

# 四维重构理论赋能高等教育数字新生态建设

杨定中<sup>1</sup> 胡燕<sup>2</sup>

(1. 中南民族大学 本科生院, 湖北武汉 430074; 2. 中南民族大学, 教育学院 湖北武汉 430074)

**[摘要]** 全面数字化转型正全方位重塑高等教育新生态, 但现有研究多聚焦数字技术应用的局部实践, 整体性、深层次变革逻辑系统性阐释尚显不足。鉴于此, 本研究构建了“环境—主体—资源—机制”四维重构理论框架, 系统剖析全面数字化赋能高等教育新生态的生成逻辑与实施路径, 以及对高等教育生态系统的整体性冲击与内在演化机制。该框架以连接性、数据化与智能化为数字化赋能核心催化剂, 阐释其在高等教育生态中深度嵌入与系统渗透的机制; 厘清其在结构性重构、功能性再造与生态性重塑过程中的作用机理。研究发现, 全面数字化通过技术驱动、能力生成与制度文化适配的多元耦合, 可有效激发高等教育战略转型的内生动力与系统跃迁, 从而为数字化转型构建系统性理论范式与生态重构路径。

**[关键词]** 全面数字化; 高等教育新生态; EARM 四维理论框架; 系统性变革; 战略转型路径

**[中图分类号]** G633.95

**[文献标识码]** A

**[文章编号]** 1007-2179(2025)04-0035-09

数字技术发展催生出数字化思维与数字空间知识传播, 数字化资源将学习支持服务融入数字化教与学过程, 从而促进教师教学、学生学习及人一机—物交互方式等系统性变革。数字化教学通过推动时空结构的重构与媒介形态的扩展, 提升课堂活动的生成性、互动性和参与度, 促使线上与线下教育形式高效融合, 激发课堂教学的创造性、体验性与启发性, 从而推动教育范式的深度转型(世界慕课与在线教育联盟秘书处, 2024)。在高等教育领域, 全面数字化赋能超越了工具层面的应用, 致力于通过技术深度嵌入和大数据驱动实现教育理念更新、教学模式重构、组织流程再造与教育生态变革。其核心特征体现在对高等教育课程教学的“系统性冲击”。这种冲击并非孤立地作用于某一环节, 而是通过改变信息流动、互动模式、资源可及性与师生主体角色, 促进整个高等教育生态系

统结构性重塑、功能性再造和关系性重构。具体而言, 结构性重塑打破传统教育的时空边界与制度框架, 使物理与数字环境深度融合, 重构学习发生的场域组织形态与运行机制。功能性再造表现在教育核心功能的质变: 教学模式由传统的知识传递转向个性化与自适应学习服务, 教育评价体系由终结性考核转向诊断性与形成性反馈, 教育资源从静态封闭的知识库向智能化、动态化、开放化发展。关系性重构指学习者能动性、主体性地位凸显, 教师角色向学习活动设计者、引导者、数据分析者转型, 教学管理与支持服务模式随之变革(阚阅等, 2025)。

## 一、连接性、数据化、智能化是高等教育全面数字化的核心

高等教育的全面数字化并非仅仅是教学工具

**[收稿日期]** 2025-04-01 **[修回日期]** 2025-06-24 **[DOI编码]** 10.13966/j.cnki.kfjyyj.2025.04.004

**[基金项目]** 2023年度湖北省高等教育教学改革研究项目“学科核心素养导向的高校新形态教材建设研究”(2023200)。

**[作者简介]** 杨定中, 实验师, 中南民族大学本科生院, 研究方向: 教育数字化、教育人工智能(yydz0790@sina.com); 胡燕(通讯作者), 博士, 副教授, 中南民族大学教育学院, 研究方向: 数字教材建设、在线学习理论与实践(807063625@qq.com)。

**[引用信息]** 杨定中, 胡燕(2025). 四维重构理论赋能高等教育数字新生态建设[J]. 开放教育研究, 31(4): 35-43.

的更新或在线资源的补充,它标志着数字技术、数据思维与智能方法对高等教育系统(包括人才培养、科学研究、社会服务、文化传承创新及管理运行等方面)的全方位渗透和结构性重塑(肖广德等, 2022)。这一转型会深刻改变高等教育生态样貌,其核心驱动力源自数字化固有的关键特征:连接性、数据化和智能化,它们构成推动高等教育变革的核心催化剂。

(一)连接性:从教育时空重构到教育元宇宙具身化体验

数字化教育场域的连接性从根本上消解了传统高等教育在物理空间、固定时间与组织边界的刚性约束,催生教学模式多元化与弹性化,使混合学习、在线教育与远程协作成为可能,拓展了高等教育的可及性与灵活性,有力支撑了终身学习的开展,使更广泛学习者群体享受到数字化带来的教育红利。同时,连接性促进了教育资源的开放共享,全球优质课程、学术文献和专家讲座得以跨机构共享流通,丰富教师与学生的认知资源,推动学习共同体的构建与互动,支持跨地域与跨学科的交流与合作,培育网络化的学术生态。

从教育时空与资源开放共享视角看,连接性的意义发生了质的飞跃。它不再仅连接人与信息,而且通过化身(Avatar)使用户在共享数字空间获得强烈的社会临场感和沉浸感,支持“具身化”存在与持久互动的社会性数字空间—教育元宇宙。这种具身化存在作为用户在数字世界的身份代理,能模拟身体语言和社交手势,实现比传统在线论坛或视频会议更真实、更丰富的社会交互。这种连接性的演变直接推动教育范式从传统以信息获取为核心的认知主义学习,转向以体验和互动为核心的情境式、社会性建构主义学习的深刻变革。教育元宇宙并非仅仅是传递信息的管道,更是全新的学习“场域”,其核心价值是通过具身化社会临场感促进深度体验式、协作性知识建构。数字化的连接性发展将使学生从“知道什么”转向“体验过什么”和“与谁共同创造什么”。

(二)数据化:从学习过程量化驱动精准教学与循证决策到预测性干预与赋能

数字化教育场域中,学习者学习的各类行为数据和管理信息系统数据可被完整采集、汇聚与分

析。传统数据化范式通过将教学活动转为学习管理系统的用户交互轨迹、形成性与总结性评估数据等结构化、可量化指标,实现教育过程的数字化表征与证据采集,为基于数据驱动的教学决策和个性化学习奠定实证基础。然而,这种基于单一数字痕迹的分析范式在深度与广度上存在局限,难以全面捕捉复杂学习过程的多维特征。技术进步正在将“数据化”推向更高阶范式:多模态数据分析与预测性干预。该范式运用机器学习模型分析多模态数据,构建远比传统学习分析更全面、更细致、更生态化学习者画像,从而使教师能深入洞察学习者在真实学习情境的认知状态(如认知负荷)、情感状态(如困惑与投入)和社会互动模式,实时识别学习者认知情感、学习状态和潜在困难,预测学业风险,进而提供定制化的学习路径规划、资源推荐与干预支持。

这种高阶范式标志着数据应用从被动响应(分析已发生的事情)向主动塑造(影响将发生的事情)的根本性变革,意味着教育决策依据从零散的“数字脚印”转变为对学习者的“身心状态”的整体性、动态性洞察。这使教育质量监测从传统的“亡羊补牢”式滞后反馈,演进为“防患于未然”式实时、个性化精准干预与赋能,从而将“因材施教”推向新的高度。同时,基于多模态、过程性教育数据构建的预测性干预机制,能在学生学习问题升级前主动触发个性化支持与赋能策略,推动教育评价范式从以总结性结果为导向的终结性评价模式,转向以过程性数据为支撑的形成性评价与教学改进模式,使评价从单一的“评判”走向“诊断”与“赋能”的双重功能。此外,这一范式可为高等教育管理提供循证决策支持,为专业设置、课程优化、资源配置、学生事务管理等提供客观依据,进而提升治理效能。因此,数据化已成为推动高等教育迈向个性化、精准化、智能化和循证化的重要引擎。

(三)智能化:从算法赋能驱动教育服务升级到人机协同育人与情感支撑

在数字化教育生态中,人工智能技术正广泛融入自适应学习系统、智能导师系统、自动化评价工具、智能推荐引擎和智能咨询服务机器人等场景。智能化的本质在于运用先进算法模拟并超越人类部分认知能力,以规模化模式提供高度定制化与自动化的

教育服务,从而实现真正意义上大规模个性化教育(本刊编辑部, 2023)。人工智能系统能实时根据学习者的进度变化与个性化需求,提供差异化的学习内容与精准反馈,智能规划并引导最优学习路径。同时,人工智能能有效减轻教师重复性事务的负担,使其能专注于复杂的教学设计与学生高阶能力培养,推动形成新的人机协同育人模式。在数字化教学模式中,人工智能以“智能助教”或“学习伙伴”的角色,与教师、学生构成多元化教学互动主体,全面提升学习支持服务的广度与深度,成为推动高等教育向个性化、高效化、智能化发展的核心驱动力。

随着大语言模型与多模态感知技术的发展,智能化正经历从工具型人工智能向人工智能导师的跨越,催生人机协同育人和情感支撑的全新教育范式。人工智能不再局限于传统的知识传递工具角色,蜕变为具备深度交互能力的“人工智能导师”,与教师和学生共同构建学习共同体,实现超越个体认知边界的协同学习目标。人工智能导师不仅能深度分析学习者的学习表现,提供定制化反馈,还能模拟师生互动,激发批判性思维,甚至感知学习者的情感状态,提供情感支持。这种人机协作模式标志着人机关系从单向“人→工具”指令关系转到“人↔人工智能”协作关系。情感计算技术能为这种高质量协作提供支撑,使人机交互超越认知层面,融入社会情感互动。这预示着人与智能体导师共同参与、相互启发、协同成长的育人新生态即将形成,以情感支撑与深度协作为核心特征的教育新范式即将面世。

## 二、“环境—主体—资源—机制”是高等教育数字化新生态的重构要素

重塑高等教育数字化新生态是系统工程,需要基于“环境—主体—资源—机制”四维生态架构(Environment-Actor-Resource-Mechanism, EARM)进行整体规划与协同推进。

(一)环境:教育教学生态的基础性承载与情境性塑造

环境是支撑生态系统存续与运行的场域,涵盖物理空间、虚拟场域、技术基础设施和社会文化情境等,既为系统要素间的动态交互提供基础性支持,亦构成其行为模式的约束条件。在教育教学生态中,环境扮演着基础性承载、情境设定与可能性塑

造等角色。它不仅提供学习活动发生的场所与设施(硬环境),还通过政策导向、文化规范和人际氛围(软环境)影响和塑造系统内主体的行为模式、资源可用性与流动方式以及机制的运行逻辑。因此,环境既是数字化赋能的平台(提供机会与支持),又是约束边界(设定规则与限制)。

(二)主体:生态系统的核心与关系网络节点

主体指生态系统中能够发起行动并影响系统状态的参与者。它们是生态系统最活跃的因素,是价值创造与意义建构的核心。其中,学习者是学习活动的核心主体,教育者是直接参与教学活动的人员,管理者指政策制定者等,服务者指为教育教学提供辅助服务的教辅人员。在学习生态系统中,学习者并非被动地接受环境影响,而是能主动感知环境、选择并利用资源、参与建构机制,并与其他主体开展交互。其他主体的动机、能力、素养、需求和目标直接激发生态系统的活力。同时,主体之间存在多样化的互动关系(如教学关系、同伴关系、管理关系、协作关系、支持关系等),这些关系构成生态系统的社会网络结构,深刻影响着信息的流动、资源分配和生态格局。

(三)资源:生态系统运行的投入要素与价值流通载体

资源指在生态系统中被主体用来支持活动开展、促进价值生成,以达成目标的各种有形或无形的要素。它们是生态系统运行的基础“燃料”和关键“工具”。资源的形态丰富多样,涵盖课程、学习数据、教学工具、人力资源等。资源的可获得性、质量、组织方式及其在主体间的有效配置与共享程度,直接决定生态系统的运行效能与价值产出。不同类型的资源承载着不同的价值属性(如知识价值、工具价值、数据价值、人力价值等),其价值的实现依赖主体在特定机制下的有效利用。数字化改变了资源的形态、流动方式与价值创造模式,拓展了资源的功能边界与使用潜力。

(四)机制:生态系统秩序构建与功能实现的运行规则

机制是在生态系统中规范主体行为、调节相互关系、组织资源流动、保障系统稳定运行的规则、流程、模式与规范的总和。它们构成生态系统的“游戏规则”或“操作系统”。在高等教育场域,

机制的核心功能在于构建秩序、协调活动、传递价值导向并保障生态系统的有序运行与目标达成。它们通过设定预期、规范行为、分配权责、提供反馈, 引导和约束主体的行动, 优化资源的配置与利用效率, 调节各要素间的关系, 确保整个系统朝着既定目标稳定运行。

综上, EARM 生态框架最关键的价值是揭示了四个维度深度耦合、相互依存、动态关联的关系。任一维度的变化都可能引发其他维度的连锁反应。生态系统整体大于部分之和。其中, 环境塑造其他维度表现为优化的数字化环境能够赋能主体, 催生新的资源形态, 促使机制变革。主体驱动其他维度表现为主体的需求与创新推动环境改造、资源开发, 引发机制调整。资源影响其他维度表现为新型资源会改变主体的角色、影响机制的运行, 甚至要求环境提供相应的支持。机制调节其他维度表现为合理的机制能激发主体的积极性, 促进优质资源的产生与共享, 引导环境的建设方向。有别于传统的静态线性模式或局部改良策略, EARM 生态系统是在内外因素驱动下, 通过四维要素间的反馈循环与协同适应, 不断调整、重构与演化, 推动教育体系向高阶智能化、迭代化和高质量跃升。

### 三、四维重构赋能高等教育新生态

(一) 学习环境重构: 从“场域限制”到“泛在智能”迈向“数字孪生与教育元宇宙”

全面数字化是对高等教育学习环境的重塑, 旨在突破传统教育在物理空间、固定时间和特定资源上的固有局限(即“场域限制”)(梁恒贵等, 2024), 构建学习机会无处不在、信息服务按需推送、环境支持智能响应的“泛在智能”(ubiquitous intelligence)新形态, 并向数字孪生与教育元宇宙的高阶形态演进。

全面数字化的特征首先体现为物理环境与虚拟环境的深度融合与无缝切换, 这构成学习环境重构的核心要素。在空间形态聚合层面, 现代智慧教室已演进成具备实时数据同步与功能互联能力的关键节点, 与线上学习平台形成有机整体, 有力支撑混合式学习和灵活混合式学习教学模式的实施, 确保不同场所的学习者能获得同样的学习体验。在线上线下活动联动机制层面, 学习者能在物理环

境和数字环境流畅穿梭。其学习行为轨迹、数据记录和社交关系网络可持续累积与无缝迁移, 形成动态反馈、持续强化的数字—物理学习闭环。这一教育范式重构能有效消解传统物理校园与数字网络空间的二元对立, 构建物理域与数字域深度渗透、功能协同互补、用户体验高度连续的新型一体化数字生态系统。学习环境重构直接瓦解传统学习模式对特定物理“场域”的依赖, 催生学习活动的泛在可及性(ubiquitous accessibility), 显著提升学习过程的灵活性、便捷性和跨情境的衔接性, 为构建全面泛在化学习环境提供关键性数字基建。智能化升级为泛在环境注入“认知智慧”, 使其超越简单的信息容器或被动工具集合的属性, 演变为能主动感知、深入分析、精准预测并自适应地响应学习者多元化需求的智能伙伴, 这标志着教育环境从仅具备“泛在性”向真正具备“泛在智能化”(ubiquitous intelligence)的关键范式跃迁; 平台具备泛在接入的统一界面与数据架构, 标志着教育数字化范式从多元孤立系统向集成化数字生态系统范式转型; 基于开放 API 接口、遵循统一数据标准协议和部署单点登录(Single Sign-On, SSO)技术, 推动各平台间数据的高效互联互通、服务功能深度协同互补和用户体验的无缝流畅衔接, 最终汇聚形成统一、便捷且能力强大的学习与管理总入口。

其次, 学习环境的深度重构不仅依赖技术嵌入, 更亟需教育文化的积极适配与价值引领。技术革新所带来物理—数字融合, 仅为环境重构提供了基础支撑, 而文化机制构成泛在环境有效运行与持续演化的内在驱动力与生态涵养。要充分释放泛在智能环境的系统效能, 必须在技术嵌入的同时, 构建开放、协同、探究与创新的文化生态, 通过推动学习文化范式转型形成泛在智能环境。在安全共享互信的数字文化生态环境中, 师生充分利用泛在环境开展跨学科学习和创新实践, 积极探索新技术、新方法, 共同激发泛在智能环境的结构张力、功能潜力、内生动能和价值创造(张强等, 2022)。

最后, 数字孪生技术的深度嵌入, 使高等教育学习环境的重构超越物理空间的数字化, 迈向“泛在智能”驱动的虚实一体学习实践新空间。这一转型突破了传统教学的资源瓶颈与安全边界, 提升教学的复杂性、真实性与创新性。同时, 教育

元宇宙的兴起标志着高等教育范式的深层跃迁,开辟了虚实共生、智能协同、沉浸交互的复合生态。在这一新生态中,学习者通过数字化身参与跨时空、跨文化协同学习与创新实践,不仅限于知识获取和技能训练,还涵盖情感互动、文化沉浸、社群共创与跨界创新等。教师与学生共同参与内容共创、情境设计和动态交互,推动教学从知识传递转向深度意义建构与创新能力的培养。在此过程中,教育环境超越单纯的技术应用,呈现空间形态、技术架构与文化范式交互重构与虚实交融的综合性演进特征(张敏等, 2024)。

(二)学习主体重构:从“角色固化”到“多元赋能”

全面数字化不仅重塑了学习环境,更深刻地重构了学习主体的角色,打破了传统模式的固化角色定位,“多元赋能”学习者、教师、管理者和服务者。首先,学习者的自主性显著增强。数字化环境提供了前所未有的资源可及性和时空灵活性,使学习者能自主选择学习内容和路径,实现在认知节奏和兴趣引导下的个性化学习。同时,技术赋能使个性化发展成为现实,学习分析技术可用于生成精确的学习者画像,推动规模化“因材施教”。数字素养的提升使学习者养成遵守网络伦理、保护隐私等伦理观念(李永智等, 2023)。这一变革推动学习者实现深层次的角色重塑:从知识的被动接受者变为主动的知识建构者,从传统的学习参与者成长为具备高度元认知与自我调控能力的学习管理者,进而发展为数字世界中有责任感的积极参与者。伴随着角色转变,学习者的学习方式在深度、广度与效能等维度获得前所未有的提升与拓展。

其次,教师角色从传统的以知识传授为中心的权威主体,变为学习环境设计者与学习过程引导者、学情数据敏锐分析者和教学流程持续优化者等的教育赋能主体。

最后,全面数字化深刻推动高等教育管理者与服务者从传统的流程执行和被动响应转向以服务模式创新与数据驱动决策为核心的战略赋能。其中,服务模式创新包括突破时空限制,从被动应答转为主动精准、个性化定制,从标准化供给变为以学习者为中心、主动关怀式一体化支持体系(尚俊杰等, 2023)。决策范式正经历从经验依赖向数据

驱动与循证治理的根本转变;管理者与服务者不再仅仅是流程的被动提供者,而是积极运用数字技术赋能与数据洞察力,主动引领服务创新、持续优化管理效能、推动教育战略发展的关键行动者与价值共创者。

(三)学习资源重构:从“静态供给”到“动态生成与智能匹配”再到“数据资源化”

高等教育资源重构是从内容形态、生成机制到数据价值挖掘的全方位变革。数字化、模块化、开放化与富媒体化奠定了资源灵活应用的基础;多元共建与智能推荐推动资源供给的动态化与个性化;学习数据资源化及其应用价值挖掘,则为整个资源生态注入智能驱动力,使其能持续演化、精准匹配、高效增值。这一从“静态供给”到“动态生成与智能匹配”的深刻转变,正以前所未有的方式提升高等教育学习资源质量、可及性与利用效能,支撑个性化学习与创新人才培养目标的实现。

首先,学习资源内容形态发生了根本变化,逐步走向数字化、模块化、开放化与富媒体化。传统的教材、文献等资源变为可存储、检索、共享的数字格式,打破了物理限制。学习内容被拆解为灵活的小单元(如微课视频、短视频组件等),便于教师根据教学目标或学生需求进行个性化定制与组合,同时支持非线性、积木式的学习路径构建。这极大地降低了资源获取成本,丰富了资源形态,促进教育公平与知识普惠。学习资源的呈现模式实现从传统单维文本与静态图像向多模态融合的跃迁,即综合运用音频、视频、动画、虚拟现实、增强现实、交互式模拟和教育游戏等富媒体技术,并有机整合测验评估、协作讨论、实时编辑等交互功能模块。这种富媒体化与高交互性的资源生态系统,有效契合了学习者的多元认知偏好与差异化学习风格,显著增强学习体验的沉浸性、参与性与认知建构效能,推动学习者从被动接受向主动探究的学习范式转型。

其次,资源的来源渠道与分发机制从单一供给转向多元生成,从“人找资源”转向“资源主动匹配用户需求”的变革,资源创生不再局限于个别教师或出版机构。这打破了由教师、教材编写者和出版社主导的资源生产与发布机制,拓展了资源创生主体范围,如专家众包、开放社区乃至人工智能辅助生成(AI-generated content, AIGC)等成为重要

补充甚至主流方式。资源推送逻辑也发生根本变化。在基于大数据与人工智能驱动的学习分析技术支持下,系统能基于用户的学习行为、认知风格、历史数据和当前任务,构建个性化画像,实现教育资源的精准匹配与智能分发。这种“资源匹配与智能推送”机制,借助推荐算法、知识图谱与教育中台系统等,实现两者间的智能联动(王健等, 2024)。在智能化背景下,教育资源生成呈现显著的去中心化特征。任何有知识经验的主体皆可成为资源的创作者与发布者。资源生成从少数人封闭完成的“编制任务”转向多元主体动态协作的“共创过程”。这一转变带来双重效应:在供给侧,多元共建模式丰富了资源类型,增强了动态性和适应性;在需求侧,智能推荐技术优化了资源匹配效率,解决了信息过载问题,实现个性化、精准化、智能化的资源交付。这种去中心化结构不仅显著提高了个性化学习的效率与响应速度,还深刻重塑了教育生态的资源生成方式与角色参与体系。

最后,学习数据的资源化及其应用价值挖掘成为重要的战略资源。这种“数据即资源”的应用价值体现在多个层面:其一,赋能学习者,即通过学习仪表盘等可视化工具,使学习者了解自身学习进度、优势与不足,以便自我调适;其二,赋能教师,即通过提供班级整体或个体学生的学情洞察,帮助教师优化教学策略,实施精准干预和改进课程设计等;其三,赋能管理者,即为管理者专业评估、资源配置、学业预警、教学质量监控等决策提供依据;其四,赋能平台自身,即基于数据反馈持续优化资源推荐算法,改进平台功能,提升用户体验等。归根结底,学习数据的资源化不仅拓展了教育资源的边界,更构建了一个自适应动态反馈闭环系统。在这一系统中,资源使用不断生成数据,数据分析反过来优化资源供给与学习支持,最终推动教育生态系统向更高水平的智能化、动态化与个性化方向协同演进。这一循环迭代过程构成“动态生成—智能匹配—持续优化”核心路径,是未来数字学习生态自我驱动与迭代更新的关键机制。

(四)运行机制重构:从“线性流程”到“网络协同与智能调控”

在全面数字化推动下,高等教育的运行机制正经历从传统“线性流程”向“网络协同与智能调

控”的转型(World MOOC and Online Education Alliance, 2023)。这一变革打破了以标准化、序列化与刚性结构为特征的工业化运行范式,全面重塑教学、互动、评价与治理等关键环节。在教学流程层面,数字技术通过时空解耦与学习分析,实现教学组织方式的柔性化、个性化与混合式设计(李铭等, 2022),推动教学从标准化、统一进度的线性流程,迈向基于个体差异与动态反馈的精准支持模式;在互动机制方面,单一课堂问答拓展为多模态、多主体、跨时空的联结结构,有助于教师通过即时反馈与结构化引导,激发学习者深度参与社群知识共建;在评价机制方面,以过程数据为基础的动态分析取代传统终结性考试,推动评价从“结果判定”向“过程诊断与个性化干预及赋能改进”的双重机制迈进,推进评价与教学的深度融合;在质量保障与治理机制层面,系统性数据采集与实时分析支持从周期性评估转为“数据采集—分析洞察—决策调整—效果评估”(Plan-Do-Check-Act, PDCA)的持续改进闭环,将评价从孤立的终点事件转为贯穿始终、与教学紧密耦合的动态反馈调节回路,使其真正服务于学习改进与学生发展,构建以数据驱动、快速响应、持续迭代为特征的敏捷治理体系。

总之,全面数字化正通过柔性化教学流程、网络化互动模式、智能化评价反馈和敏捷化治理体系,将高等教育运行机制从过去刻板的“线性流程”重塑为富有弹性、高度协同、数据驱动、智能调控的复杂网络系统(邱昆等, 2023)。这种重构旨在提升教育系统的适应性、个性化、运行效率和持续改进能力,从而更好地应对数字时代对人才培养提出的新挑战与新要求。

#### 四、四维重构生态系统实施路径

构建充满活力、智慧驱动、面向未来的高等教育数字化生态系统必须摒弃零散的技术应用模式,采用基于EARM四维生态框架的系统性战略布局,通过统筹推进环境建设、主体发展、资源管理与机制创新,形成相互支撑、协同发展的有机整体(祝智庭等, 2022)。

(一)环境建设路径:打造智慧、融合、安全的数字化生态新空间

环境建设路径旨在通过系统性架构设计,构建

技术先进、体验无缝、支持多元学习范式,以及兼具数据安全与教育公平的下一代数字化生态系统。该路径涵盖五个互为支撑的关键维度:

其一,在空间感知与智能响应方面,构建基于泛在高速网络、弹性云边架构与物联网传感器的实时感知系统,实现对教学空间环境因子的动态监测与自适应调节,并通过人工智能算法优化网络资源分配、能耗管理与风险感知能力。其二,加强平台的集成性与互操作性,包括:通过强制推行单点登录(Single Sign-On, SSO)机制与标准化 API 接口,实现核心平台的数据深度互操作,打通数据壁垒,推进数字系统间的语义互通与功能联动,保障跨平台用户体验的一致性及业务流程的无缝衔接,推动平台从“信息孤岛”走向集成化数字学习生态系统。其三,支持融合学习空间形态创新,包括:通过物理空间的混合式教学范式适应性改造(如高保真互动系统、模块化家具布局及协作讨论区等)和增强数字学习空间的多模态教学临场感,支撑教学的全场景贯通,建构线上线下深度融合的全场景学习体系。其四,构建系统化的安全防线与伦理规范体系,包括:通过部署数据加密、访问控制和灾难恢复等技术手段,全面增强网络安全韧性;严格遵循 GDPR(General Data Protection Regulation)等国际标准,制定完善的数据隐私保护政策,建立常态化的网络安全教育机制和数据素养培训体系,持续提升各方主体的合规意识和风险防范能力。其五,建构数字包容性生态促进教育公平,包括:通过强制实施无障碍设计标准 WCAG(Web Content Accessibility Guidelines)与专项支持计划(设备共享、网络补贴、技能赋能),系统性消弭弱势群体在数字接入、资源获取和能力发展维度的结构性壁垒,实现技术赋能与教育公平的协同进化(European Commission, 2021)。

(二)主体发展路径:赋能师生,构建数字时代的核心能力体系

主体发展路径聚焦于通过系统性能力建构,全面提升学习者与教育者的数字素养、技术适应性和创新潜能,激发主体在数字化生态的能动性和实践能力(孙洪兆, 2024)。该路径的实施框架涵盖四维协同机制:

其一,建立常态化、多层次、伴随式的教师专

业发展体系,系统赋能教师队伍。这包括:依托教学发展中心,提供涵盖数字教学法创新、在线课程设计(结合 UDL、CoI 等理论)、学习数据分析解读、AI 工具教学应用、在线互动引导策略等培训与咨询服务;组建跨学科的教师学习共同体,并通过修订教师评价体系与激励机制(职称晋升、工作量核算等),强化对数字化教学实践的价值认同与创新支持。其二,学生数字核心素养的课程嵌入,包括:将信息素养、数据素养、计算思维、AI 伦理、网络协作和数字安全等能力指标显性融入学科课程与通识教育体系,采用项目式学习、探究式学习等实践导向的教学模式,辅以数字技能工作坊与模块化在线资源库,构建“知识习得—能力迁移—场景应用”的素养发展闭环。其三,培育生态化自主学习与终身学习能力,包括:借助数字平台的个性化支持功能(学习路径规划、目标管理、进度监控与反思工具),接入 MOOCs 等开放资源,构建“自主探究—社群互动—文化浸润”的学习范式,促进学习者从知识消费者向自我导向型学习者转型。其四,提升服务人员的专业能力,包括:针对图书馆员、IT 技术人员、实验教师和行政管理人员开展定制化培训(涵盖平台运维、教学模式解析、数据处理和用户服务优化),强化其数字化生态的技术支撑与协同服务能力,形成全员参与的数字化转型支持网络。

(三)资源管理路径:汇聚、共享、创新数字教育资源生态

资源管理路径的目标是构建内容优质、形态多元、开放共享且兼具智能管理与数据驱动特征的动态数字资源生态系统(许乐乐等, 2025),其实现路径涵盖四维协同机制:

其一,机构层级的优质数字资源库体系化建设,包括:通过制定资源开发标准与战略规划,重点支持交互式课件、虚拟仿真实验、教育游戏等高阶原生资源的自主研发与外部引进,并依托统一资源管理平台实现校内自建资源、授权资源与开放教育资源的整合、规范化管理与多维度评价。其二,区域开放教育生态的协同推进。这包括:依托明确的开放教育资源政策框架(涵盖资源采用、改编、创作与共享机制),配套提供开放教育资源开发工具链、版权协议咨询及分布式发布平台,同时通过跨

机构联盟构建与协同共建项目, 促进资源流通与知识生产的网络化协作。其三, 资源管理智能化的技术赋能与推荐, 包括: 通过精细化元数据标准设计与人工智能技术深度融合, 实现资源的自动化标签标注、知识图谱动态构建及基于学习行为画像的个性化推荐, 同步建立资源使用效能追踪系统(包括学习成效关联分析与用户反馈机制), 形成“需求感知—精准供给—效果评估—迭代优化”的数据驱动闭环。其四, 数据资产的战略化治理与价值增值。这包括: 通过制定严格的数据治理政策(覆盖采集、存储、分析和应用的合规性、安全性与透明度), 构建安全可控的学习数据仓库与智能分析平台, 将多模态数据(如资源交互行为、学习路径偏好、知识掌握图谱)转化为优化教学资源、改进教学模式与支持服务学习者的循证决策依据, 最终实现资源生态的自我进化与可持续发展(Li et al., 2024)。

(四) 机制创新路径: 重塑教学、评价、管理流程, 激发内生动力

机制创新路径旨在通过系统性流程重构与制度调适, 突破传统教育模式的刚性约束, 构建灵活高效、以学习者为中心且能持续激发师生内源性动力的数字化运行体系(Pelletier, 2021)。其核心实施框架包含四维联动机制: 一是教学流程的范式重构与个性化适配, 即通过院系试点推广循证教学范式, 同步改革学分认定、弹性选课和排课机制, 为多元化学习路径与弹性学制提供制度保障; 二是建立以学习者为中心的多元过程化评价与反馈机制, 即以“评价即学习”(assessment as learning)为核心理念, 构建融合形成性评价、过程性评价与表现性数值化的多元化评价体系, 引入人工智能驱动的反馈优化与学术诚信风险预警技术, 强化评价结果对学习改进的赋能价值; 三是构建结构化的互动生态与学习共同体, 即在课程设计中系统性嵌入同步/异步互动环节, 依托论坛、虚拟小组空间和沉浸式会议工具构建高粘性、高参与度的在线学习社群, 通过规范化的互动协议与激励机制促进知识建构与社会化学习; 四是构建敏捷治理与动态质量保障机制, 即以实时学习数据分析为基础, 建立覆盖教学全流程的动态质量监测与风险预警系统, 推动跨部门协同治理以快速响应数字化转型的制度性

障碍, 同时通过周期性政策审查与师生参与式改进机制, 实现管理规则的持续迭代并激发内生动力, 最终形成“需求感知—敏捷响应—效能验证—规则进化”的闭环治理生态。

#### [参考文献]

- [1] 本刊编辑部(2023). 九位院士、校长谈“人工智能赋能高等教育”——“‘人工智能赋能教育’中国工程科技论坛”会议综述[J]. 西安交通大学学报(社会科学版), 43(3): 1-15.
- [2] Pelletier, K., Brown, M., Brooks, D. C., ... Mondelli, V. (2021). 2021 EDUCAUSE horizon report: Teaching and learning edition [EB/OL]. [2021-04-26]. <https://library.educause.edu/resources/2021/4/2021-educause-horizon-report-teaching-and-learning-edition>.
- [3] European Commission. (2021). Digital education action plan 2021-2027[EB/OL]. [2020-09-30]. <https://education.ec.europa.eu/focus-topics/digital-education/action-plan>.
- [4] 邱昆, 刘丙利(2023). 高等教育数字化转型的空间逻辑: 在场、样态及实践[J]. 中国电化教育, (7): 61-68.
- [5] 阚阅, 刘林佳(2025). 向数字契约迈进: 联合国教科文组织推动高等教育数字化转型的价值理念、行动机制与实践经验[J]. 河北师范大学学报(教育科学版), 27(3): 63-72.
- [6] 李永智, 秦琳, 康建朝, 张永军(2023). 数字教育赋能教育强国的国际观察[J]. 电化教育研究, 44(11): 12-19.
- [7] 梁恒贵, 肖菊(2024). 以高等教育数字化转型赋能教育强国建设[J]. 贵州社会科学, (8): 109-116.
- [8] 李铭, 韩锡斌, 李梦(2022). 高等教育教学数字化转型的愿景、挑战与对策[J]. 中国电化教育, (7): 23-30.
- [9] Li, M., Cheng, J., & Han, X. (2024). Digital transformation of higher education teaching and learning: Research report[EB/OL]. [2022-05-01]. <https://en.ichei.org/dist/index.html#/publicationDetail?nid=27&pid=8&cid=89>.
- [10] 尚俊杰, 李秀晗(2023). 教育数字化转型的困难和应对策略[J]. 华东师范大学学报(教育科学版), 41(3): 72-81.
- [11] 世界慕课与在线教育联盟秘书处(2024). 世界高等教育数字化发展报告[J]. 中国教育信息化, 30(1), 6-17.
- [12] 肖广德, 王者鹤(2022). 高等教育数字化转型的关键领域、内容结构及实践路径[J]. 中国高教研究, (11): 56-63.
- [13] 本刊编辑部(2023). 教育部高等教育司: 全面推进高等教育教学数字化[J]. 中国教育信息化, 28(3): 4.
- [14] 孙洪兆(2024). 教育强国建设背景下数字赋能师范生核心素养培养研究[J]. 教师教育研究, 36(2): 45-53.
- [15] 王健, 蔡国春(2024). 高等教育数字化转型的推进逻辑、问题透视与实践进路[J]. 中国教育信息化, 30(8): 41-51.
- [16] 许乐乐, 彭泽平(2025). 数字技术赋能高等教育可持续发展: 要义指向与推进方略[J]. 高教探索, (1): 38-47.
- [17] World MOOC and Online Education Alliance(2023). 高等教育数字化变革与挑战[J]. 中国教育信息化, 29(1): 44-60.
- [18] 张敏, 姜强, 赵蔚(2024). 数字化转型赋能高等教育高质量发展

展——基于 TOE 框架的组态路径分析 [J]. 电化教育研究, 45(3): 54-61.

[20] 祝智庭, 胡姣(2022). 教育数字化转型的本质探析与研究展

[19] 张强, 吴易林(2022). 以评促“转”: OECD 高等教育数字化

望 [J]. 中国电化教育, (4): 1-8+25.

转型的顶层架构与实践举措 [J]. 中国高教研究, (7): 22-29.

(编辑: 李学书)

## The Four-Dimensional Reconstruction Theory: Empowering the Development of a New Digital Higher Education Ecosystem

YANG Dingzhong<sup>1</sup> & HU YAN<sup>2</sup>

(1. Undergraduate College, South-Central MinZu University, Wuhan 430074, China; 2. School of Education, South-Central MinZu University, Wuhan 430074, China)

**Abstract:** *The digital technology revolution and comprehensive digital transformation profoundly reshape the ecosystem of higher education. However, existing research primarily concentrates on fragmented applications of digital technologies, lacking a systematic explanation of their holistic and transformative logic. In response, this study constructs a four-dimensional theoretical framework of "Environment–Agency–Resources–Mechanism" to systematically analyze the generative logic and implementation pathways of higher education ecosystems under comprehensive digital empowerment. The framework elucidates the overarching impact and internal evolutionary mechanisms of comprehensive digitalization on higher education. Anchored in connectivity, data-informing, and intelligence as core catalysts of digital empowerment, the framework explicates the logic of their deep integration and systemic penetration within higher education. The study illustrates and clarifies their functional mechanisms in structural reconstruction, functional reinvention, and ecological reconfiguration. The study finds that comprehensive digitalization through a multi-dimensional technological support, capacity generation, and institutional-cultural adaptation, stimulates effectively the endogenous momentum and systemic leap of strategic transformation in higher education. The research offers a systematic theoretical paradigm and an ecological reconstruction pathway for the digital transformation in education.*

**Key words:** *comprehensive digitalization; emerging higher education ecosystem; four-dimensional EARM framework; systemic reform; strategic transformation pathon*