定研究方向,还掌握专用实验设备、科研经费、企业合作项目等实体资源。这类资源专用性较强,短期内难以在课题组间转移。若导师缺乏跨学科背景,研究生几乎无法获得导师提供的相关支持。此外,工科研究生将主要精力投入科研项目,导致其学习动机呈现出明显的问题导向特征,普遍希望实现“即学即用”。

工科的实体化程度较高,且这一特征在工科各专业中具有普遍性。“大科学是工程与科学的结合体,工程性是其基本属性……在场地、实物资产、专用用途、人力资本以及时间这五个方面,都有着很高的专用性程度。”^[8]从专用实验室与大型设备,到深度绑定的横向科研项目,再到以课题组为单位的组织运行模式,工科的实体化程度远超其他学科。

1.3 学科文化的强归属感

工科生的身份认同往往与其专业高度绑定。这主要体现在职业岗位与专业名称紧密对应,职称与职业资格制度进一步强化了身份锁定^[9],传统的社会认知与刻板印象也固化了“学什么、干什么”的预期,导致他们对跨学科学习持谨慎甚至回避态度。各地增设机器人、人工智能等新兴专业职称的探索,其核心逻辑依然是在原有学科边界内进行细分与优化,并未真正鼓励人才跨越学科边界。当下兴起的“AI+工科”

热潮,大多仍停留在工具性鼓励层面,即“学点AI对本专业课题有帮助”,最终目标仍是“更好地回归原专业”,而未能导向真正的身份认同。

2022年《研究生教育学科专业目录》正式将“交叉学科”列为第14个门类,职称评审的专业设置也的确在向新兴交叉领域拓展,例如“探索将大数据、区块链、云计算、集成电路、人工智能、技术经纪、创意设计等新职业纳入职称评审范围”^[10]。然而,“跟上”并不等于“健全”——当前职称评审目录中并未设立“交叉学科”类别,人才评价体系在本质上仍延续着工业时代的“专才逻辑”。“国家顶层相关制度设计存在缺憾,在笼统、宽泛的表述语境下高校无法从中提取并实施切实可行的路径,导致交叉学科人才培养在执行过程中艰难曲折。”^[11]可见,跨学科人才培养仍有漫长的道路要走。

1.4 封闭与开放之间:韧性

尽管一些研究生愿意直面职业风险与身份困惑,但学科壁垒的存在仍使其难以仅凭自身努力实现跨学科整合。其中一个关键难点在于:跨学科学习缺乏可供参考的“度”。若范围过窄,则停留于浅层学习,难以达到真正的跨学科融合;若范围过宽,深度参与又可能引发“对自身职业、学科、个人身份认同、相关思维模式与行为方式的质疑……从而有可能应用退缩策略”^[12]。

有研究指出,学科文化同时具备封闭性与开放性的双重特征。“学科日益精进的精确性和复杂性进一步加深了封闭性”^[13],这构成了跨学科学习的一种障碍;而开放性则体现在学科间交叉融合的趋势中,为跨学科研究生的文化适应提供了可能。这种适应能力,其实有一个更为准确的概念——韧性。韧性并非被动地“适应”既定环境,而是在变化与冲击中保持核心功能、并实现主动重构的能力。

跨学科学习中“度”的缺失,实际上对韧性的建构提出了双重挑战:在制度环境层面,需要提供可参照的路径、阶段性的评价标准与包容性的文化支持,使研究生“有度可依”;在个体层面,研究生则需具备在制度建设尚不完善时,能够自主判断并动态调整“怎么跨、跨多少”的能力。基于此,本文构建“制

度韧性-学习韧性”理论框架,以探索穿越学科壁垒的可能路径。

2 韧性视角下的分析框架

2.1 核心概念定义

韧性概念最早由加拿大生态学家霍林(Crawford Stanley Holling)于1973年提出,他奠定了其核心内涵。韧性不是“抵抗变化”,而是“在变化中保持核心功能”^[14]。此后,萨克利夫(Kathleen M. Sutcliffe)和沃格斯(Timothy J. Vogus)将韧性引入组织研究领域,指出组织韧性不是个体特质的简单加总,而是组织在预期、应对、适应危机过程中展现的系统性能力^[15]。

由此可以将制度韧性定义为:高校在面临跨学科教育需求等外部压力时,不固守既有学科边界,而是通过课程、组织、文化等方面的适应性调整,持续为研究生提供可及的、灵活的、包容的跨学科学习支持环境的能力,其核心功能是创造支持性环境。正式制度随着教育实践的发展,不断更新完善,持续巩固和拓展其功能边界,展现出强大且持久的制度韧性^[16]。制度韧性具体可以细分为结构韧性、过程韧性、文化韧性三个维度,主要定义如下:

结构韧性主要体现在学习资源的丰富程度上,它回应了“有什么可学”的问题,涵盖资源的种类与形态、组合方式等方面;过程韧性则集中于制度设计是否促进学习过程,解答“学得顺不顺”的疑问,例如时间安排是否灵活、问题反馈是否及时等;文化韧性主要指制度层面对跨学科身份的认可度,对应“学了算不算”的问题,涉及评价标准与激励机制等内容。

学习韧性是指研究生在跨学科学习中应对认知冲突、知识整合困难与身份焦虑的能力,其核心在于激发主体能动性。这一能力具体表现为知识韧性、方法韧性与身份韧性三个相互关联的维度,它们共同支撑学习者“从所跨学科的核心概念、方法到其共享的价值观和规范等,搭建起多学科知识体系,掌握多学科认知工具……达成整合的前提与基础”^[17]。

具体来说,知识韧性主要指研究生在不同知识体

系之间自主切换、补充与整合的能力, 回应“如何补充知识”的问题, 例如能否快速补足前置知识、整合学科间的概念冲突等; 方法韧性则主要体现在对多元研究方法的识别、比较、选择与调节能力上, 对应“如何运用方法”的问题, 比如从方法工具箱中调用合适工具、在方法失效时迅速切换策略等; 身份韧性指的是在跨学科学习过程中保持专业身份认同的能力, 解答“怎么定身份”的问题, 例如淡化原有学科的“背叛感”, 在多元身份认知中寻找稳定的自我定位等。

2.2 制度韧性与学习韧性的协同逻辑

制度韧性与学习韧性构成了研究生发展的两个方面。制度韧性解决的是“环境支持”问题, 课程是否清晰, 支持是否可及, 身份是否被认可; 学习韧性解决的是“个体应对”问题, 即面对困难能否坚持, 范式冲突能否调整, 身份困惑能否整合。二者的关系本质上是责任边界的动态协商。制度韧性的高低, 直接决定了研究生需要调动多少学习韧性来应对挑战, 甚至“不排除抵抗的可能性……抵抗行为既表现为个体层面也体现为集体层面, 既包含公开形式也包含隐性形式”^[18]。

在高制度韧性环境中, 制度吸收了大量外部冲击, 研究生得以将韧性聚焦于深度学习本身; 在低制度韧性环境中, 本应由制度解决的问题转嫁至研究生

个体, 导致其不得不用学习韧性来弥补制度韧性的不足。“……制度资源较少的环境中, 学生展现出适应性韧性, 他们主动寻求替代性支持, 尤其是通过朋辈网络与外部顾问。”^[19]值得注意的是, 低制度韧性环境并非全无好处: “认识到自身的韧性发展过程与抗逆能力紧密相连, 有助于在面对困境时重拾自主掌控感。”^[18]但个体的韧性成长不应以制度失位为代价, 增强制度韧性仍是根本之策。

制度韧性与学习韧性之间并非单向决定关系, 而是相互建构的动态过程。制度韧性通过提供清晰的课程体系、可及的支持资源和稳定的身份认同, 为研究生构筑起安全、可预期的学习环境, 从而为学习韧性的有效发挥减负; 学习韧性则能够反哺制度韧性——研究生在制度支持不足时的应对行为, 恰恰暴露出制度韧性的薄弱环节, 也为制度优化提供了第一手依据。

2.3 当前困境的韧性破解

当前工科研究生跨学科学习所面临的问题, 实质上是制度韧性与学习韧性的不匹配。制度韧性不足以支持跨学科学习的需求, 导致学习韧性被过度消耗, 主要体现在以下三个层面, 如图1所示。

结构韧性与知识韧性的不匹配。工科学习具有强知识序列的学科特征, 但课程供给模式缺乏相应的结构性支持。先修要求与研究生基础匹配度低, 课程内

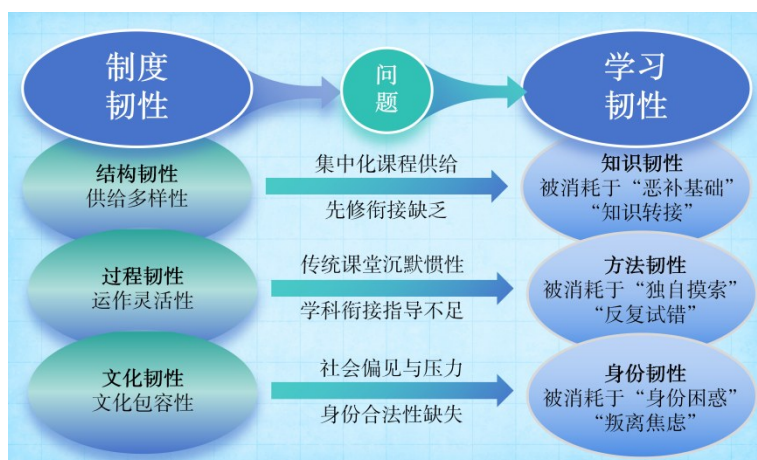


图1 制度韧性与学习韧性的不匹配模型图

Figure 1 Model diagram of the mismatch between institutional resilience and learning resilience

容往往脱离具体专业语境。研究生的知识韧性被过度消耗在“恶补基础”和“知识衔接”上,难以聚焦跨学科整合。“单一学科课程体系的学生,难以理解不同类型知识之间的联系,且难以在不同学科中有效工作。”^[20]AI工具虽能缓解这一困境,但尚未被系统性地纳入课程供给体系。

过程韧性与方法韧性的不匹配。跨学科学习尤其需要“即学即用、即时伴学”的灵活支持,然而传统教师主导模式形成了沉默惯性——“教师往往倾向于回归熟悉的教学方式,并采用控制型教学风格,这种风格更多源自他们自身的经历”^[21]。研究生羞于当众提问,唯恐暴露“无知”或打断教学节奏;教师则习惯于按预设进度推进,难以及时察觉甚至回避可能挑战自身权威的疑问。更关键的是,“显性知识数量的线性增加会带来缄默知识数量在平方数量级上更快的增加”^[22]。当跨学科学习涉及大量陌生概念时,这种沉默惯性的代价被急剧放大。研究生的学习韧性消耗在“独自摸索”与“反复试错”中,致使学习效率大打折扣。

文化韧性与身份韧性的不匹配。跨学科学习需要身份重构的文化支持,然而当前无论是企业招聘还是学术岗位遴选,偏好仍多集中于“专精者”,跨学科学习者常被投射以“样样通、样样松”的刻板印象。“研究生具备两门学科的知识背景不再是复合型人才标志,而是被贴上了‘专业不精’的标签”^[23]。尤其在工科领域,强烈的学科身份认同进一步加剧了跨学科的成本与风险。“过去的研究常将知识不兼容视为跨学科合作的主要障碍,但身份不兼容同样是导致跨学科研究持续性挑战的重要因素……‘社会-学科’压力无意中阻碍了受训者接受跨学科身份,从而限制了新兴科学家形成稳固的跨学科身份”^[24]。研究生的身份韧性消耗于“身份困惑”与“叛离焦虑”之中,其学习动机与持续性也因此显著降低。

破解困境的核心路径,不在于要求研究生以更强的学习韧性去弥补制度不足,而在于学校主动增强制度韧性,以制度供给赋能学习韧性的有效发挥。基于这一逻辑,本文提出两条相互支撑的破题路径,即“采集式学习”和“无界课堂”。

3 采集式学习:工科研究生的必然选择

3.1 概念界定与理论基础

采集式学习是指研究生围绕特定课题或研究项目,从多元资源平台采集、筛选并整合信息,从而构建个人知识体系并形成研究成果的学习方式。其核心特征可概括为“四主”:研究生作为学习“主体”,自主规划采集路径与方法,从被动接受转向“主动”搜寻筛选;在遵循既定学习目标的同时,“主导”掌控学习过程,并以课题或项目为行动“主线”,贯穿学习全流程。

采集式学习的理论基础可追溯到皮亚杰的建构主义认识论。皮亚杰(Jean Piaget)认为,“认识起因于主客体之间的相互作用”^[25],即学习者通过与环境的主动互动来建构对世界的理解。在工科研究生跨学科学习的情境中,采集式学习正是这种主动建构的实践——学习者主动从多元知识源中采集、筛选并整合信息,从而逐步构建起跨学科的知识结构。

采集式学习的另一理论根基是自主学习理论。美国远程教育之父魏德迈(Charles Wedemeyer)曾质疑:“大学是否逐渐扼杀了天生的学习能力,代之以学习依赖”^[26]。采集式学习正是激活这种天生能力的关键途径。研究生必须自主确定“需要采集什么知识”、自主选择“从哪些渠道采集”、自主评估“采集的效果如何”,并自主调整“怎样更好地采集”。在这一过程中,学习能力不仅不会枯竭,反而会持续增强。

3.2 采集式学习对学习韧性建构的促进作用

采集式学习通过以下机制促进学习韧性的建构。

(1) 知识韧性的增强。通过多元采集,研究生接触不同来源、不同视角的知识,形成更具弹性的知识结构。这种弹性体现为,当某一知识源失效或某一理解路径受阻时,能够迅速切换至替代路径,维持学习的连续性。AI工具可在一定程度上辅助识别知识缺口,提供学习路径建议,帮助降低知识补全的认知成本。

(2) 方法韧性的发展。真实的工程问题往往不存在唯一解,方法的选择需依据具体情境。具体方法可能

随技术迭代而过时,但选择方法的能力具有长期价值。采集式学习使研究生接触多元方法论,培养对不同方法的识别、比较与选择能力。面对新问题时,AI可辅助构建方法工具箱,并尝试推荐可能适用的工具。

(3) 身份韧性的支撑。工科研究生的身份认同与专业高度绑定,这是跨学科学习需直面而非固守的现实。采集式学习以真实课题为纽带,引导研究生在原专业问题的牵引下采集跨学科知识,使跨学科学习成为专业身份的延伸与丰富,而非对原有身份的消解或背离。AI工具可辅助推送跨学科政策方针与成功案例,帮助研究生了解多元学术路径,在一定程度上缓解其对跨学科学习的顾虑。

3.3 采集式学习对自主学习能力的提升作用

采集式学习以“做中学”为路径,让研究生在真实的跨学科任务中反复演练自主学习的全过程,从而系统性地提升自主学习能力。其起点并非预设的课程表,而是一个具体的工程问题。研究生需要将模糊的问题转化为清晰的学习目标,进行自我评估并设计采集策略,在采集过程中保持聚焦并管理进度,在采集结束后评估学习效果,根据反思结果调整下一次采集策略。在AI技术快速迭代的背景下,“储备性知识”已无法满足未来的工作需求,跨学科学习的终极目标正发生根本性转变。它不是掌握某一特定技术,而是培养面对未知领域时的自主学习能力,这一转变对工科研究生的意义尤为深远。

3.4 采集式学习:有待资源匹配与观念更新的协同推进

采集式学习在个体实践层面仍面临多重困境。主要表现为生态脆弱、真实指导缺位、采集效果难评等三个问题。

生态脆弱性表现在部分高校的资源建设思路仍停留于传统图书馆模式,未能适应采集式学习对“多元化、即时性、整合性”资源的需求。在这种模式下,学校更倾向于充当资源提供者,而非资源生态的构建者,导致资源分散于不同平台,仅实现了入口集中而非数据集中,研究生的采集行为被人为割裂,需要频繁切换登录多个系统。

真实指导缺位指的是研究生在采集式学习过程

中,缺乏来自导师或行业专家的专业性、即时性及持续性的指导与反馈。部分工科教师自身的学术训练沿袭传统模式,对采集式学习的策略和方法缺乏系统了解,因而难以在研究生面临“该采集什么”“如何筛选”“怎样整合”等关键问题时给予有效指导。

采集效果难评是指采集式学习缺乏有效的质量保障与效果评价机制。研究生往往难以判断自己是真正内化了知识,还是仅仅完成了收藏与整理。由于采集成果具有个性化、形态多元、难以标准化等特点,在制度层面也难以对采集式学习予以认证。这种“有付出、无认可”的困境,使得采集式学习在现行评价体系中缺乏合法性支撑,进而削弱了研究生开展跨学科学习的积极性。

4 无界课堂:制度化的韧性支持环境

4.1 概念内涵与理论基础

无界课堂源于对传统课堂边界的批判与重构。1998年,斯图尔特·卡宁汉姆(Stuart Cunningham)等提出了无边界教育的概念;在此框架下,随着新媒体、新技术及互联网在教育领域的广泛应用,关注研究生主体地位及其需求的无边界学习概念应运而生,从而为高校推进教育教学改革提供了新的路径^[27]。所谓“无界”,即需要跨越教育类型、时间空间、国家区域以及公私营利这四类核心边界^[28]。这四类边界既是理解无界课堂的理论框架,也指明了构建过程中的核心挑战。本文将主要聚焦于前两类边界展开论述。

在明确需跨越哪些边界后,还需回答“如何设计这一跨越边界的空间”这一问题。对此,雷娜特·克拉森进一步指出,设计这类学习空间应包含以下核心要素:“在充满张力的空间中,与利益相关者、同伴共同进行观察、反思与评估;营造兼具规范性与认知意义的空间,通过参与者角色的持续变化,从而激发对协商与适应性行为的需求。”^[29]这一阐述表明,无界课堂不应仅止于突破资源限制,更应是对学习活动与角色互动进行重新设计的过程。

4.2 从“课程集合”到“综合性学习平台”的跃迁

无界课堂不应被简单理解为“线上课程”或“跨院系选课”的单一功能,而应是一个集成可信资源、提供真实交互与各类学习工具的综合性平台。这一平台应通过资源、交互、工具三个维度的深度融合,重新定义学习发生的场景与方式。

(1) 在资源维度上,传统教学模式中研究生获取学习资源的渠道较为分散,且质量参差不齐:教材、课件、学术论文、网络公开课与企业案例等往往散落不同平台,缺乏统一组织与质量保障。而无界课堂通过学校层面的资源整合,系统集成了校内优质师资的讲授内容、校外权威机构的学术资源以及企业一线的真实项目案例,使研究生无须在海量信息中自行甄别真伪优劣,从而能够将认知精力集中于学习本身,而非耗费在资源筛选上。

(2) 在交互维度上,无界课堂构建了真实互动的学习场域,主要体现在以下三个方面:一是师生互动,导师与校内相关教师能够在研究生学习过程中提供及时指导,并进行学习效果评估;二是生生互动,跨学科、跨年级的研究生可围绕共同项目或课题展开合作,在观点碰撞中激发创新;三是生题互动,通过引入产业课题与科研前沿问题,使研究生在应对真实挑战的过程中实现知识的内化与迁移。

(3) 在工具维度上,无界课堂还应集成丰富多样的AI学习工具。这些工具不仅是提升效率的利器,更是构建学习韧性的技术支架。在知识获取阶段,翻译辅助工具可帮助学习者跨越语言障碍,避免仅依赖母语资源而错失国际前沿信息;在知识内化阶段,文献分析等认知工具有助于梳理知识框架;在协作交流阶段,虚拟讨论室、共享白板等交互工具能促进灵感碰撞,自动生成会议纪要并提炼任务清单,从而提升协作学习效率;在成果产出阶段,格式整理、查重检测等创作工具则为内容质量提供了保障。

4.3 无界课堂对制度韧性的增强机制

无界课堂对制度韧性的增强,体现在结构韧性、过程韧性、文化韧性三个方面。三者相互支撑,共同构成制度韧性系统性提升的基础。

(1) 结构韧性的优化。无界课堂实现了对现有组织结构的弹性扩展。传统高校的课程体系以院系为单位,学科边界清晰,资源配置相对固化。无界课堂的引入并未打破这一基本框架,而是在其之上叠加了一层跨院系、跨学科网络。

(2) 过程韧性的增强。传统选课模式下,研究生的课程选择往往受限于专业培养方案要求,跨院系、跨专业选课面临诸多程序性障碍,如课程安排冲突、学科自设壁垒等。无界课堂集合优质、可信的多类资源,极大地降低了自主构建个性化学习路径的时间成本。

(3) 文化韧性的增强。无界课堂通过跨学科融合,逐渐改变学科封闭的局面。当越来越多的研究生和教师习惯于跨院系选课、跨学科研讨时,学科之间的无形壁垒便会在潜移默化中被消解。文化韧性的增强,使得研究生在面对学科交叉融合的时代潮流时,具备了更深层的适应能力。

5 “采集-无界”协同:西安交通大学的探索方案

本文所呈现的采集式学习与无界课堂,在西安交通大学的推进程度有所不同。采集式学习已积累初步的实践经验,而无界课堂目前尚处于方案设计阶段,尚未系统落地。因此,本节将既有实践与初步方案一并呈现,旨在提供一种可讨论、可迭代的建设思路,而非成熟的实践范本。

5.1 AI课程+采集式课程双重赋能

为顺应新一轮科技革命与产业变革趋势,赋能研究生通过AI技术提升跨学科学习能力,西安交通大学在短期内整合电信学部、人工智能学院等多方资源,推出AI通识课程,并鼓励各学院结合专业设置“学科+AI”课程。此外,学校还采购了多门线上优质课程作为补充,构建起“线上+线下”结合、覆盖通识与进阶等多层次的AI课程体系,展现出显著的结构韧性。

此外,西安交通大学自2024年9月起启动采集式课程试点工作。各学院可自主选择将采集式学习纳入

培养方案的非公共学位课模块, 最多计2学分。研究生可根据项目需求制定学习任务, 在导师指导下自主完成学习, 考核合格后即可获得相应学分。此项制度安排, 有效解决了采集式学习长期面临的成果认定难题, 使跨学科自主学习从“有付出、无认可”的困境中获得了制度层面的合法性支持。

在课程体系上, 西安交通大学已构建起“启智+求索”双层生态。其中, “启智”层侧重提供通识资源并鼓励跨学科融合; “求索”层则依托项目牵引、小班研讨与导师负责的采集式课程, 着力培养面向学术前沿的跨学科自主学习能力。

5.2 无界课堂的探索方案

基于对无界课堂概念内涵与制度韧性增强机制的分析, 本文提出以下探索方案: 以采集式学习为核心教学手段, 依托图书馆数据库、网络公开资源及特色校本资源等构建一站式资源站; 以即时互动与现场指导为辅助保障机制, 并提供多样化的AI学习工具, 切实服务于跨学科采集式学习的全过程。“GAI(生成式人工智能)不再是被动的认知工具, 而是以‘拟主体’的身份深度介入学习过程, 它能够动态感知学习者状态, 自适应生成个性化内容, 并在计划、行动和反思等环节提供即时反馈与调节支持, 进而构建出一个递归优化、动态调节的深度学习系统, 推动学习

沿螺旋式路径持续进阶。”^[30]如图2所示。

在资源整合上, 可构建一站式资源智能检索引擎, 汇集各类权威学术资源的元数据。主要包括: 核心层的图书馆权威数据库, 如CNKI、IEEE、万方等, 用于学术文献的检索与采集; 扩展层的网络公开资源, 如arXiv、GitHub、Coursera、国家智慧教育平台等, 用于获取论文预印本、开源代码及免费课程; 特色层的校本资源, 如精品课程、学位论文、产教融合案例库等, 用于挖掘特色案例与前沿成果。

在学习过程中, 可设计跨库检索、引文追踪、检索收藏等功能, 基于用户行为数据主动推送个性化资源, 同时通过意外推荐提供跨越学科边界的机会; 研究生可构建个人知识空间, 进行文献收藏、阅读状态记录、笔记标注与分享等操作; 任务中心可设置导师任务、校内竞赛任务等多种形式; 研究生既能预约教师接受指导, 也能组建学习小组开展协作学习, 并在讨论社区围绕特定话题进行学术问答与经验分享。

在工具赋能上, 文献分析工具能帮助研究生快速评估文献的采集价值, 并智能生成综述摘要; 翻译辅助工具则可提供结合学科术语库的优质翻译, 避免因机翻导致理解偏差, 助力研究生追踪国际前沿; 查重检测工具则为研究生提供全面的查重服务, 覆盖原文抄袭、翻译式抄袭及AIGC查重等方面。

必须承认, 当前这一方案仍停留在理想化的构想

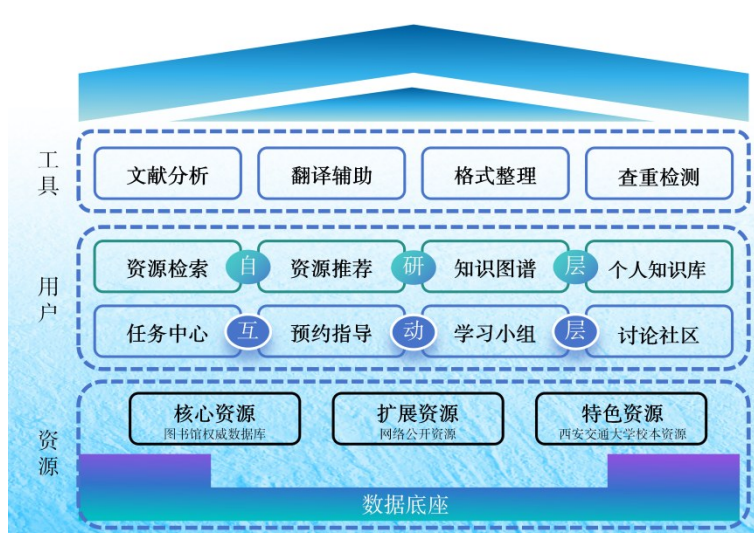


图2 无界课堂探索架构图

Figure 2 Exploration architecture diagram of the boundless classroom

阶段。在理论层面，制度韧性与学习韧性的协同机制尚需更精细的模型构建与实证检验；在实践层面，无论是建设一站式资源站，还是统筹现场指导的时间安排，均面临资金支持与多方协调的难题。这些不足之处，仍有待进一步探讨与完善。

5.3 破题机制的理论解释

采集式学习与无界课堂是破解难题的两大手段，各自承担着不同功能：无界课堂作为制度供给层面的方案，增强了制度韧性；采集式学习作为研究生主体层面的策略，提升了认知韧性。二者协同互动，共同支撑研究生跨学科学习韧性的实现。

无界课堂赋能采集式学习。它为采集式学习提供了制度化的支持环境：一站式资源站降低了研究生的采集成本；即时互动与现场指导机制缓解了独自摸索的困境，使方法韧性得以聚焦于深度学习而非反复试错；丰富的学习工具也为研究生在知识采集、筛选与整合方面提供了技术支撑，从而提升了跨学科学习的效率与体验。

采集式学习反哺无界课堂。其实践为无界课堂提供了持续优化的动力：研究生的采集行为揭示了知识需求，为制度优化提供了依据；采集成果也极大地丰富了无界课堂的资源。

6 结论

在人工智能重塑工程教育知识图景的背景下，跨学科学习已成为工科研究生教育的必然趋势。然而，工科知识体系的高度序列性、组织制度的强实体化以及学科文化的深厚归属感，共同构成了跨学科学习的重重壁垒。为此，本文引入韧性理论，构建“制度韧性-学习韧性”分析框架，探讨如何通过“采集式学习”与“无界课堂”的双轮驱动，破解工科研究生在跨学科过程中面临的知识、制度与身份困境。研究发现如下。

(1) 工科研究生跨学科学习的核心矛盾在于制度韧性与学习韧性的结构性不匹配。具体而言，集中化的课程供给与工科知识的强序列性相冲突，导致研究生的认知资源过度消耗于“恶补基础”，这体现了结构韧性与知识韧性的不匹配；传统课堂的沉默惯性与指导不足，迫使研究生在方法探索中陷入“独自摸索”，这是过程韧性与方法韧性的不匹配；而社会与评价体系对“专精”的偏好，则引发研究生的“身份困惑”与“叛离焦虑”，构成了文化韧性与身份韧性的不匹配。

(2) 针对这些问题，本文提出“双轮驱动”的破题路径：一方面，“采集式学习”作为主动建构方式，能有效激活研究生的学习韧性，增强其在知识、方法及身份层面的适应能力；另一方面，“无界课堂”作为制度化支持环境，通过优化资源结构、增强过程互动、提升文化包容性，系统性地强化制度韧性。二者协同，实现了从单纯“资源堆叠”到“生态建构”的转变，为研究生跨学科学习提供了可持续的支持。

尽管本研究构建了理论框架并提出了实践方案，但仍存在一定局限。首先，采集式学习对研究生的元认知能力和自主性要求较高，可能不适用于所有学生，甚至可能加剧部分群体的学习焦虑。其次，构建“无界课堂”需要巨大的资金投入与多方协调，实施成本高昂，并非所有高校都能轻易复制。最后，AI技术正以惊人速度迭代，本研究基于当前技术能力的假设可能面临时效性风险。

展望未来，研究与实践可聚焦于以下方向：一是探索分层分类的支持体系，针对不同能力水平的研究生，设计“强引导”与“弱引导”相结合的混合式培养模式；二是探索轻量化的制度韧性建设路径，使更多高校能利用现有资源构建跨学科支持环境；三是持续追踪生成式人工智能的技术演进，深入研究“人机协同”对跨学科学习韧性的深层影响，不断修正与完善“采集-无界”协同模型，以适应未来工程教育的变革需求。

参考文献

- [1] 于济凡, 刘惠琴. 基于生成式人工智能新特征的研究生教育融合创新探析[J]. 学位与研究生教育, 2025(9): 28-34.

- Yu J F, Liu H Q. An exploration of the integrative innovation in graduate education based on the new features of generative artificial intelligence[J]. *Academic Degrees & Graduate Education*, 2025(9): 28-34.
- [2] 秦超, 易荣菲, 吴正国, 等. 生成式人工智能技术在研究生课程教学中的应用探索[J]. *高教学刊*, 2026, 12(1): 9-14.
Qin C, Yi R F, Wu Z G, et al. Application exploration of generative artificial intelligence technology in graduate course teaching[J]. *Journal of Higher Education*, 2026, 12(1): 9-14.
- [3] 邓方, 陈晨, 何洪文, 等. 人工智能赋能研究生教育高质量发展: 矛盾解构与智慧变革路径[J]. *学位与研究生教育*, 2025(9): 19-27.
Deng F, Chen C, He H W, et al. The high-quality development of graduate education empowered by artificial intelligence: Contradiction deconstruction and smart transformation paths[J]. *Academic Degrees & Graduate Education*, 2025(9): 19-27.
- [4] 蔺跟荣, 张泽慧. AI 赋能研究生教育治理体系现代化建设[J]. *学位与研究生教育*, 2024(12): 9-15.
Lin G R, Zhang Z H. AI empowered modernization construction of graduate education governance system[J]. *Academic Degrees & Graduate Education*, 2024(12): 9-15.
- [5] 崔宇红, 韩龙. 研究生群体的生成式AI依赖: 影响因素、形成机理与行为表现[J]. *情报理论与实践*, 2026, 49(5): 60-70.
Cui Y H, Han L. Generative AI dependence among graduate students: Influencing factors, formation mechanisms, and behavioral manifestations[J]. *Information Studies (Theory & Application)*, 2026, 49(5): 60-70.
- [6] 任令涛, 袁东恒, 李良立. 卓越工程师培养的规训与超越[J]. *高教发展与评估*, 2025, 41(3): 96-104.
Ren L T, Yuan D H, Li L L. Discipline and transcendence of the training path for excellent engineers[J]. *Higher Education Development and Evaluation*, 2025, 41(3): 96-104.
- [7] 欧阳鹏, 胡弼成. 研究生教育视角下“工科理科化”问题的表征及其纾解[J]. *学位与研究生教育*, 2025(8): 42-50.
Ouyang P, Hu B C. Manifestations and solutions of the "science-oriented engineering" dilemma from a graduate education perspective[J]. *Academic Degrees & Graduate Education*, 2025(8): 42-50.
- [8] 黄振羽, 丁云龙. 小科学与大科学组织差异性界说: 资产专用性、治理结构与组织边界[J]. *科学学研究*, 2014, 32(5): 650-659.
Huang Z Y, Ding Y L. The definition of organizational differences between little science and big science: Asset specificity, governance structure and organizational boundary[J]. *Studies in Science of Science*, 2014, 32(5): 650-659.
- [9] 人力资源社会保障部, 工业和信息化部. 关于深化工程技术人才职称制度改革的指导意见[EB/OL]. (2019-02-01)[2026-04-20]. https://www.mohrss.gov.cn/xxgk2020/fdzdgknr/zcfg/gfxwj/rcrs/201902/t20190222_310736.html.
Ministry of Human Resources and Social Security of the People's Republic of China, Ministry of Industry and Information Technology of the People's Republic of China. Guiding opinions on deepening the reform of the professional title system for engineering and technical talents[EB/OL]. (2019-02-01)[2026-04-20]. https://www.mohrss.gov.cn/xxgk2020/fdzdgknr/zcfg/gfxwj/rcrs/201902/t20190222_310736.html.
- [10] 人力资源社会保障部办公厅. 关于进一步做好职称评审工作的通知[EB/OL]. (2022-11-30)[2026-04-20]. https://www.mohrss.gov.cn/xxgk2020/fdzdgknr/zcfg/gfxwj/rcrs/202212/t20221219_491948.html.
General Office, Ministry of Human Resources and Social Security of the People's Republic of China. Notice on further improving the work of professional title evaluation[EB/OL]. (2022-11-30)[2026-04-20]. https://www.mohrss.gov.cn/xxgk2020/fdzdgknr/zcfg/gfxwj/rcrs/202212/t20221219_491948.html.
- [11] 陈坤, 曲锦荣. 新制度主义视角下交叉学科人才培养的制度化困境研究[J]. *教育与考试*, 2025(4): 75-84.
Chen K, Qu J S. Research on the institutionalized dilemma of interdisciplinary talent cultivation from the perspective of new institutionalism[J]. *Education and Examinations*, 2025(4): 75-84.
- [12] Feng X Q, Sundman J, Aarnio H, et al. Towards transformative learning: Students' disorienting dilemmas and coping strategies in interdisciplinary problem-based learning[J]. *European Journal of Engineering Education*, 2025, 50(2): 428-450.
- [13] 丁学芳. 跨学科研究生的学科文化适应研究[D]. 上海: 华东师范大学, 2010.
Ding X F. Study on disciplinary culture adaptation of interdisciplinary graduate students[D]. Shanghai: East China Normal University, 2010.
- [14] Holling C S. Resilience and stability of ecological systems[J]. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 1973, 4: 1-23.
- [15] Sutcliffe K M, Vogus T J. Organizing for resilience[M]//Cameron K S, Dutton J E, Quinn R E. *Positive Organizational Scholarship: Foundations of a New Discipline*. San Francisco: Berrett-Koehler, 2003: 94-110.
- [16] 李志峰, 钟琰. 研究生导学关系的理想类型与韧性治理[J]. *学位与研究生教育*, 2025(11): 9-18.
Li Z F, Zhong Y. The ideal types and resilient governance of graduate student-mentor relationships[J]. *Academic Degrees & Graduate Education*, 2025(11): 9-18.

- [17] 王嵩迪, 文雯. 跨学科博士生学术社会化的特征、挑战及其支持策略[J]. 学位与研究生教育, 2023(7): 38-47.
Wang S D, Wen W. Characteristics, challenges and supporting strategies of academic socialization for interdisciplinary doctoral students[J]. Academic Degrees & Graduate Education, 2023(7): 38-47.
- [18] Mesmer K R, Mitra R, Buzzanell P M. Graduate students' resilience and resistance: Exploring adaptive-transformative possibilities in higher education[J]. Journal of Applied Communication Research, 2024, 52(6): 661-681.
- [19] Celbis O, van de Laar M, Windsor W L, et al. Toward an ecological systems approach to doctoral student resilience: Qualitative evidence from the Covid-19 pandemic[J]. Studies in Graduate and Postdoctoral Education, 2026, 17(3): 296-313.
- [20] Beldad A D, Miedema H A T. Introducing a framework for designing an interdisciplinary engineering curriculum: Educating new engineers for complex sociotechnical challenges[J]. European Journal of Engineering Education, 2026, 51(1): 192-209.
- [21] Wang J W, Meng W Q, Xing Q, et al. Motivating and demotivating teaching styles: A comparison among planned, adopted, and perceived [J]. Social Psychology of Education, 2024, 27(6): 2993-3017.
- [22] 梅赐琪. 学会的, 还是教会的: 大学课堂功能的深度反思与实践探索[J]. 新文科教育研究, 2025(4): 158-168.
Mei C Q. Learned or taught: The deep reflection and practical exploration on the function of university class[J]. New Liberal Arts Education Research, 2025(4): 158-168.
- [23] 谢静. 边缘部落: 学科场域视角下跨学科硕士生生存状态[J]. 学位与研究生教育, 2019(4): 59-64.
Xie J. Marginal tribe: interdisciplinary masters' survival from the perspective of disciplinary field[J]. Academic Degrees & Graduate Education, 2019(4): 59-64.
- [24] Burk N R, Larson G S. Inter/disciplining identities: How disciplinary identity impacts interdisciplinary collaboration[J]. Perspectives on Science, 2025, 33(5): 545-578.
- [25] 皮亚杰. 发生认识论原理[M]. 王宪钊, 译. 北京: 商务印书馆, 1981.
Piaget J. The Principles of Genetic Epistemology[M]. Mays W, Trans. London: Routledge and Kegan Paul, 1972.
- [26] Wedemeyer C A. Learning at the Back Door: Reflections on Non-Traditional Learning in the Lifespan[M]. Madison: University of Wisconsin Press, 1981.
- [27] 荀渊. 高等教育全球化的愿景: 从无边界教育到无边界学习[J]. 电化教育研究, 2019, 40(5): 32-39.
Xun Y. A vision of globalization of higher education: From borderless education to borderless learning[J]. E-education Research, 2019, 40(5): 32-39.
- [28] Middlehurst R. University challenges: Borderless higher education, today and tomorrow[J]. Minerva, 2001, 39(1): 3-26.
- [29] Klaassen R, Middelhoek F, Bohm N. Boundary crossing skills[J]. European Journal of Engineering Education, 2026.
- [30] 钟柏昌, 林小红. 生成式人工智能时代"学习的革命": 生成式自我调节学习[J]. 华东师范大学学报(教育科学版), 2026(1): 44-55.
Zhong B C, Lin X H. A revolution of learning in the era of generative artificial intelligence: Generative self-regulated learning[J]. Journal of East China Normal University (Educational Sciences), 2026(1): 44-55.

Resilience Construction of Engineering Graduate Students' Interdisciplinary Learning Empowered by AI: Driven by Curation-Based Learning and Boundless Classroom

ZHANG Xulin, LONG Jiangang, HE Maogang*

Graduate School, Xi'an Jiaotong University, Xi'an 710049, China

Highlights

Proposing a synergy framework of institutional resilience and learning resilience to address interdisciplinary learning barriers in engineering education.

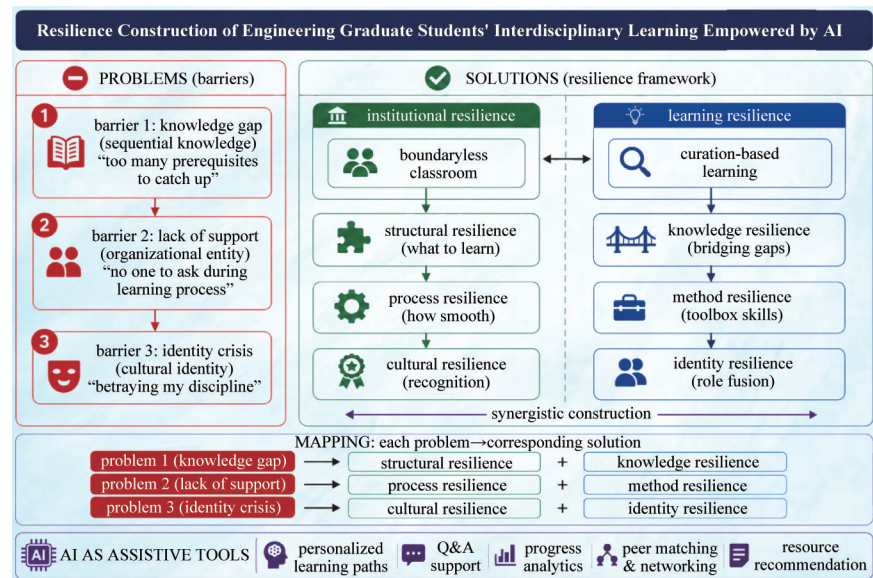
Introducing curation-based learning as a theoretical strategy for constructing learning resilience in interdisciplinary contexts.

Designing boundless classrooms as an institutional mechanism to provide structural, process, and cultural resilience support.

Positioning AI as a cognitive partner to reduce knowledge bridging costs and support identity resilience in interdisciplinary learning.

Exploring a dual-empowerment model integrating curation-based learning and boundless classrooms at Xi'an Jiaotong University.

Graphical Abstract



Abstract: Interdisciplinary learning for engineering graduate students faces barriers due to sequential knowledge structures, organizational entity characteristics, and strong cultural identity in engineering disciplines. This study aims to construct a synergy framework of institutional and learning resilience to support interdisciplinary learning in the AI era.

Drawing on the resilience theory originally developed by Holling and later extended to organizational studies, this study distinguishes two interrelated concepts. The first is institutional resilience, defined as the system's capacity to provide a supportive environment through structural, process, and cultural dimensions. The second is learning resilience, defined as the student's capacity to proactively cope with cognitive conflicts, knowledge integration difficulties, and identity anxiety. Based on this theoretical distinction, two corresponding strategies are proposed. The first is curation-based learning, a student-driven strategy in which learners actively collect, filter, and integrate knowledge from multiple resources driven by real-world projects. The second is boundless classrooms, an institutional platform designed to break boundaries of educational types, time-space constraints, and organizational entities. The study then analyzes three specific mismatches between current institutional resilience and learning resilience through theoretical deduction. Finally, it illustrates a preliminary exploration of the proposed dual-empowerment model at Xi'an Jiaotong University, including the development of AI curricula and pilot curation-based courses with formal credit recognition.

The analysis reveals three key mismatches that hinder interdisciplinary learning. First, there is a mismatch between structural resilience and knowledge resilience. Rigid curricula with strong sequential prerequisites force students into excessive "catch-up" learning, consuming cognitive resources that should be directed toward interdisciplinary integration. Second, there is a mismatch between process resilience and methodological resilience. Traditional teacher-centered classrooms create a culture of silence,

where students hesitate to ask questions. This forces students into solitary trial-and-error, and their methodological resilience is consumed by groping in the dark rather than deep learning. Third, there is a mismatch between cultural resilience and identity resilience. Institutional and social recognition remains concentrated on specialized expertise, creating anxiety about "betraying" one's original discipline. This consumes students' identity resilience in role confusion and reduces learning motivation. The proposed dual-empowerment model addresses these mismatches synergistically. Curation-based learning enhances knowledge resilience by enabling students to bridge knowledge gaps efficiently, develops method resilience through real-project-driven strategy selection, and supports identity resilience by positioning interdisciplinary learning as an extension of, rather than a betrayal to, one's core expertise. Boundless classrooms enhance structural resilience through integrated multi-source resources, strengthen process resilience through just-in-time interaction mechanisms and AI tools, and build cultural resilience by fostering interdisciplinary recognition. Preliminary exploration at Xi'an Jiaotong University shows initial progress, including a multi-level AI curriculum system and credit-bearing curation-based courses. However, it should be noted that the boundless classroom platform remains in the design stage, and the overall model is still in preliminary exploration rather than full implementation.

This study reaches three main conclusions. First, the core challenge of interdisciplinary learning for engineering graduate students should not be attributed solely to individual capability or willpower, but to a structural mismatch between institutional resilience and learning resilience. Second, the key to overcoming this challenge is not demanding greater individual effort to compensate for institutional deficiencies, but for universities to proactively enhance institutional resilience to empower the effective deployment of student learning resilience. Third, the "curation-boundless" dual-empowerment model provides a potential practical pathway for this synergy, though it remains in the exploratory stage.

Keywords: Artificial Intelligence; engineering graduate education; interdisciplinary learning; learning resilience; curation-based learning; boundless classroom