

超越沉浸：基于认知负荷理论的 XR 企业培训技能转化机制研究

许可

(江苏苏州 华为技术有限公司苏州研究所 215123)

摘要：

随着企业培训数字化转型步伐加快，扩展现实（XR）技术因其高度沉浸、强交互特性，成为提升员工学习体验与技能掌握率的重要工具。然而，当前实践中仍存在沉浸感与实际技能转化脱节的问题。基于认知负荷理论与注意力资源模型，本文提出沉浸感、注意力集中与技能内化之间的链式中介机制，系统探讨 XR 培训绩效提升路径。通过对 287 名实际参与 XR 培训的企业员工进行实证调查，采用结构方程模型与多组调节分析方法，验证了沉浸感通过注意力维持正向促进技能转化率的机制作用，同时认知负荷水平对上述关系产生显著调节效应。研究表明，沉浸式体验需合理管理认知负荷，激发并维持学习者注意力资源，才能实现有效技能转化与绩效提升。本研究丰富了沉浸式学习与技能内化理论体系，并为企业优化 XR 培训系统设计提供了实践参考。

关键词：

XR 培训；沉浸感；注意力资源；技能内化；认知负荷管理；绩效提升

一、研究背景与问题提出

1. 企业培训数字化转型趋势概览

随着技术发展与市场环境变化，企业培训呈现出数字化、智能化、个性化的新趋势。传统线下课堂式培训因参与度低、转化效率差而逐渐失去优势，取而代之的是以虚拟现实（VR）、增强现实（AR）与混合现实（MR）为基础的扩展现实（XR）培训系统。根据 PwC（2023）报告，采用 XR 技术进行培训的企业员工学习速度平均提高了 4 倍，学习投入度提高了 3 倍，错误率下降了 40%。

2. XR 技术赋能培训的优势与实践局限

XR 培训通过沉浸式场景模拟、多感官刺激与实时互动反馈，大幅提升了学习体验与情境真实感。然而，实践中也暴露出明显局限：部分 XR 培训项目虽能激发强烈沉浸体验，却未能有效促进知识掌握与技能转化，存在体验与学习成果脱节的问题。这一现象引发了对沉浸体验本身是否能够直接提升学习效果的质疑。

3. 培训沉浸体验与实际技能转化率失衡问题

沉浸感作为体验质量的重要指标，固然能够提升学习兴趣与情感投入，但如果忽视了学习者认知负荷管理与注意力资源分配，过度沉浸反而可能造成信息处理过载，降低学习效果。当前关于沉浸感、注意力维持与技能转化关系的研究仍较为零散，缺乏系统路径机制解释，亟需深入探讨三者之间的动态作用关系。

4. 研究问题界定：沉浸感、注意力维持与技能内

化的关系机制

针对上述问题，本文聚焦以下研究问题：

（1）沉浸感能否通过激活与维持学习者的注意力资源，进而促进技能的有效转化？

（2）注意力资源在沉浸体验与技能转化之间是否起中介作用？

（3）认知负荷水平对沉浸感、注意力与技能转化链条关系是否产生调节效应？

通过系统建模与实证检验，本文旨在构建沉浸体验驱动技能转化的认知行为机制框架，为企业 XR 培训优化提供理论依据与实操指引。

二、理论基础与模型构建

1. XR 沉浸体验机制综述

（1）感官整合与临场感理论

沉浸体验的核心在于感官整合与临场感激发。Slater 与 Wilbur（1997）提出，临场感指个体在虚拟环境中感受到“在场”的心理状态，受到感官刺激丰富性、环境交互性与感知一致性的综合影响。XR 技术通过多模态输入（视觉、听觉、触觉）和环境实时响应，能够显著增强用户的感知真实性，从而形成强烈的沉浸感。

（2）主动交互对认知参与的促进作用

与传统被动学习不同，XR 培训环境强调主动交互，如手势控制、空间导航与任务模拟。根据 Deci 与 Ryan（1985）的自我决定理论，主动参与能够激

发内在动机，增强认知投入与学习参与度。交互性不仅提升体验沉浸深度，还通过增强自主感与掌控感，促进注意力集中与任务专注。

2. 认知负荷理论视角

(1) 内在负荷、外在负荷与相关负荷概念

Sweller (1988) 提出，学习过程中个体认知资源有限，需合理分配于信息处理任务。内在负荷源于学习内容本身的复杂性，外在负荷来自呈现方式的干扰，相关负荷则指促进学习的认知资源投入。沉浸式 XR 环境若设计不当，可能因界面复杂、信息冗余而增加无关外在负荷，干扰学习效果。

(2) 沉浸式内容对认知负荷分配的影响

高沉浸体验虽能提高感知丰富性，但若未控制信息量与交互复杂度，易导致学习者认知负荷超载。负荷过高时，学习者难以维持集中注意力进行有效编码与理解，技能转化率随之下降。因此，在 XR 培训中，沉浸感提升需与认知负荷管理同步优化。

3. 注意力资源理论

(1) 注意力资源有限性模型

Kahneman (1973) 指出，注意力是一种有限资源，需在多任务与多刺激环境中动态分配。沉浸式环境通过刺激丰富性激发注意力集中，但若刺激设计失衡，则可能导致注意力资源耗散，降低对关键信息的加工深度。

(2) 沉浸环境中注意力维持与转移动态分析

在高沉浸 XR 场景中，学习者初期易进入集中状态，但随体验时间延长或任务复杂度升高，注意力易出现波动或分散现象。有效的沉浸式培训需通过情节设计、交互反馈与节奏控制，动态维持学习者注意力在核心任务上的持续集中。

4. 技能内化过程建模

(1) 认知—联结—自动化三阶段理论

根据 Anderson (1982) 的认知技能理论，技能掌握分为认知阶段（理解规则）、联结阶段（通过练习巩固）、自动化阶段（形成条件反射式应用）。XR 培训通过沉浸体验与高频交互，可加速从认知到联结的过渡过程，促进技能内化。

(2) 沉浸体验对技能内化路径的作用机制推导

沉浸感提升学习动机与参与度，促进信息编码效率；注意力集中加强关键信息加工深度；认知负荷合理管理保证资源分配优化。这三者协同作用，加速技能在脑内从知识结构到应用能力的转化，实现学习成果向实际工作绩效的有效迁移。

5. 研究假设与理论模型构建

(1) 假设 H1: 沉浸感水平正向影响注意力集中

水平。

(2) 假设 H2: 注意力集中水平正向影响技能转化率。

(3) 假设 H3: 认知负荷水平对沉浸感与注意力关系产生调节作用，高认知负荷弱化沉浸感对注意力的积极影响。

(4) 假设 H4: 沉浸感通过注意力集中水平的中介作用，间接正向影响技能转化率，且该链式路径受认知负荷水平调节。

基于以上假设，构建如下研究理论模型：

沉浸感 → 注意力集中 → 技能转化率

(认知负荷水平调节沉浸感与注意力集中之间的路径强度)

三、研究设计与方法论

1. 研究模型与变量定义

(1) 沉浸感

沉浸感作为自变量，依据 Witmer 与 Singer (1998) 提出的沉浸体验量表进行测量，结合 XR 培训特点细化为以下三个维度：

感官沉浸 (Sensory Immersion)：感知环境丰富性与细节真实度；

心理沉浸 (Psychological Immersion)：体验过程中个体对虚拟情境的心理认同感；

交互沉浸 (Interactive Immersion)：用户与虚拟环境交互的自由度与自然性。

各维度各设置 4 个测量项目，采用 5 点评分 (1=非常不同意，5=非常同意)。

(2) 注意力维持

注意力维持作为第一个中介变量，采用专注度 (Focus Intensity) 与干扰抑制能力 (Distraction Inhibition) 两个维度测量：

专注度：在体验过程中持续关注核心任务的能力；

干扰抑制能力：面对多重刺激时筛选关键信息并屏蔽无关干扰的能力。

各维度设置 3 个测量项目，5 点评分。

(3) 技能转化率

技能转化率作为因变量，通过以下两方面评估：

应用频次：学习内容在实际工作中被应用的频率；

应用正确率：学习内容应用时的正确性与熟练度。

采用任务模拟测试与主管评价结合方式测量，标准化得分转换为连续变量。

(4) 认知负荷水平

认知负荷作为调节变量，依据 Paas (1992) 主观负荷量表进行测量，包括：

内在负荷 (Intrinsic Load): 任务本身难度感知;
外在负荷 (Extraneous Load): 界面复杂度与信息呈现方式对认知的干扰感受。

每个维度设置 4 个项目, 5 点评分。根据得分进行高负荷组与低负荷组划分。

2. 样本选取与实验设计

(1) 受试对象

选取实际使用 XR 培训系统的企业员工为研究对象, 覆盖制造、医疗、能源、物流等行业。筛选标准包括:
至少完成一个完整 XR 培训课程;

培训主题为操作技能类或流程认知类任务;

体验时长累计超过 30 分钟。

共发放问卷 312 份, 剔除作答不规范与体验时间不足样本, 最终获得 287 份有效数据。

(2) 培训场景设定

选取具有标准化任务结构的培训模块作为研究场景, 如:

制造业: 设备装配与故障排除流程训练;

医疗行业: 基础手术操作模拟;

能源行业: 高压电力检修安全培训。

所有培训模块均采用 XR 系统进行场景构建与任务引导, 保证体验一致性与数据可比性。

3. 数据收集方法

(1) 沉浸体验与注意力数据

采用自陈式问卷结合部分行为数据收集:

沉浸感、注意力集中自评问卷;

部分样本采集注视时间、交互频率等辅助行为数据作为注意力集中验证。

(2) 技能转化数据

通过两种方式综合评估:

培训结束后一周内, 安排标准化任务测试, 测量应用频次与正确率;

三个月内由直接上级进行实际工作表现评分, 评估技能应用效果。

4. 数据分析方法

(1) 描述性统计与相关性分析

使用 SPSS 27.0 对各主要变量的均值、标准差、偏度、峰度及相关系数进行初步检验, 验证数据基本分布特征与变量间初步关联。

(2) 结构方程模型 (SEM) 检验

使用 AMOS 24.0 进行结构方程建模与路径分析, 验证沉浸感→注意力集中→技能转化链式路径的显著性与方向一致性。

(3) 链式中介效应检验

采用 Bootstrapping 方法 (5000 次重复抽样,

95% 置信区间) 检验注意力集中在沉浸感与技能转化之间的中介作用。

(4) 认知负荷分组调节效应检验

依据认知负荷得分将样本划分为高负荷组与低负荷组, 分别进行多组 SEM 分析, 比较路径系数变化, 检验认知负荷的调节效应。

四、实证结果与机制验证

1. 样本基本特征与变量初步分析

(1) 样本基本特征

在 287 份有效样本中, 性别分布为男性 54.0%、女性 46.0%; 年龄分布以 25-34 岁为主, 占 58.2%; 行业分布方面, 制造业占 35.9%, 医疗行业占 26.8%, 能源行业占 19.2%, 物流行业占 18.1%。受访者整体学历水平较高, 本科及以上学历占比 82.5%。

(2) 变量描述性统计与相关性分析

各主要变量的均值、标准差及相关系数如下:

沉浸感均值为 3.84, 标准差 0.58;

注意力集中均值为 3.72, 标准差 0.62;

技能转化率均值为 3.69, 标准差 0.60;

认知负荷 (总量) 均值为 3.15, 标准差 0.65。

沉浸感与注意力集中呈显著正相关 ($r=0.61$, $p<0.001$), 注意力集中与技能转化率亦呈显著正相关 ($r=0.64$, $p<0.001$), 沉浸感与技能转化率之间也存在显著正相关 ($r=0.55$, $p<0.001$)。

2. 信效度检验与模型拟合度评估

(1) 信度检验

各量表的 Cronbach's α 系数均高于 0.85, 具体如下:

沉浸感: 0.913

注意力集中: 0.897

技能转化率: 0.886

认知负荷: 0.879

表明各潜变量具有良好的内部一致性。

(2) 效度检验

通过确认性因子分析 (CFA), 各潜变量的 AVE 值均大于 0.6, CR 值均大于 0.85, 聚合效度良好; 潜变量间的平方根 AVE 值均大于其与其他潜变量的相关系数, 区分效度良好。

(3) 模型拟合度评估

结构方程模型的主要拟合指标如下:

$\chi^2/df = 2.086$ (小于 3, 良好)

CFI = 0.959 (大于 0.95, 优秀)

TLI = 0.951 (大于 0.95, 优秀)

RMSEA = 0.041 (小于 0.05, 优秀)

SRMR = 0.037 (小于 0.08, 良好)

整体模型拟合优度优秀, 理论模型与实际数据高度吻合。

3. 假设路径检验结果

各路径标准化系数及显著性检验结果如下:

沉浸感 → 注意力集中: $\beta=0.59$, $p<0.001$

注意力集中 → 技能转化率: $\beta=0.62$, $p<0.001$

沉浸感 → 技能转化率 (直接效应): $\beta=0.22$, $p<0.01$

全部假设路径显著且方向与预期一致, 验证了沉浸感通过注意力集中正向影响技能转化率的链式传导机制。

4. 中介效应与调节效应分析

(1) 链式中介效应检验

通过 Bootstrapping (5000 次抽样) 方法检验注意力集中的中介效应:

间接效应估计值 (沉浸感→注意力集中→技能转化率) 为 0.37, 95% 置信区间 [0.29, 0.46], 不包含零, 间接效应显著。

表明沉浸感对技能转化率的影响主要通过注意力集中这一中介机制实现。

(2) 认知负荷分组调节效应检验

将样本按认知负荷得分中位数划分为高负荷组与低负荷组, 分别进行路径分析, 结果如下:

低认知负荷组中, 沉浸感对注意力集中的路径系数为 $\beta=0.68$ ($p<0.001$);

高认知负荷组中, 路径系数下降为 $\beta=0.48$ ($p<0.001$)。

组间路径系数差异检验结果显示 $\Delta\chi^2=7.21$ ($p<0.01$), 差异显著。

说明认知负荷水平在沉浸感影响注意力集中过程中具有显著调节作用, 负荷过高会削弱沉浸体验激活注意力的积极效果。

5. 不同认知负荷水平下的路径差异性探讨

进一步比较技能转化率的影响路径发现:

低负荷组中, 沉浸感→注意力集中→技能转化率的链式路径强度明显高于高负荷组;

高负荷组体验者尽管沉浸感得分不低, 但因认知资源耗散严重, 注意力集中度与技能内化水平均显著下降。

这一结果提示, 在 XR 培训设计中, 仅追求沉浸感提升不足, 必须同步进行认知负荷管理与注意力资源保护, 才能最大化技能转化效果。

五、案例剖析与应用实践观察

1. 企业案例一: 制造业公司 X 的 XR 技能训练体系优化

(1) 背景与实施过程

制造业公司 X 于 2023 年引入 XR 技术用于生产线操作技能培训, 主要培训内容包括复杂机械设备的组装、检修与安全操作流程。初期设计的 XR 培训模块注重感官冲击与场景真实性, 投入大量资源打造高精度虚拟环境。

(2) 问题与调整

尽管初期员工反馈体验新颖、趣味性强, 但实际技能测试通过率仅为 62%, 明显低于传统培训模式的 70%。通过内部分析发现, XR 培训场景过度复杂, 任务指引与反馈机制不明确, 导致学习者认知负荷过高, 注意力分散严重, 技能掌握效果差。

为此, 公司对 XR 培训体系进行了系统优化:

简化视觉场景, 突出关键任务元素;

分阶段呈现学习内容, 降低一次性认知负荷;

增加即时反馈与提示, 强化注意力集中。

优化后, 技能测试通过率提升至 81%, 员工培训满意度也明显提高。

(3) 启示总结

沉浸式体验的质量不仅取决于场景真实度, 更取决于能否有效引导注意力资源配置与认知负荷分配。合理设计交互频次、信息密度与反馈机制, 是提升 XR 培训技能转化效果的关键。

2. 企业案例二: 医疗行业 Y 公司的 XR 手术模拟培训效果追踪

(1) 背景与实施过程

医疗行业 Y 公司采用 XR 技术为新入职外科医生提供基础手术流程培训, 训练项目包括无菌操作、切口缝合与器械使用规范。培训模块设计以高度还原实际手术环境为目标, 加入了多感官反馈 (如触觉反馈、空间音效)。

(2) 效果评估与发现

通过 6 个月跟踪数据显示, 参训医生在实际手术室中的操作错误率较传统培训组下降了 35%, 平均技能掌握周期缩短了 23%。进一步分析表明:

参训医生在 XR 培训期间注意力集中得分显著高于对照组;

体验满意度与沉浸感得分呈正相关, 但与技能掌握率的直接相关性不如注意力集中度高。

(3) 经验提炼

在高风险行业中, XR 培训的有效性关键在于提升学习者对核心技能流程的注意力锁定程度, 而非单

纯追求体验炫酷与感官刺激。培训内容应聚焦任务本质，合理控制感官负荷，促进知识编码与技能形成。

3. 成功与失败案例对比提炼关键影响因素

通过案例对比可以归纳出沉浸式 XR 培训成功的三个关键条件：

(1) 认知负荷管理到位

设计过程中精准区分内在负荷与外在负荷，控制无关信息干扰，确保学习资源集中于关键任务。

(2) 注意力维持机制设计科学

通过任务分阶段、即时反馈、沉浸节奏控制等手段，有效维持学习者的注意力集中度，避免注意力漂移与认知疲劳。

(3) 技能转化指标导向明确

培训目标必须从一开始即聚焦于具体技能掌握与应用指标，确保体验设计服务于学习转化，而非仅满足体验层面的娱乐性需求。

这一系列实践观察与案例分析进一步验证了本文提出的沉浸感—注意力—技能转化链式机制模型的有效性，为后续 XR 培训系统的优化提供了系统参考。

六、综合讨论与理论贡献

1. 沉浸体验与注意力资源管理的动态关系机制

本研究揭示了沉浸感与注意力资源之间的动态关系，明确了沉浸式体验并非单一线性地提升学习效果，而是通过激发并维持注意力集中，间接推动技能内化。沉浸感作为外部体验触发器，必须与内部认知资源管理同步匹配，否则沉浸体验可能导致资源耗散，削弱学习效能。

这一发现补充了沉浸体验领域的认知过程研究，拓展了以往仅关注用户情感体验与满意度的研究视角，强调了沉浸体验对认知资源调动与分配机制的重要性。

2. 认知负荷调节在沉浸式培训中的重要作用

通过多组调节效应分析，本研究证实了认知负荷水平在沉浸体验与注意力维持关系中的显著调节效应。高认知负荷条件下，沉浸感对注意力集中的正向作用被削弱，进而影响技能转化率。这一发现强调了在设计 XR 培训内容时，合理控制信息复杂度与交互任务负荷的重要性。

认知负荷管理不仅是提高学习效率的保障，也是沉浸体验向实际学习成果转化的关键枢纽。未来沉浸式培训设计需要更细致地考虑信息呈现方式、交互逻辑与认知资源负载平衡。

3. 技能内化路径模型对未来企业培训设计的理论指导意义

基于认知—联结—自动化三阶段理论，本研究提出并验证了沉浸感—注意力集中—技能转化的链式路径机制，系统性描绘了沉浸式体验如何驱动技能学习与迁移的内部认知过程。

与传统经验总结式的培训优化方法不同，本文模型提供了一个具有理论基础与实证支持的认知行为框架，为企业未来进行 XR 培训内容设计、流程优化与效果评估提供了系统化理论指导。

4. 对沉浸式学习与体验经济理论的扩展

传统体验经济理论（Pine & Gilmore, 1999）强调体验质量对用户满意度与忠诚度的影响，但较少涉及体验与认知学习成果的直接关联。本研究通过引入认知负荷与注意力资源视角，补充了体验经济理论在教育培训与技能转化应用领域的理论空白。

同时，本研究也对沉浸式学习（Immersive Learning）概念进行了深化界定，指出沉浸体验的真正价值不仅在于感官沉浸与情绪激发，更在于通过认知调动与资源优化，促进知识结构的稳固与技能的自动化迁移。

5. 多行业应用场景下的普适性验证与推广意义

本研究涵盖了制造业、医疗、能源与物流等多个行业场景，实证结果在不同领域均表现出较好的一致性与稳健性，说明沉浸体验驱动技能转化的认知机制具有一定的跨行业普适性。

这一发现为 XR 培训技术的行业扩展提供了信心支撑，同时也提示未来不同领域可基于相同理论框架，结合各自行业特性，定制化优化 XR 培训设计，提升整体人力资源效能与组织绩效水平。

七、管理启示与优化建议

1. 沉浸式内容设计中的认知负荷平衡策略

在 XR 培训内容设计过程中，应充分考虑学习者的认知负荷承载能力。具体策略包括：

(1) 任务分解与阶段推进

将复杂任务细分为若干子任务，按照认知负荷渐进原则逐步呈现，避免一次性输入大量信息造成认知超载。

(2) 界面简化与关键信息突出

减少视觉杂讯与无关元素干扰，强化核心操作区域与关键信息提示，确保学习者注意力集中在主要学习目标上。

(3) 交互密度合理控制

设计交互环节时，控制必要交互频率，避免因频繁无关操作打断认知加工过程，降低学习效率。

2. 注意力维持机制的融入与监控

沉浸式培训系统需要在体验设计中主动融入注意力维持机制，并通过技术手段进行实时监测与动态干预。

（1）引入阶段性反馈与成就系统

通过即时正向反馈与小阶段目标激励，提升学习者持续专注动力，增强任务投入感。

（2）动态注意力监控与提示机制

结合眼动追踪、视线滞留、交互响应时间等指标，实时判断注意力状态，并在注意力涣散时给予友好提示或调整节奏，延长专注时间。

（3）任务节奏与情境变化管理

在长时间训练模块中，合理安排节奏变化与情境切换，防止单一任务造成的认知疲劳与注意力衰减。

3. 培训系统从体验导向向成果导向转型路径

当前部分 XR 培训项目过度追求体验感官刺激与场景炫酷，而忽视了学习成果的实际转化。为此，需要推动培训系统由体验导向向成果导向转型。

（1）以技能转化为核心指标设计培训路径

在培训模块设计初期即明确对应的知识点掌握与技能应用目标，所有体验内容均需围绕成果达成进行反向推导与验证。

（2）建立标准化技能评估体系

培训结束后，设置标准化的应用测试与岗位胜任力评估，量化技能转化效果，作为培训系统迭代优化依据。

（3）引入个性化适应机制

根据学习者基础能力、注意力维持特性与认知负荷承受水平，动态调整内容呈现速度与难度，实现个性化精准培训。

4. 不同行业 XR 培训内容的定制化优化建议

根据行业特性，应定制化调整 XR 培训系统的沉浸设计与认知资源管理策略：

（1）制造业与能源行业

重点强化操作规范与流程标准化训练，突出动作记忆与流程自动化；沉浸环境应减少无关背景元素，聚焦于工具操作与流程关键节点。

（2）医疗行业

注重手术流程的细节精度与感知反馈，如触觉模拟与力反馈优化；交互设计需兼顾高沉浸感与低认知干扰，强化流程稳定性训练。

（3）物流与服务行业

强化空间认知与应急处理能力训练，提升操作灵活性与应变反应；体验场景设计应包含突发状况模拟，培养高压情境下的注意力集中与动作准确率。

通过针对性优化 XR 培训内容与设计逻辑，不同

行业均可实现体验效果与技能转化的双提升，最大化沉浸式技术赋能人力资源发展的实际价值。

八、研究局限与未来展望

1. 样本行业集中度局限

尽管本研究涵盖了制造业、医疗行业、能源行业与物流行业的 XR 培训案例，但仍主要集中于对操作技能与流程规范要求较高的领域。对于金融、教育、文创等以认知性与创意性任务为主的行业，XR 培训的应用特征与技能转化机制可能存在差异，尚需进一步扩展样本类型，以增强研究结论的广泛适用性与解释力。

2. 实验环境与实际工作场景的异质性问题

本研究基于受控实验环境与标准化任务设计收集数据，与实际工作场景存在一定差异。真实工作环境中，任务复杂性更高、干扰因素更多，学习者的情绪状态与动机水平亦存在波动。这种环境异质性可能导致沉浸体验、注意力集中与技能转化过程呈现不同特征。未来研究可采用情境模拟更为真实的实地实验，提升研究外部效度。

3. 后续可引入生理数据进行注意力客观测量

本研究主要依赖自陈量表与部分行为数据（如注视时间）评估注意力集中水平，存在一定主观偏误。未来可引入更多客观生理指标，如心率变异性（HRV）、脑电活动（EEG）与瞳孔直径变化，实时监测学习者注意力状态变化，提升注意力资源动态评估的精准性与动态性。

4. 深化纵向追踪研究，捕捉技能内化与长期绩效提升过程

技能转化不仅是短期学习效果的体现，更关乎长期职业绩效与工作行为的持续改善。本研究采用短期测试与上级评价收集技能转化数据，未来可进一步设计纵向追踪研究，监测学习者在 3 个月、6 个月甚至 12 个月后的实际工作表现变化，捕捉沉浸体验驱动技能内化与稳定迁移的全过程，为 XR 培训技术的长期价值评估提供更坚实的实证依据。

通过克服以上局限并拓展研究设计，未来有望更加全面、系统地揭示沉浸式 XR 培训在不同情境、不同人群中的应用效果与优化路径，进一步丰富沉浸式学习、认知行为转化与组织绩效提升领域的理论与实践体系。

参考文献

[01]Slater, M., & Wilbur, S. (1997). A

Framework for Immersive Virtual Environments (FIVE): Speculations on the Role of Presence in Virtual Environments. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 6(6), 603–616.

[02] Sweller, J. (1988). Cognitive Load During Problem Solving: Effects on Learning. *Cognitive Science*, 12(2), 257–285.

[03] Kahneman, D. (1973). *Attention and Effort*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.

[04] Anderson, J. R. (1982). Acquisition of Cognitive Skill. *Psychological Review*, 89(4), 369–406.

[05] Deci, E. L., & Ryan, R. M. (1985). *Intrinsic Motivation and Self-Determination in Human Behavior*. New York: Plenum.

[06] Paas, F. (1992). Training Strategies for Attaining Transfer of Problem-Solving Skill in Statistics: A Cognitive-Load Approach. *Journal of Educational Psychology*, 84(4), 429–434.

[07] Witmer, B. G., & Singer, M. J. (1998). Measuring Presence in Virtual Environments: A Presence Questionnaire. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 7(3), 225–240.

[08] Pine, B. J., & Gilmore, J. H. (1999). *The Experience Economy: Work Is Theater & Every Business a Stage*. Boston, MA: Harvard Business Review Press.

[09] PwC. (2023). *Seeing is Believing: How VR and AR Are Transforming Business and the Economy*. PwC Global Report.

[10] Counterpoint Research. (2024). *Enterprise XR Adoption Trends 2024*. Retrieved from www.counterpointresearch.com

[11] 张伟, 李晨. (2023). 扩展现实技术在企业员工培训中的应用与挑战. *科技进步与对策*, 40(14), 112–119.

[12] 王楠, 刘旭东. (2023). 沉浸式体验对学习成果的影响机制研究——基于认知负荷理论视角. *现代远距离教育*, 41(6), 52–61.

[13] 陈思敏, 赵一鸣. (2022). XR 培训系统中的注意力资源管理策略探析. *教育技术研究*, 43(5), 88–96.

[14] 孙倩, 高峰. (2023). 沉浸式学习环境中认知负荷调节方法研究. *远程教育杂志*, 41(4), 74–81.

[15] 赵飞, 王建国. (2023). 沉浸体验、注意力集中与技能掌握关系实证分析——基于 XR 培训案例. *管理科学学报*, 26(9), 134–145.

[16] 胡凯, 徐文博. (2023). 企业数字化培训转型中的沉浸体验优化策略. *中国人力资源开发*, (10), 77–84.

[17] 周阳, 郑志鹏. (2023). 不同行业背景下 XR 培训内容设计差异分析. *软科学*, 37(7), 101–108.

[18] 蒋婧, 黄梓航. (2024). 企业 XR 培训系统的认知负荷优化研究. *企业经济*, (2), 58–65.

[19] 马倩, 刘洪涛. (2023). 技能转化路径视角下沉浸式培训系统优化研究. *教育理论与实践*, 43(8), 45–50.

[20] 高洁, 张凌云. (2024). 沉浸体验技术在组织学习与绩效提升中的应用前沿. *科学学与科学技术管理*, 45(2), 91–99.