

数智时代的超学科教育：知识生态 重构与范式转型

董艳 于浩 张华俊

(北京师范大学 教育学部, 北京 100875)

【摘要】 在全球问题日益复杂与数智技术迅猛发展的双重背景下,高等教育面临学科壁垒固化、课程体系滞后、专业设置僵化与产教协同缺位等困境。超学科教育通过知识整合协同性、问题导向实践性、主体参与多元性和认知范式复杂性特征,揭示了纾解上述困境的内在机制。结合数智技术,本文构建了四层知识生态模型(数据层—知识层—智能层—演化层),并阐释其动态演化逻辑与知识创新路径;提出制度设计、课程创新、认知重塑三维实践框架,包括五螺旋协同治理模型、问题域导向的模块化课程体系和 Ω 型整合思维培养策略。超学科教育通过弥合知识生产与社会需求的鸿沟,依托数智技术构建动态知识网络与协同创新生态,为高等教育范式转型提供系统解决方案。

【关键词】 超学科教育;数智赋能;知识生产模式;高等教育转型

【中图分类号】 G640

【文献标识码】 A

【文章编号】 1007-2179(2025)04-0021-14

人类正面临气候变化、公共卫生等具有“元生性”特质的全球性棘手问题(Mejias et al., 2021),其复杂程度远超单一学科的能力范畴(联合国教科文组织, 2022)。这一现实倒逼高等教育突破封闭的学科范式,转向更具整合性的知识生产模式。回溯学科演进历程,知识生产已从单学科深耕、多学科并行、跨学科协作,发展至超学科边界消融阶段(Daneshpour et al., 2022)。与之对应的知识生产模式的迭代从大学主导的封闭式理论探究(模式 I)(黄瑶等, 2016),到“政府—产业—学术”三螺旋协同(模式 II)(Etzkowitz et al., 2000),再到

融入公众参与的四螺旋架构(模式 III)(Carayannis et al., 2012),最终形成包含自然环境或数智技术的五螺旋系统(模式 IV)(刘东华, 2025)。超学科作为这一进程的理想化终点,其转型却面临三重壁垒:其一,群体决策中共享信息挤压专业非共享信息(Larson et al., 1996),导致决策质量降维;其二,学科心智模型的路径依赖阻碍跨领域思维转换,难以突破“他者视角”认知局限(Godemann, 2008);其三,学术卓越导向与社会问题解决需求存在价值冲突(苗建军等, 2020)。这些矛盾折射出知识生产从模式 I(学科封闭)向模式 IV(超学

【收稿日期】 2025-06-27

【修回日期】 2025-07-08

【DOI编码】 10.13966/j.cnki.kfjyyj.2025.04.003

【基金项目】 国家自然科学基金 2021 年度面上项目“STEM 教育情境下同伴互动的脑协同机制及策略研究”(62177011);北京师范大学博—学科交叉基金项目“数智技术支持数学‘教—学—评’一体化智慧教学平台的开发与实践研究”(BNUXKJC2401)。

【作者简介】 董艳,博士,教授,博士生导师,北京师范大学科学教育研究院副院长,研究方向:跨学科创新教育、人工智能赋能教师专业发展(yan.dong@bnu.edu.cn);于浩,博士研究生,北京师范大学教育学部,研究方向:跨学科学习、教育人工智能;张华俊,硕士研究生,北京师范大学教育学部,研究方向:跨学科学习、人工智能教育应用。

【引用信息】 董艳,于浩,张华俊(2025). 数智时代的超学科教育:知识生态重构与范式转型[J]. 开放教育研究,31(4):21-34.

科聚合)演进的阵痛,前者依赖同质性知识的权威性,后者需要异质性知识的协同创新(安世遨等, 2024)。

数智技术可为消解上述困境提供新路径。它不仅是解构学科壁垒的“破壁器”,更是重构教育新生态的“催化剂”。这种赋能绝非工具替代,而是推动知识生态从静态学科堆积转向动态问题网络,从线性因果逻辑转向复杂适应系统的范式重构。技术赋能以教育范式转型为前提,超学科教育正是通过整合多学科知识(梁砾文等, 2017),培养学生复杂性思维与视角采择能力,以弥合知识生产与社会需求间的鸿沟。其核心在于推动高等教育从学科内卷转向问题驱动,从专业深耕拓展为跨界协同。然而,超学科教育的实践既要克服学科专业语言的“巴别塔困境”(Vallejo et al., 2023),又需保持知识生产的精确性;既需开放多元主体参与,又要防范学术质量滑坡;既要解构传统学科壁垒,又需建立新的协同创新秩序。破解这些悖论,正是构建数智时代新型教育范式的关键所在。基于此,本研究将从高等教育面临的现实挑战切入,系统分析超学科教育的特征优势,探索数智赋能的知识生态重构路径,提出高等教育向超学科转型的实践路径,为构建适应未来挑战的教育新范式提供理论参照与实践指引。

一、现实梗阻:数智时代高等教育范式转型瓶颈

数智时代背景下,高等教育的传统学科建制与新兴知识生产模式间的结构性矛盾日益凸显,具体表现为以下四重困境:

(一)学科壁垒固化与知识整合失能

现行教育体系的学科设置沿袭19世纪学科分类范式,存在学科边界刚性与知识架构碎片化等问题,且在数智时代愈发凸显。各学科独立构建封闭的知识模块,工科侧重技术操作而忽略社会伦理关联,人文社科缺失数理工具训练。这导致学生面对复杂问题难以形成整体性、系统性认知,遑论培养解决现实复杂问题的综合能力。复杂问题的解决需整合自然科学、工程技术和社会科学的多维视角(Satalkina et al., 2024)。以人工智能驱动的科学

研究(AI for Science, AI4S)等新兴领域为例,研究者需同时了解算法与应用场景,但高等教育现有培养模式暴露出明显的“认知迁移障碍”,即超学科知识转移与整合机制存在实质性缺失。更严重的是,教学评估机制进一步强化学科本位思维。教师囿于知识传授范式,评价标准侧重本学科知识再现精度。这种制度安排扼杀了跨学科知识整合的方法论自觉。

(二)课程体系滞后与认知范式脱节

数智时代的知识生产具有迭代加速性(技术半衰期急剧缩短)、跨界融合性(需多学科知识协同参与)和不确定性(复杂前沿议题尚无定论)等特征,传统高等教育课程结构已难以适应。现行课程模块存在学科“孤岛效应”,缺乏跨学科的知识接口设计,且教学方法倚重确定性的知识传授与封闭式的问题训练,未能培养学生对复杂性和模糊性的认知耐受力。这种矛盾在评价环节尤为突出。追求标准答案的考核方式,压制了非常规解决方案的探索空间,与数智时代要求的创造性思维形成根本性冲突。毕业生面对新兴产业需求,普遍存在系统思维薄弱和适应性不足等问题。也就是说,数智时代的有效知识供给必须融合数据思维、技术应用与领域专长,但现行课程体系将知识割裂为互不关联的片段,实质上阻碍了新认知框架的形成。

(三)专业设置僵化与供需动态失衡

数智时代产业需求变革迅猛,高校对新产业革命的响应却存在显著的制度性时滞。以人工智能领域为例,《2025 人工智能行业人才供需趋势报告》显示,我国人工智能产业年增速达41.5%,行业复合型人才缺口500万。然而,受《普通高等学校本科专业目录》约束,相关专业设置常滞后于产业成熟期,且院校多采取“课程贴片”式改造(如在传统专业叠加Python课程),未能重构知识体系。教育采用的追赶式人才培养模式使教育供给常陷入被动,如当下社会亟需的人工智能治理专家、具身智能开发工程师等新兴岗位所需的多模态学习能力,现有教学培养方案几乎尚未涉及。这种刚需人才教育供给的时间差,无疑会阻碍先进产业的发展。而且,人工智能课程过度聚焦技术原理而忽视产业应用场景,学生难以将算法能力转化为实际生产力,相关企业不得不开展二次培训,也造成人力资本配置的效率损耗。

(四) 产教协同缺位与创新生态断裂

政产学研合作虽已成政策常态,但多停留于实训基地共建、专家讲座等表层,其深层障碍在于:1)知识产权共享保障机制缺失,产业核心技术难以向教育端开放;2)成本分摊补偿制度不完善,人才培养边际成本向企业单边转移;3)人才便利流动通道阻滞,双聘等柔性措施流于形式。C9联盟高校仍以一对一或导师组制为主(董艳等, 2024b),“科学家+工程师”双师型师资占比偏低,且培养方案中企业导师的参与度有限,导致人才培养规格与产业需求持续偏离(Huang et al., 2023)。德国“工业4.0 职业教育”采取产业项目直接嵌入课程的模式,学生毕业即掌握产业级技术标准(孙进等, 2022)。我国高校虽已普遍建立“竞赛—孵化—园区”体系,但创新创业教育呈“三重异化”,即创新方法论被简化为标准模块(模块化知识灌输)、实践训练蜕化为商业计划书演练(盆景化项目训练)和评价体系畸变为奖项数竞赛(功利化评价导向)。学生在“快餐式学习”文化影响下追求短期、碎片化知识,缺乏系统性思维。脱离真实场景的“温室育苗”与熊彼特(Schumpeter, 1990)所言“生产要素和生产条件的非常规知识组合”的创新本质背道而驰,教育培养人才普遍缺乏应对真实市场风险的韧性。

二、破解困局: 超学科教育的优势与机制

交叉学科、跨学科等课程整合模式(见图 1)均倡导对学习体验、知识进步和技能发展的感知(Atkinson- Toal, 2024)。其中,多学科侧重知识获取,交叉学科与跨学科注重能力培养,超学科致力于通过综合性学习解决复杂现实问题。面对学科壁垒、产教脱节等挑战,超学科教育以其知识整合协同性、问题导向实践性等特征,重构知识生产模式,将学习融入真实场景,直接回应社会复杂

需求。

(一) 知识整合的协同性: 消解学科壁垒并重构系统思维

超学科教育的首要特征是追求知识整合的协同性,即通过跨越学科边界和重构知识网络实现不同知识体系的有机融合。传统高等教育的学科壁垒将知识割裂,学生难以形成跨领域的整体视野。超学科教育以“问题域”为导向,整合多学科理论、方法和技术,形成“整体大于部分之和”的知识统一体。尼科莱斯库(Nicolescu, 2012)的“现实层次理论”认为,完整理解复杂问题需多维现实层级的联动分析,这要求学生突破单一学科的“简化范式”,掌握连接物理、社会与虚拟空间的复杂性思维。但超学科并非简单叠加多学科知识,而是通过识别不同现实层次间的“隐含第三者”,在复杂性中建立知识的动态关联。这种整合逻辑不同于多学科的简单并列或跨学科的方法借用,而是通过“第三包容逻辑”打破二元对立,形成整体性认知框架。鲁特-伯恩斯坦(Root-Bernstein, 2003)提出十三种超学科认知技能(观察、想象、抽象、识别模式、形成模式、类比、动觉思维、共情、维度思维、建模、玩耍、转化和综合),强调认知工具的跨领域通用性;米什拉(Mishra, 2011)压缩后提出的七种技能(观察、模式化、抽象、具身思维、建模、玩耍、综合)则凸显了知识本质的提炼与重组能力,两者皆将科学、艺术与人文知识整合为有机的整体认知方式。这种整合性直接回应了传统高等教育的知识碎片化问题:一方面通过“知识统一性”消解学科割裂,培养系统思维;另一方面以“非还原主义”特质避免简化论对复杂问题的片面处理。实践层面,超学科教育要求打破学科术语的封闭性,构建共同语言与理论框架以共同应对挑战(Sutherland et al., 2025),为系统思维与跨领域创新奠定认知基础。

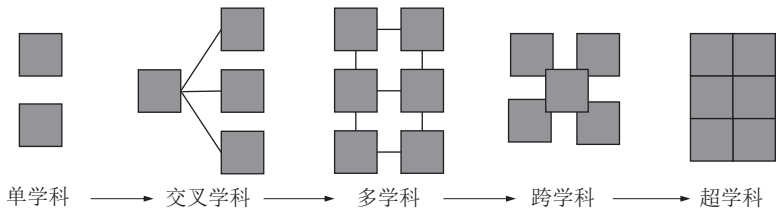


图 1 多种课程整合模式的学科关联

(二)问题导向的实践性: 链接真实需求并驱动实践创新

超学科教育的第二大特征是根植于现实问题的实践取向,即以现实世界的复杂问题为起点组织知识生产与学习活动。格罗(Gero, 2017)认为超学科是科学与社会的相互关系,其目标不仅是学术突破,更在于通过模式Ⅱ及更上级的知识生产将学术研究嵌入实践场景(即知识在实践场景中生成并直接转化为生产力),实现价值社会转化。因此,与传统学科教育追求理论完备性不同,超学科以“问题域”界定知识生产边界(Jahn, 2008),注重学术研究与社会需求的深度耦合。这类问题域具有“元生性”“价值冲突性”与“不可预测性”,它们模糊、动态且涉及多元利益相关者,无法通过单学科解决。这种导向性直指高等教育的人才培养与产业需求脱节困境:一方面推动教育内容从“学科逻辑”向“问题逻辑”转变,借助企业案例、社会项目等真实情境培养学生的复合能力;另一方面通过解决方案驱动知识从实验室走向市场。黄瑶等(2016)提出的超学科研究流程(问题发起—概念化—研究—知识转化),强调“提出问题,解决问题,再提出、再解决问题”循环往复,本质上亦是一种设计思维实践,它通过迭代式协作将学术洞察转化为社会创新。这一过程既需政、产、学、研的合作,更依赖将社会需求内化为学习目标的反思性学习(Dyke, 2009)。这种以问题为锚点的教育模式通过知识“共创”而非简单“传递”,可有效弥合学术研究与应用落地的鸿沟,这正是培养新质人才创新性解决问题能力的核心机制。

(三)主体参与的多元性: 构建多元网络并重塑教育生态

超学科教育的第三大特征在于参与主体的多元性与异质性,学术界、产业界、政府与公众通过深度互动重构教育生态。区别于传统高等教育同质化的学术共同体与封闭化的知识生产(模式Ⅰ),超学科遵循“大学—政府—产业—公众”四重螺旋知识生产模型(Carayannis et al., 2009),打破学者中心主义,将企业、社区、政策制定者等非学术主体的经验、需求与价值观纳入教育过程(O'Sullivan et al., 2025),形成开放的知识生产生态(模式Ⅲ)。这种多元性体现在三个维度:其一,通过异质性组织(如产业导师参

与课程设计)引入市场标准,倒逼评价指标多元化;其二,参与式研究机制将社会效益纳入成果评估,超越论文导向的单一维度;其三,基于相互学习理论(Godemann, 2008)的反思性对话,促使教师从知识权威转型为协作共同体的营造者,为柔性激励提供可能。赵哲等(2021)认为,超学科主要表现为学术群体与利益相关者之间互补性、协同性及目标一致性的知识扩大再生产活动。不同认知论与文化背景的参与者,通过相互学习实现知识民主化。从群体动力学视角看,异质团队需建立“共享心智模型”,通过信任培养与沟通策略(如用“肯定延伸法”取代否定式反馈)化解认知冲突(Mathieu et al., 2000)。这种协同生态既有助于释放创新活力,更契合我国“产教融合”战略对教育和产业协同进化的要求。

(四)认知范式的复杂性: 培育高阶思维并适应未来挑战

超学科教育的最本质特征是对认知范式的根本性重构,即通过培养多元认知能力应对数智时代的不确定性挑战。此范式突破了传统线性思维和确定性知识的局限,转向培育复杂性思维和元认知能力。尼科莱斯库(Niculescu, 2012)提出的超学科三大支柱(现实层次、第三包容逻辑与复杂性理论)实质上构建了一种“复杂思维”训练体系,要求学习者同时掌握分析(学科深度)与综合(超学科广度)、抽象(理论)与具身(实践)、确定(规则)与模糊(创新)的辩证能力。莫林(Edgar Morin)进一步指出,超学科思维亦是“分离与关联的辩证统一”,既需深入学科内核(如抽象、建模),又需超越学科局限(如综合、共情),在专注局部时保持整体关联的自觉意识(Martinazzo, 2020)。这种认知范式的转变表征为三种关键能力:一是“认识论探索”,即理解不同学科的逻辑论与方法论差异(如STEM与人文科学的范式冲突);二是“视角采择”,即通过模拟他者立场(如工程师与社会学家的对话)构建跨界共识;三是“系统性推理”,如将情感、伦理与科学知识整合为“美学—智力体验”(Root-Bernstein, 2003),亦或是将技术变革置于经济、伦理与文化语境中整体思考。这种认知升级直指以往对标准化答案的依赖,转而鼓励学习者质疑学科框架并释放创新潜能。这与教育5.0时代倡导的“5A学习特征”(主动学习、真实性学习、关联学

习、分析性学习、适应性学习)深度呼应(董艳等, 2024a), 为数字化转型的思维结构重塑提供了理论支点。

超学科教育通过否定学科中心主义、还原主义和二元对立, 将教育转变为连接知识、社会与人的“转化性实践”, 其本质是将知识形态从静态占有转化为动态创造, 学习方式从个体认知升维至社会协作, 教育目标从培养专业工具转向塑造复杂问题解决者跨越。在数智时代, 超学科教育的真正力量在于能将复杂性转化为创新可能性, 将学科边界转化为知识融合的契机。

三、生态重构: 数智赋能知识生产逻辑超学科化

超学科教育虽在知识整合协同性、问题导向实践性等方面优势明显, 但实际推进仍面临挑战, 包括群体决策的信息筛选偏差导致的专业洞见被稀释(信息壁垒)、学科心智模型的路径依赖阻碍跨领域认知转换(认知壁垒)、学术卓越导向与社会问题解决需求存在价值冲突(价值壁垒)等。这些挑战本质上反映了传统知识生产模式与超学科认知需求间的代际鸿沟。近年来, 数智技术的兴起为打破这一僵局提供了新思路, 或许能在工具层面

效率提升的基础上, 重构知识生产逻辑(见图2)。

(一) 数智赋能超学科教育知识生产与整合的认知底层逻辑重构

数智技术正在重塑超学科教育的认知基础, 其核心在于数据连接、算法重组与人机协同机制的有机统一。数据连接指通过构建开放的多模态知识库, 消解传统学科的制度性区隔。超学科倡导的“开放性组织特征”意味着知识生产体系应具备松散而动态的网络结构, 与经济社会系统紧密互动(赵哲等, 2021)。“学科孤岛”现象在数据流动中得以破解, 即通过语义网络实现分布式知识节点的动态关联, 既整合显性知识, 又通过数据挖掘捕获隐性知识, 支撑超学科所倡导的“异质性组织特征”。这种连接使多元主体在保持专业特性的基础上实现跨界对话, 推动形成自主互联的知识生态系统。

算法重组是将复杂性范式转化为可操作的知识生产路径。不同于线性思维, 算法能模拟“第三包容逻辑”, 通过虚拟仿真揭示社会、经济、环境等要素的非线性关系, 以辅助决策。正如尼科莱斯库(Nicolescu, 2012)所述, “不同现实层次”(超学科客体, 超越单一学科认知维度的现实层次)之所以能被人类认知, 是因为存在“不同层次感

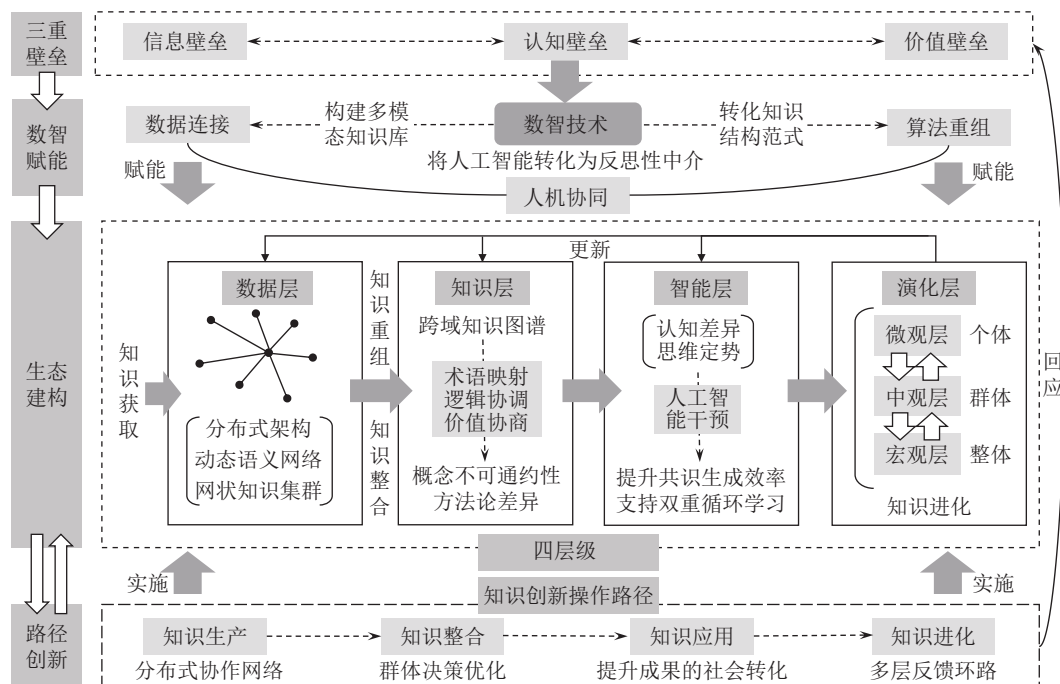


图2 数智赋能超学科知识生态的建设逻辑

知”(超学科主体, 人类对应的跨维度认知能力)和“非抗拒区”, 即主体与客体认知特性的匹配域。算法已成为连接“不同现实层次”的认知桥梁, 使原本被学科分割的知识要素得以围绕问题重新组织。

人机协同是将人工智能转化为认知过程的“反思性中介”。十三种超学科认知技能通过人工智能的类比生成与可视化能力, 从原本依赖个体经验与天赋的创造性技能转变为既可训练又可扩展的高效认知工具。人工智能不仅能优化问题解决方案(单循环学习), 更能促进研究者反思认知框架(双循环学习), 在跨学科交流中矫正认知偏差, 以替代视角激发“视角采择”能力。这种人机协同并非取代人类创造力, 而是作为认知外包(汪凡淙等, 2025)与边界扩展的工具, 使研究者持续检视知识生产过程, 推动认知范式的转型。

(二) 四层级知识生态模型的建构与动态演化机制的系统性阐释

基于前述分析, 本研究构建了四层知识生态模型, 数据层、知识层、智能层与演化层协同, 形成适应数智时代的超学科教育知识系统。

数据层采用分布式架构存储多源异构知识节点, 既保留学科知识的原生语境, 又通过动态语义网络与其他节点形成多层级连接。这种结构使封闭于学科“容器”的知识元素能基于实际问题需求自由重组, 其动态特征确保系统能持续吸纳新知识, 更新或修正某一特定节点, 同时不破坏整体功能的完整性, 赋予系统较强容错能力。

知识层在数据层基础上整合与重组知识, 即通过构建跨域知识图谱, 将不同学科的术语、概念和方法映射至共享认知空间, 创造性解决不同学科间概念不可通约问题。借鉴克拉克等(Clark & Brennan, 2004)“建立在对话基础上”理论(grounding in communication, 即交流双方通过持续确认达成共同理解的过程), 本研究设计了三阶矛盾消解机制: 其一, 术语映射, 即通过自然语言处理与专家校验建立跨学科概念对应, 形成对话双方的概念基础(conceptual grounding); 其二, 逻辑协调, 即利用形式化方法检测并调和不同知识体系间的推理冲突, 达成认知协同(cognitive alignment); 其三, 价值协商, 即在根本分歧领域引入多主体协商框架, 通过

目的导向的沟通(purpose-driven communication)达成临时共识。可视化知识图谱降低跨学科理解负荷, 使研究者能直观把握难以预见的模型交互效应, 借由视觉表征促进学科间理解与创造性联想。

智能层引入人工智能辅助的群体反思功能, 重点解决共识达成的效率问题。超学科团队常面临共识难以达成, 或表面和谐掩盖下的专业分歧等困境, 参与者多固守各自思维定式。为此, 该层设计了基于人工智能的社会学习干预工具: 实时讨论分析系统可识别的认知偏差和术语混淆, 提示潜在沟通障碍(如某学科视角被忽视); 矛盾焦点检测算法从海量讨论中提取关键分歧点, 引导针对性反思; 共识度评估模型动态监测团队认知状态, 辅助协调者干预。此类干预并非替代人类判断, 而是帮助研究者从批判性“元视角”(Ramadier, 2004)审视协作过程。

演化层为最高层级, 借鉴强化学习理念构建多环反馈机制, 实现知识生态的自我更新。微观层追踪个体知识消费与生产的细微动态, 中观层剖析群体协作模式的成效差异, 宏观层审视知识网络的整体演化态势。为规避算法偏见等风险, 演化层引入生态伦理规约, 包括算法透明性审查和专家复核机制, 保留“非共享信息节点”的容错空间。这种设计旨在将超学科知识生产的“迭代性”特征(朱小平, 2024)从偶发的项目经验升华为系统性学习过程。知识进化并非线性, 而是类似生物进化的“间断平衡”, 在相对稳定的知识结构中孕育偶尔出现的突破性认知跃迁(Gould et al., 1993)。

在该模型中, 数据层提供养分, 知识层构筑框架, 智能层驱动认知, 演化层维持发展。这一体系既重学科深度又求跨界融合, 既保知识质量又持开放视野, 既解即时问题又促长远成长, 力图完美诠释尼科莱斯库(Nicolescu, 2012)的“学科之间、穿越学科并超越学科, 最终回归人本身”教育理想。其核心价值不仅在于穿越学科丛林, 更在于构建知识联结网络, 发掘知识新价值, 培养学生应对复杂问题的系统思维、整合能力与创新素养, 这正是数智时代超学科教育的根本追求。

(三) 基于四层级知识生态模型的超学科知识创新操作路径框架搭建

基于四层级知识生态模型, 本研究构建了包含知识生产、整合、应用与进化的系统性操作框架。

在知识生产环节, 分布式协同平台整合了大学、政府、产业等异质性主体的专长与视角(Wagner et al., 2014), 通过区块链技术保障知识贡献的可追溯性与权益分配, 使传统学术边缘的地方知识与经验智慧纳入主流生产渠道。这种去中心化架构既保持各主体的认知特性, 又形成围绕复杂问题解决的灵活协作网络。

知识整合环节旨在克服群体决策的信息筛选失真问题。斯塔瑟等(Stasser et al., 1989)发现, 跨学科协作中成员倾向重复讨论共享信息, 而独特专业见解常被忽视。鉴于此, 本研究利用生成式人工智能构建双层干预机制: 在预处理阶段, 基于大语言模型分析参与者知识背景与专长分布, 生成个性化的认知地图; 在实时协作中, 通过动态的语义理解来识别未被充分表达的专业视角, 以可解释的方式提示团队注意信息盲区, 并结合强化学习动态优化发言权重分配。系统能诊断群体认知偏差(如术语歧义、逻辑断层), 主动生成优化建议(如推荐匹配的认知脚手架或可视化方案), 使隐性知识的结构化表达成为可能。技术可用于弥补认知偏见造成的信息筛选失真, 同时记录并分析信息流动, 将反复提及的共享信息和较少出现的专业洞见绘制为知识分布图谱, 协助团队复盘。特别是那些“隐性知识”, 如难以用传统学术语言表达的专业直觉与实践智慧, 可借助结构化信息流通设计得以展现。

知识应用环节聚焦从理论验证向社会转化范式转变。传统学术多止步于发表论文、专利等成果, 超学科教育要求产生实际社会影响。这方面可借助数字孪生等技术构建现实问题的虚拟镜像, 使跨学科团队能直观观察专业建议在复杂系统中的连锁效应, 形成“社会透镜”, 增强超学科解决方案的可信度与可操作性。

知识进化环节确保知识生态具备持续学习与环境适应能力, 建立多层反馈环路。这包括项目层面分析不同协作模式的效果差异, 优化团队组成和 workflows; 领域层面追踪知识关联的演化趋势, 识别研究前沿和知识缺口; 系统层面根据环境变化调整资源分配策略, 提高整体适应力。机器学习、强化学习等技术可用于评估解决方案表现, 形成应对复杂问题的元策略库, 同时提炼可迁移的通用协作智慧。

概括而言, 上述四个环节——生产提供素材, 整合创造价值, 应用验证效果, 进化反哺生产——构成良性循环, 促使超学科系统不断突破既有局限, 实现知识创新的代际跃迁。数智技术既是效率工具, 更是变革媒介, 其与知识生产的深度融合, 将标志着高等教育从多学科、交叉学科范式向超学科范式的历史性转变, 其影响或许远超当前预期。

四、理论落地: 数智赋能超学科教育的实践路径

实现超学科知识生态从理论构想到实践落地的转化, 关键在于突破传统高等教育系统的组织惯性与认知定势。这一转变需要从制度设计、课程创新和认知重塑三个维度协同推进(见图3)。数智技术在这一过程中不仅作为赋能工具, 更是重构教育生态的关键要素。

(一)制度设计: 突破传统框架并创新治理机制, 夯实超学科教育的落地根基, 为超学科实践提供组织保障

超学科教育的有效实施须突破传统制度框架, 构建适应知识跨界流动的新型治理体系。本研究基于卡拉扬尼斯(Carayannis, 2009)的四螺旋机制, 结合数智时代特征与麦格雷戈等(McGregor & Alghamdi, 2025)提出的“超深度学习”(Transdeep Learning)理念, 提出“‘大学—政府—产业—公众’+技术”五螺旋协同治理模型(见图4)。该模型有以下特征: 首先, 技术不再仅作为工具存在, 更作为“六大超深度学习目标”(公民素养、品格教育、创造性思维与想象力、沟通能力、协作能力以及批判性思维与问题解决能力)与超学科认知技能的培养载体, 兼具主体、环境和载体三重属性, 既作为独立参与者贡献智能决策, 又为各超学科主体交互提供创新空间与技术支撑, 更成为知识流动的媒介平台; 其次, 各主体间关系从线性协作升级为“知识共创社区”式的网络共生; 最后, 治理目标从单一的知识产出转向社会强健性知识的价值共创(McGregor et al., 2025)。

1. 重新界定各主体权责关系

大学转型为超学科协作枢纽, 主动对接国家战略和产业需求, 提供顶层设计和基础研究的跨领域支持; 政府转变为平台搭建者与资源协调者, 提供数

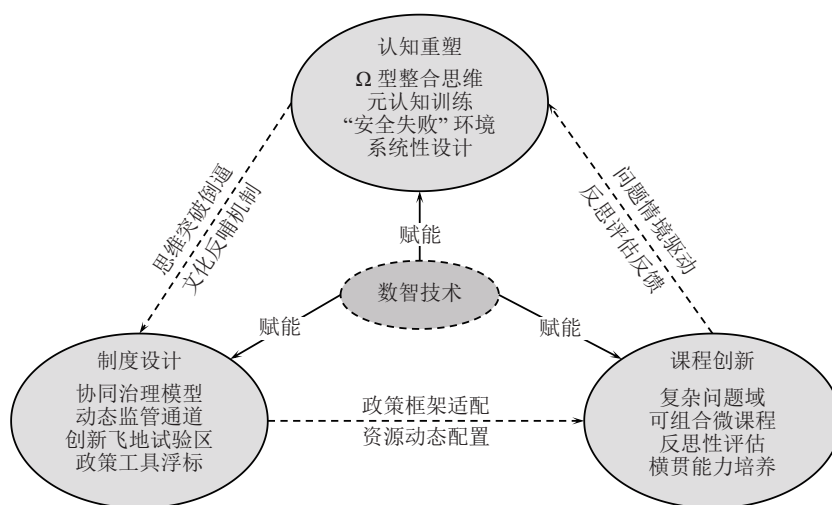


图3 数智赋能超学科教育的实践路径

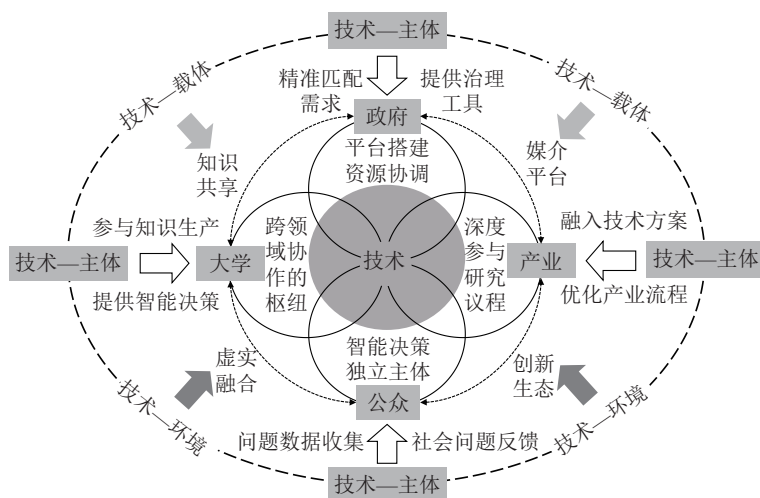


图4 超学科五螺旋协同治理模型

字化基础设施和政策支持; 产业界深度参与研究议程制定与方法创新, 为课程设计贡献实践经验和数字工具; 公众转型为知识共创的平等伙伴, 通过众包、公民科学等方式将社会问题和数据反馈给教育体系, 形成知识循环闭环; 技术直接参与知识生产, 通过语义网络构建超学科概念桥梁, 促进异质知识重组。特别是, 技术亦可作为环境与载体, 打造虚实融合的创新生态, 构建去中心化的知识共享平台。

2. 建立创新性制度安排, 协调学术主体与非学术主体利益

共同治理委员会可借鉴学术评议会的组织形式, 引入多方代表, 运用数字协作工具提升治理效率。联合资助机制可参考学科学术委员会制度, 通

过民主协商确保资金合理分配, 并通过智能匹配识别潜在合作机会。成果共享协议需明确成果定义、共享范围、条件和使用规范, 促进知识成果在数字平台中的合理流通。这些举措旨在打破传统政产学研合作中学术主导或产业主导的单向逻辑, 创造多元平等的知识生产格局。例如, 应对具体挑战可设立专项基金, 各主体各司其职又相互配合: 政府协调政策试点, 大学提供研究方法, 企业提出技术方案, 社区组织在地验证, 技术全程参与并赋能, 形成完整的价值实现链条。

3. 组织形态创新是制度变革的重要操作载体

同济大学的“8+2”学科交叉领域(学科群)建设实践可提供有益借鉴, 其矩阵式组织结构可兼顾

学科深度与跨学科灵活性, 推动学科优势互补和深度交叉融合(王雁等, 2024)。数智技术可作为有力支撑: 数据中台可整合学科知识资源, 通过智能算法实现跨学科知识的语义关联与可视化; 智能匹配系统能根据项目需求、成员专长和历史合作数据动态优化团队组成; 基于区块链的协作平台实现跨机构、跨地域的无缝对接, 确保数据安全、成果溯源和贡献量化。“创新飞地”可作为制度试验田, 享有一定的特殊政策空间和管理自主权。利用数字沙盘和虚拟仿真技术进行政策模拟和风险评估, 可实现制度的快速迭代和优化。

以技术为载体, 构建新型政策体系需重点推进三方面改革: 其一, 建立跨机构学习成果互认机制, 运用区块链技术打造可信的学分银行和微证书体系, 实现学习模块的灵活组合。这一机制需构建全国性互认网络, 确保学习记录的不可篡改性和可追溯性。其二, 创新知识产权制度, 突破单一发明者模式, 探索兼顾保护与共享的“知识共同体”模式, 通过智能合约明确多方贡献者的知识产权份额和收益分配, 促进创新成果的开放共享与高效转化。其三, 重构评价体系, 采用人工智能驱动的评估工具从社会影响力、问题解决能力和团队协作等维度对超学科项目和人才进行量化与质性评价, 而非简单套用论文数量和影响因子等指标。

政策创新的难点在于平衡标准化与灵活性, 过度统一会扼杀超学科所需的多样性, 过度放任则可能导致混乱与质量滑坡。部分先行者的经验表明, 建立动态监管机制或是一条可行之道(朱长兵等, 2024), 即确立基本准则与底线要求, 为实际操作预留足够的探索余地。具体而言, 科研评价应聚焦问题重要性、主体多元性、方法创新性、社会影响性等维度, 通过数字化项目库和大数据分析实现全周期跟踪评估。政策制定本身也需体现超学科特性, 吸纳多元主体参与, 利用数字仿真平台进行效果预测和潜在风险评估, 并及时迭代优化, 避免传统政策制定常见的“一刀切”弊端。

(二)课程创新: 在问题域导向下推动模块化重构与评价范式转型, 支撑超学科学习能力生长, 为知识整合提供操作载体

超学科教育的课程创新需要突破传统学科边界, 构建以现实问题为导向的动态知识组织体系。

本研究借鉴香港大学通识核心(Common Core, CC)课程的“主题探究领域”(AoIs)设计理念(Tsao et al., 2025a), 提出“问题域课程”概念, 即以复杂问题为设计起点, 通过将主问题分解为相互关联的子问题网络, 经问题发起、概念化、研究实施和知识转化等环节, 实现知识节点映射。这种分解并非简单分类, 而是在保持系统性的前提下识别知识可介入节点, 每个节点代表特定学科视角与问题维度的交汇, 以促进跨学科知识融会贯通。超学科具有复杂性感知、双重解放、三重包容、教育超越、反思转型五大属性(Chowdhury et al., 2024), 问题域课程体现了“复杂性感知”贯穿目标、过程与成果的特点, 并突破学科与学校边界, 实现“双重解放”。随着问题研究的深入和外部环境的变化, 知识权重分配也会适应性调整, 这种内在灵活性正是应对现实世界非线性特征的关键。实际上, 问题域课程实施过程本身就是对“知识统一体”的实践探索, 学生通过参与真实问题解决, 亲历不同学科如何在共同框架下相互启发、彼此借鉴与修正, 形成超越单一学科的全局性认知。因此, 问题域课程并非要取代现有学科课程, 而是与之互补。问题域课程注重整合能力, 学科课程提供专业深度, 共同构成完善的超学科课程体系。

为支持问题域课程实施, 受芬兰“横贯能力”(横跨不同学科和领域的思维、内容和技术等的整合能力)培养经验启发(陈庆合等, 2021), 本研究提出“可组合微课程”概念。这些模块化单元时长适中且有明确目标, 如同知识“乐高积木”, 可根据问题域需求灵活组合。此间, 人工智能可用于深度分析学生学习轨迹、认知风格和项目需求, 智能推荐最优课程组合方案, 解决“学科心智模型固化”问题, 帮助学生渐进拓展认知边界, 避免被跨学科复杂性压倒。微课程设计需遵循“最小完备性”原则, 每个模块专注独立知识单元, 同时保留与其他模块的兼容性接口, 并兼顾超学科技能培养。同时, 微课程设计应打破“学校围墙”, 整合社区公众的地方性知识、行业专家的实践智慧等, 强化学术认知与现实世界的联结。在微课程基础上, 本研究建议开发跨课程与超课程。跨课程聚焦学科知识在问题域的有意义耦合, 通过知识接口设计实现概念转换与认知迁移; 超课程形成元结构, 使知识

在不同层级和不同维度(理论、实践等)自由流动。这种机制是数智时代教育转型的核心体现,人工智能可持续优化课程内容,识别知识盲点,促进协同学习与知识共享。微课程、跨课程和超课程构成从模块到接口再到生态的三层超学科课程架构,可全面回应知识生态重构需求,为培养拔尖创新人才提供适应未来挑战的知识结构和学习能力。

课程创新需要评价体系的同步转型。传统以考试、考核、考察为主的结果导向评估难以捕捉超学科学习的核心价值,借鉴通识核心课程评估改革经验(如取消传统考试、采用项目制评估),本研究主张从结果导向转向反思性评估,重点关注认知框架的动态调整。评估手段应多元化,涵盖学习档案、项目日志和同侪互评等质性方式,精准捕捉学生在超学科探索中的思维进阶与突破状况。此外,面对纷繁复杂的挑战,解决方案往往扑朔迷离,学生亟须学会在信息不全、标准模糊的情况下,保持探索动力,审慎权衡并作出明智抉择。因此,本研究认为瓦格纳等(Wagner et al., 2014)提出的超学科教学四要素(认识论探索、沟通策略、信任培养和模糊性容忍)的“模糊性容忍度”应纳入评价设计,通过情境模拟、开放式问题解决等任务,考查学生在不确定情境的决策能力与心理韧性。数智技术可在反思性评估中担纲重任,如将自然语言处理技术用于分析项目报告、讨论发言、协同记录等非结构化数据,评估跨学科整合能力、批判性思维、解决问题能力、团队协作能力等关键素养(Boubker, 2024);智能评估系统提供即时反馈,指导学生进行反思性学习;区块链技术用于记录学习成就和微课程组合,确保评价结果的透明可信(Nazari et al., 2024);学习分析技术用于追踪认知轨迹,虚拟现实技术用于创设沉浸式评估情境。这些都是未来可期的评价新导向。

(三)认知重塑: 转型思维结构培育多元认知能力,融合实践与文化推动超学科教育目标达成,为范式转型提供内核动力

超学科教育的最终旨归是重塑学习者的认知结构,这要求突破传统思维模式的局限。当前广泛认同的T型思维强调专业深度与跨领域广度的平衡,形成“一专多能”(林崇德, 2001), π 型思维关注双重专业架构,具备“复合性、发展性、创新性、

竞争性”特征,强调“两专多能”(徐冠英, 2025)。T型思维与 π 型思维应对简单跨学科问题虽有一定效果,但处理社会复杂问题仍显不足。两者的刚性结构难以适应知识网络非线性特征,工具理性取向无法统筹多元价值诉求,更缺乏对系统复杂性的动态调适能力。为此,本研究提出更具包容性和适应性的“ Ω 型整合思维”,其形态特征取自希腊字母 Ω ,其中顶部“弧圈”寓意延续跨界统整能力,中部“双支柱”寓意保持专业深度,底部开放的波浪结构寓意赋予动态适应能力,整体架构寓意强调系统整合、动态适应和跨界创生的有机统一,形成集“专业专精力、跨界融合力、系统重构力、价值判断力”为一体的四维能力结构。

Ω 型整合思维包含三个特征:知识结构要至少掌握两门学科的核心范式与方法论,形成能产生创新火花的异质认知接口,这种多重专业背景旨在实现学科间的相互启发与修正。认知过程培养发现知识体系间“隐含第三者”的能力,通过概念隐喻、模式识别等方法建立深层关联。诺贝尔经济学奖得主西蒙(Simon)将古典管理理论、系统理论、行为科学、运筹学和计算机科学等融合开创决策理论(刘丽丽等, 2023),正是此种能力的表征典范。价值取向注重在技术可行性与社会合意性间保持平衡,使专业研判始终置于广阔的社会语境中加以考量。这种思维模式须进行系统性设计,从专深扎根(多学科扎实的认知根基)到广博联结(灵活关联学科知识节点),经系统统合(在更高维度构建统一框架)跃升至动态适应(快速调整认知策略),最终实现跨界创生(在异质知识碰撞中催生新范式)。这种思维模式超越传统T型思维的“1专+多知”和 π 型思维的“2专+跨界”模式,形成“N专深节点+系统性耦合+动态创生”的有机知识生产生态,将超学科“复杂性思维”转化为可操作的教育实践,使“关联先于分析”原则实践落地。

元认知能力培养是整合思维发展的核心机制,可帮助学习者认知专业边界与价值,既不故步自封也不妄自菲薄。元认知即“对认知的认知”,要求学习者掌握具体知识和技能的同时能对自身思维加以觉察与调控,因此,元认知训练可为超学科 Ω 型整合思维发展提供方法论支持,须组建跨专业学习团队并开展元认知训练,将专业课程与复杂问题

情境融合并精心设计教学干预。人工智能支持的思维可视化工具, 通过将抽象认知过程转化为直观图像或动态模型, 帮助学习者突破学科思维定式, 或分析学习者思维模式演变, 建立个性化认知发展档案, 为反思提供依据。人机协同的元认知训练可产生双重效应, 个体层面增强学习者对自身认知特点的觉察, 群体层面促进不同思维方式的相互理解与创造性融合。韦斯特(West, 1996)的“群体任务反思性”概念强调团队定期对共同目标、协作策略和互动过程的显性反思。超学科教育的集体元认知训练理念与此高度契合。超学科协作过程需要持续检视与调整。“视角采择”能力的培养需要通过模拟练习、角色互换等训练, 使学习者在保持专业立场的同时, 欣赏和理解其他学科视角的价值, 这是建立共识的关键。

构建支持认知重塑的环境需要发展“安全失败”文化。超学科教育面对的复杂问题往往模糊不清且没有明确的定义与答案, 甚至对问题本质可能都存在多种解读, 这使传统教育常常显得束手无策。这也意味着问题难以一次性解决, 要求学习者具备试错探索的勇气和从失败中学习的能力。为此, 本研究建议构建容错机制, 在项目评估中关注学习过程的价值收获而非单一的结果; 建立失败案例库, 将不成功尝试转化为共享学习资源; 设计渐进式挑战序列, 让学习者在相对安全的环境中积累经验。然而, 真实社会往往只能提供有限次数的失败, 为此技术主体构建的虚实融合环境可提供支撑。虚拟仿真技术可为试错学习提供理想平台, 学生可无限试验解决方案。这种环境特别适合培养系统思维和应变能力, 本研究将其定义为“安全失败”环境, 但这种失败文化的建立需配套的情感支持系统来缓解认知不确定性带来的焦虑与不安, 以培养学生的心理韧性(Grupe et al., 2013)。超学科认知重塑的深层意义在于推动知识生产方式的转型。学习者若能在不同认知模式间灵活切换与融合, 知识生产的权力结构也将从学科权威垄断转向多元认知的平等对话。

五、结语

超学科教育作为知识生产范式的革命性转型, 其核心价值在于突破传统学科藩篱, 构建应对复杂

挑战的整体性知识生态。当前, 数智技术虽已成为推动这一转型的关键杠杆, 但教育实践中的技术应用仍多停留于工具性赋能层面, 亟待向范式性重构跃升。有研究借鉴布尔迪厄(Bourdieu)的“场域—习性”理论证实, 数字技术构建的在线虚拟空间通过重塑跨文化互动场域、激发习性调适, 能有效消解学科权力壁垒, 赋能跨文化超学科问题解决(Tsao et al., 2025b)。“人工智能驱动的科学探究”, 即(AI for Science, AI4S)等新兴范式也表明, 生成式智能体能够实现超学科知识的高效重组, 其衍生的群体智能可动态优化协作网络, 有望催生“人类智慧—机器智能—群体心智”的新型人机协同模式, 构建“人类专家—多智能体—社会网络”的超学科新生态。这正是对复杂社会技术系统中微观(个体认知)、中观(组织交互)到宏观(社会网络)多层次嵌套关系的教育响应。

正如格拉德温等(Gladwin & Ellis, 2024)强调的“系统存在”(systems beings)理念, 真正的超学科教育须通过“情感—关系—认知”(affective—relational—cognitive, ARC)框架培养学习者的系统思维, 使其跨越学科边界的同时, 深刻理解个体与多层级复杂网络的嵌套关系, 最终生发出与系统共舞的生态智慧。然而必须认识到, 超学科协作往往伴随着认识、结构、文化和情感等方面的紧张关系(Salmela et al., 2025), 其成功取决于能否建立学科认知与社会实践的动态关联。

文化自觉是确保这一转型落地的深层支撑, 即构建兼具“边界自觉”与“协同自觉”的组织文化, 前者要求清醒认知学科局限性, 后者强调主动寻求集体跨界合作。为此, 高校须培育包容失败的科研文化, 形成知识共享的信任机制; 创新分层指导体系, 通过双师联合培养、学术顾问参与等方式(苟鸣瀚等, 2023), 打破学科部落主义; 营造“异质共生”的新型学术生态, 在符号系统上彰显超学科成果价值, 制度规范上创新成果认定方式, 价值观念上重塑创新评价导向。唯有将超学科理念深度融入组织文化基因, 数智赋能与制度创新才可能形成协同效应。

从宏观的视角看, 超学科教育与新质生产力的发展具有内在一致性, 均强调通过要素重组和系统协同实现质效提升(汤吉军等, 2025)。高等教育肩

负着培养“新质劳动者”、生产“新质劳动资料”的重要使命,应重点推进三方面改革:其一,构建弹性学科机制,统筹基础学科、新兴学科与交叉学科建设;其二,依托数智技术建立“问题—知识—能力”的动态映射体系,实现人才培养的精准化与个性化;其三,立足教育强国建设整体布局,推动基础教育“强基工程”与高等教育“卓越计划”协同发力,在义务教育阶段强化科学素养与创新意识培养,在高等教育阶段聚焦关键领域突破,加快建设中国特色、世界一流的大学和优势学科,构建基础教育与高等教育连贯且螺旋上升的创新人才培养链条,为新质生产力发展夯实人力基础和智力支撑。随着知识生产进入模式Ⅳ时代,超学科教育正从理论构想转化为实践必然。这一进程不会一帆风顺,但正如超学科本身所昭示的,复杂性孕育着机遇,矛盾催生着创新。面对不确定的未来,超学科教育所培养的整合思维能力、构筑的弹性知识生态、倡导的协同创新文化,或许正是人类应对全球挑战最宝贵的认知资产。

【参考文献】

- [1] 安世邀,白强(2024). 知识生产超学科颠覆性与高校学科建设高质量发展逻辑建构[J]. 大学与学科, 5(1): 16-26.
- [2] Atkinson-Toal, A. (2024). Student value of a transdisciplinary approach to curriculum development[J]. Journal of Marketing Education, <https://doi.org/10.1177/02734753241288182>.
- [3] Boubker, O.(2024). From chatting to self-educating: Can AI tools boost student learning outcomes?[J]. Expert Systems with Applications, 238: 121820.
- [4] Carayannis, E. G., Barth, T. D., & Campbell, D. F. J.(2012). The Quintuple Helix innovation model: Global warming as a challenge and driver for innovation[J]. Journal of Innovation and Entrepreneurship, 1(1): 1-12.
- [5] Carayannis, E. G., & Campbell, D. F. J.(2009). ‘Mode 3’ and ‘Quadruple Helix’: Toward a 21st century fractal innovation ecosystem[J]. International Journal of Technology Management, 46(3-4): 201-234.
- [6] 陈庆合,李军,王海军,支子(2021). 芬兰“现象教学”对我国应用型本科教育的启示[J]. 职教论坛, 37(7): 53-60.
- [7] Chowdhury, T. B. M., Holbrook, J., & Rannikmäe, M.(2024). A model conceptualising trans-disciplinarity within school science education based on a systematic literature review[J]. International Journal of Science Education, 46(12): 1169-1191.
- [8] Clark, H. H., & Brennan, S. E. (2004). Grounding in communication[M]. American Psychological Association eBooks: 127-149.
- [9] Daneshpour, H., & Kwegyir-Afful, E.(2022). Analysing transdisciplinary education: A scoping review[J]. Science & Education, 31(4): 1047-1074.
- [10] 董艳,唐天奇,普琳洁,沙景荣(2024a). 教育 5.0 时代: 内涵、需求和挑战[J]. 开放教育研究, 30(2): 4-12.
- [11] 董艳,李心怡,丁国胜,李艳,翟雪松(2024b). 高校跨学科创新人才培养的多元路径研究[J]. 清华大学教育研究, 45(5): 78-88.
- [12] Dyke, M.(2009). An enabling framework for reflexive learning: Experiential learning and reflexivity in contemporary modernity[J]. International Journal of Lifelong Education, 28(3): 289-310.
- [13] Etzkowitz, H., & Leydesdorff, L.(2000). The dynamics of innovation: from National Systems and “Mode 2” to a Triple Helix of university-industry-government relations[J]. Research Policy, 29(2): 109-123.
- [14] Gero, A.(2017). Students’ attitudes towards interdisciplinary education: a course on interdisciplinary aspects of science and engineering education[J]. European Journal of Engineering Education, 42(3): 260-270.
- [15] Gladwin, D., & Ellis, N.(2024). Systems beings: Educating for a complex world[J]. Educational Philosophy and Theory, 56(7): 683-695.
- [16] Godemann, J.(2008). Knowledge integration: A key challenge for transdisciplinary cooperation[J]. Environmental Education Research, 14(6): 625-641.
- [17] 苟鸣瀚,刘宝存(2023). 知识生产模式转型视角下跨学科人才培养——以杜克大学为个案[J]. 新文科理论与实践, (2): 98-109+128.
- [18] Gould, S. J., & Eldredge, N.(1993). Punctuated equilibrium comes of age[J]. Nature, 366(6452): 223-227.
- [19] Grupe, D. W., & Nitschke, J. B.(2013). Uncertainty and anticipation in anxiety: An integrated neurobiological and psychological perspective[J]. Nature Reviews Neuroscience, 14(7): 488-501.
- [20] Huang, J., Balezentis, T., Shen, S., & Streimikiene, D. (2023) Human capital mismatch and innovation performance in high-technology enterprises: An analysis based on the micro-level perspective[J]. Journal of Innovation & Knowledge, 8(4): 100452.
- [21] 黄瑶,马永红,王铭(2016). 知识生产模式Ⅲ促进超学科快速发展的特征研究[J]. 清华大学教育研究, 37(6): 37-45.
- [22] Jahn, T. (2008). Transdisziplinarität in der Forschungspraxis: Transdisziplinäre Forschung. Integrative Forschungsprozesse verstehen und bewerten[M]. Frankfurt: Campus Verlag: 21-37.
- [23] Larson, J. R., Christensen, C., Abbott, A. S., & Franz, T. M.(1996). Diagnosing groups: Charting the flow of information in medical decision-making teams[J]. Journal of Personality and Social Psychology, 71(2): 315-330.
- [24] 联合国教科文组织(2022). 一起重新构想我们的未来: 为教育打造新的社会契约[M]. 北京: 教育科学出版社: 22.
- [25] 梁砾文,王雪梅(2017). 核心素养视野下的超学科语言课程群建构[J]. 天津师范大学学报(基础教育版), 18(2): 50-56.
- [26] 林崇德(2001). 融东西方教育模式,培养“T”型人才[J]. 北京师范大学学报(人文社会科学版), (1): 5-11.

- [27] 刘东华(2025). 数智时代大学知识生产模式变革及其应对[J]. 重庆高教研究, 13(3): 48-62.
- [28] 刘丽丽, 闫永新(2023). 西蒙决策理论研究综述[J]. 商业时代, (17): 116-117.
- [29] Mathieu, J. E., Heffner, T. S., Goodwin, G. F., & Salas Eduardo, C. B. J. A.(2000). The influence of shared mental models on team process and performance[J]. Journal of Applied Psychology, 85(2): 273-283.
- [30] McGregor, S. L. T., & Alghamdi, A. K. H.(2025). Transdeep learning in higher education: Institutionalising transdisciplinarity[J]. Review of Education, 13(2): e70076.
- [31] Mejias, S., Thompson, N., Sedas, R. M., Rosin, M., Soep, E., Peppler, K., Roche, J., Wong, J., Hurley, M., Bell, P., & Bevan, B.(2021). The trouble with STEAM and why we use it anyway[J]. Science Education, 105(2): 209-231.
- [32] 苗建军, 王擎, 张彤(2020). 关于我国学术评价体系的反思及建议[J]. 经济学报, 7(4): 214-226.
- [33] Martinazzo, C. J.(2020). Transdisciplinary thinking as perception of reality and the educational and planetary challenges[J]. Educar em Revista, 36: e66048.
- [34] Mishra, P., Koehler, M. J., & Henriksen, D.(2011). The seven trans-disciplinary habits of mind: Extending the TPACK framework towards 21st century learning[J]. Educational Technology, 51(2): 22-28.
- [35] Nazari, Z., Vahidi, A. R., & Musilek, P.(2024). Blockchain and artificial intelligence non-formal education system (BANFES) [J]. Education Sciences, 14(8): 881.
- [36] Nicolescu B (2012). The need for transdisciplinarity in higher education in a globalized world[J]. Transdisciplinary Journal of Engineering & Science, 3: 11-18.
- [37] O' Sullivan, G., Baggen, Y., Tho, C., Georgiou, D., Pennings, H. J. M., & Van Den Beemt, A. (2025). The role of academic and extra-academic actors in transdisciplinary challenge-based learning[J]. Teaching in Higher Education: 1-17. <https://doi.org/10.1080/13562517.2025.2468978>.
- [38] Ramadier, T.(2004). Transdisciplinarity and its challenges: The case of urban studies[J]. Futures, 36(4): 423-439.
- [39] Root-Bernstein, R. S.(2003). The art of innovation: Polymaths and the universality of the creative process[J]. International Handbook of Innovation, 1(1): 267-278.
- [40] Salmela, M., Vienni-Baptista, B., & Cheas, K. (2025). Towards the recognition of interdisciplinary and transdisciplinary researchers[J]. Minerva: 1-20. <https://doi.org/10.1007/s11024-025-09578-y>
- [41] Satalkina, L., Mühlmann, K., Pietrzykowski, M., & Steiner, G.(2024). Empowering future innovators and entrepreneurs by transdisciplinary knowledge integration: Universities' role in building competences for navigating poly-crises[J]. Cogent Education, 11(1): 2439626.
- [42] Stasser, G., Taylor, L. A., & Hanna, C.(1989). Information sampling in structured and unstructured discussions of three-and six-person groups[J]. Journal of Personality and Social Psychology, 57(1): 67-78.
- [43] Sutherland, I., Giroux, F., Gladwin, D., & Ellis, N.(2025). A Relational Unfolding: Reflections on Fostering Conditions for Transdisciplinary Education[J]. World Futures, 81(2): 138-158.
- [44] 孙进, 郭荣梅(2022). 超越二元制学业模式——德国职业教育与学术教育融合的新进展[J]. 高等教育研究, 43(10): 99-109.
- [45] Tsao, J., Alhadad, S., Heinrichs, D., Hameed, S. A., & McLay, K.(2025a). The digital-intercultural-transdisciplinary nexus: Online international exchanges for transdisciplinary education[J]. Australasian Journal of Educational Technology, 41(1): 27-41.
- [46] Tsao, J., Kochhar-Lindgren, G., & Lam, A. M. H.(2025b). Institutionalising a transdisciplinary curriculum: Assemblages, territories, and refrains[J]. Higher Education, 89(3): 849-864.
- [47] Vallejo, A. S., Simón, E. R.(2023). Educational transdisciplinarity: conceptual framework, methodologies, context and measurement analysis[J]. Iberoamerican Journal of Education, 92(1): 15-28.
- [48] 汤吉军, 王晓蕾(2025). 国有企业发展新质生产力: 理论逻辑、现实困境与路径选择[J]. 当代经济研究, (3): 51-60.
- [49] 汪凡淙, 汤筱筠, 余胜泉(2025). 基于生成式人工智能的认知外包: 交互行为模式与认知结构特征分析[J]. 心理学报, 57(6): 967-986.
- [50] 王雁, 徐强, 尹学锋(2024). 从多学科到超学科: 学科交叉的生长逻辑和实践路径[J]. 高等工程教育研究, (1): 99-105+137.
- [51] Wagner, T., Baum, L., & Newbill, P.(2014). From rhetoric to real world: Fostering higher order thinking through transdisciplinary collaboration[J]. Innovations in Education and Teaching International, 51(6): 664-673.
- [52] West, M. A. (1996). Reflexivity and work group effectiveness: A conceptual integration[M]. The Handbook of Work Group Psychology. John Wiley & Sons, Ltd: 555-579.
- [53] 徐冠英(2025). 做“ π 型人才”[N]. 新华日报, 2025-05-19(3).
- [54] 约瑟夫·熊彼特(1990). 经济发展理论——对于利润、资本、信贷、利息和经济周期的考察[M]. 何畏, 易家详, 张军扩等译. 北京: 商务印书馆: 2-6.
- [55] 赵哲, 杨玉(2021). 大学学科建设发展的超学科逻辑及行动路径[J]. 国家教育行政学院学报, (9): 47-54.
- [56] 朱长兵, 陆晨(2024). 新质生产力与新质人才培养的互构逻辑及实践进路[J]. 南昌师范学院学报, 45(5): 8-14.
- [57] 朱小平(2024). 超学科的内涵意蕴、价值逻辑及未来进路[J]. 黑龙江高教研究, 42(8): 92-98.

(编辑: 魏志慧)

Trans-disciplinary Education in the Era of Digital Intelligence: Knowledge Ecological Reconstruction and Paradigm Transformation Pathways

DONG Yan, YU Hao & ZHANG Huajun

(Faculty of Education, Beijing Normal University, Beijing 100875, China)

Abstract: Rapid development of digital intelligence technologies brings to higher education many multi-dimensional challenges such as interdisciplinary barriers, outdated curricula, rigid academic structures, and a lack of synergy between education and industry. The paper proposes the trans-disciplinary education through the integration of knowledge coherence, problem-driven practice, diverse stakeholder participation, and complex cognitive paradigm to reveal their intrinsic mechanisms to meet those challenges. To construct a four-layer knowledge ecology model (data layer, knowledge layer, intelligence layer, and evolution layer), this paper elaborates on its dynamic evolutionary logic and knowledge innovation pathways. It proposes a three-dimensional practical framework encompassing institutional design, curriculum innovation, and cognitive restructuring. The framework also includes a five-helix collaborative governance model, a problem-domain-oriented modular curriculum system, and an Ω -shaped integrative thinking cultivation strategy. The paper promotes trans-disciplinary education that bridges the gap between knowledge production and societal needs, leverages digital intelligence technologies to build dynamic knowledge networks for collaborative innovation ecosystems. It provides a systematic solution for the paradigm shift in higher education..

Key words: trans-disciplinary education; digital intelligence empowerment; knowledge production models; higher education transformation