

AR/VR 技术何以助力科学教育——基于可视化分析

张润泽 韩云凤

曲阜师范大学

DOI:10.32629/mef.v8i18.17005

[摘要] 通过文献计量与可视化分析,梳理了2001–2024年国内外AR/VR技术在科学教育中的应用。研究发现,AR/VR解决了抽象概念表征、空间认知和实验教学边界问题,形成了“技术特性—认知规律—教育场景”的耦合机制,对学习成效有中等显著影响。国内研究路径为“技术驱动—学科聚焦—应用深化”,国际则遵循“教学策略—学习机制—能力培养”。当前研究面临认知负荷、设备成本和内容标准化的挑战,未来需轻量化技术、跨学科设计和个性化适配,推动技术从工具层面向教育生态层跃迁。

[关键词] AR/VR技术; 科学教育; 可视化分析

中图分类号: G40 文献标识码: A

How AR/VR Technology Can Support Science Education: Based on Visual Analysis

Runze Zhang Yunfeng Han

Qufu Normal University

[Abstract] Through bibliometric and visual analysis, this study reviews the application of AR/VR technology in science education globally and domestically from 2001 to 2024. The research finds that AR/VR addresses issues in representing abstract concepts, spatial cognition, and the boundaries of experimental teaching, forming a coupling mechanism of 'technical features—cognitive principles—educational scenarios,' which has a moderately significant impact on learning outcomes. Domestic research follows the path of 'technology-driven—discipline-focused—application-deepening,' while international research follows 'teaching strategies—learning mechanisms—competency development.' Current research faces challenges such as cognitive load, equipment costs, and content standardization. In the future, lightweight technology, interdisciplinary design, and personalized adaptation are needed to promote the transition of technology from a tool level to an educational ecosystem level.

[Key words] AR/VR technology; science education; visual analysis

引言

在科技飞速发展的时代,科学教育面临挑战。传统教育难以帮助学生直观理解化学分子结构、物理电磁场等抽象概念,限制了空间认知能力培养。实验教学中,高危和高成本实验难以开展,影响学生实践和探索能力,降低了科学学习热情^[1-2]。

VR和AR技术为科学教育带来新希望。VR构建逼真虚拟环境,AR将虚拟信息叠加于真实场景,两者均能直观呈现复杂空间关系,提升学习效果^[3-4]。研究表明,AR技术在教学中效果显著,尤其在植物学教学中,沉浸式虚拟环境能提升学生心流体验和移情能力^[5-6]。然而,部分研究指出,AR技术在降低认知负荷方面效果未达预期。

本文研究“AR/VR技术如何助力科学教育”,通过可视化分析,探讨AR/VR在科学教育中的研究路径和导向,旨在优化其与科学教育场景的融合,提升教育质量,为科学教育的数字化转型

提供理论支撑和实践指导。

1 研究设计

本研究使用中国知网(CNKI)和Web of Science数据库,检索2001–2024年关于VR/AR技术在科学教育中应用的中文和英文文献。中文检索词包括“虚拟现实”或“VR/AR”等,英文检索词为“Virtual Reality”或“Science Education”等。最终筛选出中文文献290篇,英文224篇,并使用CiteSpace进行文献计量分析。

2 数据处理与分析

2.1 时间线分析

时间线视图能够直观呈现AR/VR技术助力科学教育研究的演进脉络,通过追踪关键词聚类随时间的分布与关联,可解析不同阶段的研究重心、技术渗透路径及学科融合趋势。从CNKI时间线图(图1)可见,研究演进分为“技术引入—学科适配—融

合深化”三个阶段：2001-2010年为技术引入期,VR技术占据主导,集中于“虚拟环境构建”和“基础技术探索”,AR技术尚未独立。2011年后进入学科适配期,VR和AR技术分化,与学科教学结合,尤其在化学实验和地理教学中应用增多。2019年后进入融合深化期,技术应用从单一学科转向综合学科,跨学科整合显著增强。

WOS时间线图(图2)展示了“认知机制—学习成效—教育生态”的演进逻辑,强调技术与学习科学融合。初期核心节点为“learning motivation”(#1)和“cognitive load”(#5),研究聚焦AR/VR对学习者的认知负荷调控和动机激发。随后,“learning effective”(#2)和“science education”(#7)聚类快速发展,研究重心转向技术促进作用和学科知识适配性。“environments”(#4)和“inclusive education”(#9)等新热点反映了从技术应用到教育生态重塑的转变。

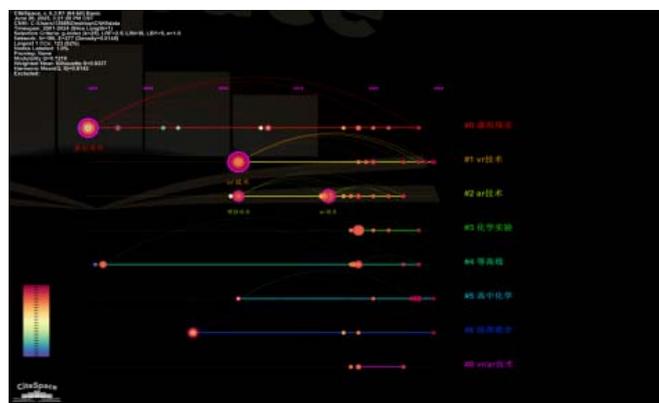


图1 CNKI时间线图



图2 WOS时间线图

2.2 关键词突现分析

从CNKI的突现关键词(图3)可见,国内VR/AR在科学教育中的研究热点呈现“技术驱动—学科聚焦—应用深化”的趋势。早期以“虚拟现实”(2001-2008,强度3.08)为主,关注技术原理和基础应用。随后“增强现实”(2020-2022,强度1.32)和“AR技术”兴起,体现技术应用的扩展。2019年“3D模型”和“地理”突现,显示技术在地理教学中的可视化应用。2020-2021年“实验教学”(强度3.03)突显,表明VR/AR技术在实验教学中

的优势。最新突现的“高中化学”(2023-2024,强度1.39)则反映了技术在化学学科中的深度应用,体现“技术—学科”融合的精准化趋势。

国际研究的突现关键词(图4)强调“教学策略—学习机制—能力培养”。2013-2018年,“instruction”(强度1.69)和“teaching/learning strategies”(强度1.9)表明早期关注AR/VR与教学策略结合。2018-2020年,“environments”(强度3.09)突现,重视虚实融合学习环境设计。2018-2019年,“learning outcome”(强度1.81)、“impact”(强度2.15)聚焦技术对学习成效的影响。2021年后,“visualization”(强度1.66)、“skills”(强度2.17)、“laboratory”(强度1.5)成为核心词,研究转向技术对科学可视化能力、实验技能的培养,预示“能力培养”将是未来核心方向。

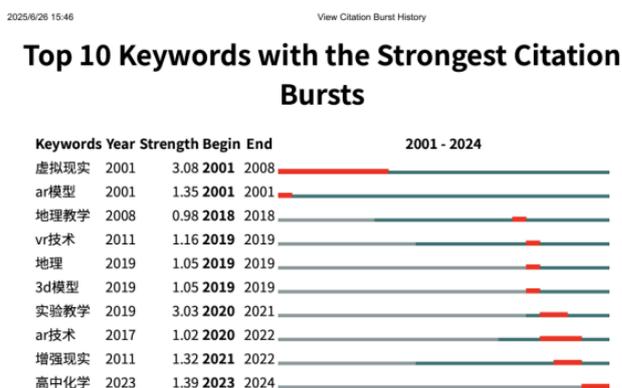


图3 CNKI关键词突现图



图4 WOS关键词突现图

3 结论与讨论

3.1 国内外研究路径存在差异

国内路径侧重“技术—学科场景”的实践落地,从单一学科应用到跨学科整合,体现鲜明的教学改革导向;国际路径:聚焦“技术—学习科学”的理论融合,从认知机制解析到教育生态构建,强调学习本质的回归。

未来研究需整合二者优势,一方面,借鉴国内“学科场景适配”经验,挖掘AR/VR在科学教育中的可视化应用路径;另一方

面,引入国际“学习科学视角”,关注技术对认知负荷、学习动机的影响机制,通过时间线分析揭示技术演进与教育需求的动态适配关系,为科学教育数字化转型提供实践路径与理论支撑的双重依据。

3.2国内外研究导向存在差异

国内突现热点以“技术应用于具体学科场景”为核心,从早期的VR概念导入,到AR在实验教学、高中化学中的精准应用,体现鲜明的实践导向;国际研究则以“技术如何优化学习过程与能力培养”为线索,从教学策略、学习环境到核心技能,形成更完整的理论与实践闭环。

这种差异为AR/VR技术助力科学教育的研究提供了双向启示:一方面需延续国内“学科场景适配”的优势,深化技术在高中化学、地理等学科的精细化应用;另一方面应借鉴国际“能力培养导向”的研究逻辑,加强技术对科学探究能力、空间思维能力等核心素养的影响机制分析,推动技术应用从“形式创新”向“内涵提升”转型。

[课题信息]

山东省社科规划项目研究成果(山东省科学教育学业质量监测及提升路径研究,项目批准号:24CJYJ16)。

[参考文献]

[1]Arici,F.,Yilmaz,M.,& Yilmaz,R.Affordances of Augmented Reality Technology for Science Education: Views of Secondary

School Students and Science Teachers[J]. Human Behavior and Emerging Technologies,(2021),3(5):1153-1171.

[2]陈嘉欣,占小红,杨笑.国内外VR/AR技术在化学教育的应用研究述评——基于可视化的共词分析[J].化学教学,2022,(1):8-13+20.

[3]AZUMA R T.A survey of augmented reality[J].Presence: Teleoperators and Virtual Environments,1997,6(4):355-385.

[4]DUNLEAVY M,DEDE C,MITCHELL R.Affordances and limitations of immersive participatory augmented reality simulations for teaching and learning[J].Journal of Science Education and Technology,2009,18(1):7-22.

[5]MERINO L,SCHWARZL M,KRAUS M,et al.Evaluating mixed and augmented reality: A systematic literature review (2009-2019)[C]//2020 IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality(ISMAR).Porto de Galinhas,Brazil:IEEE,2020:438-451.

[6]乜勇,万文静.增强现实技术能提升学习成效吗?——基于国内外40项实验与准实验研究的元分析[J].现代教育技术,2021,31(02):40-47.

作者简介:

张润泽(2000--),男,汉族,山东人,硕士研究生,曲阜师范大学,研究方向:主要从事化学教学研究。