

不同图片表征方式在科学视频学习中的效果差异及作用机制

Differences in the Effectiveness of Visual Representations in Science Video Learning and Their Mechanisms

方睿¹, 喻邱晨¹, 章仪², 徐珂¹, 杨九民^{1*}

¹ 华中师范大学 人工智能教育学部 湖北 武汉 430079

² 北京师范大学 未来教育学院 广东 珠海 519085

* yjm@mail.ccnu.edu.cn

【摘要】 教学视频在具象化抽象科学现象与复杂模型时, 图片作为核心元素, 其表征方式对优化视频内容呈现和提升科学视频学习效果有关键作用。本研究通过实证研究, 探究呈现维度(二维 vs. 三维)和表现形式(静态三维 vs. 动态三维)对学习者的学习体验、认知负荷与学习效果的具体影响。结果表明, 维度拓展与表现形式的转变对学习者的学习体验、认知负荷与知识保持均起优化作用。基于认知负荷理论, 平行中介效应模型揭示图片表征方式通过调节关联认知负荷, 进而影响学习者的知识保持或迁移。本研究为师生优化科学教学视频设计与选择视频学习资源提供了参考。

【关键词】 科学教育; 视频设计; 图片表征; 作用机制

Abstract: In instructional videos, images serve as a pivotal element in concretizing abstract scientific phenomena and complex models. Their representation plays a crucial role in optimizing video content presentation and enhancing learners' performance in science video learning. This study aims to explore the specific impacts of presentation dimensions (two-dimensional images vs. three-dimensional images) and representation forms (static three-dimensional images vs. dynamic three-dimensional images) on learners' experience, cognitive load, and learning performance. The results indicate that the expansion from two-dimensional to three-dimensional and the transition from static to dynamic representations optimize learners' experiences, cognitive load, and knowledge retention. From the perspective of cognitive load theory, parallel mediation effect models further reveal how these visual representations mediate germane cognitive load, thereby impacting knowledge retention or transfer. These findings provide insights for instructors to optimize the design of science instructional videos and for students to select video learning resources more effectively.

Keywords: Science Education, Video Design, Visual Representation, Mechanism of Action

1. 前言

科学教育是塑造国家科技竞争力、孕育创新力量、提升全民科学素质的基石。教育部等十八部门联合印发的《关于加强新时代中小学科学教育工作的意见》中明确指出“优化数字智慧平台, 丰富科学教育资源”以应对新时代科学教育的挑战。教学视频成为科学学科在线学习的主流资源, 然而, 科学知识的抽象性和模型的复杂性对优化视频呈现提出了更高的要求。特别是图片的表征方式, 对于帮助学习者直观理解和掌握知识至关重要, 例如, 从二维到三维的维度拓展(刘睿等, 2020), 以及从静态到动态的表现形式的转变(Ploetzner et al., 2021)。因此, 本研究从呈现维度和表现形式两个方面, 系统分析表征方式“如何”影响学习者的学习体验、认知负荷以及学习效果, 此外, 将进一步揭示表征方式“何以”促进有意义学习的发生, 以期优化图片表征方式的应用和提升科学视频质量。

1.1. 多媒体学习认知理论下不同图片表征方式对科学视频学习的影响

学习者通过教学视频中具象化的抽象科学概念, 能直观地感知到科学现象的本质和内在原理, 且有效地认识、理解和解释复杂科学概念(Noetel et al., 2021)。学习者必须积极主动参与

五个关键的多媒体学习认知过程, 才能实现有意义学习(Mayer et al., 2022)。首先, 学习者要在言语工作记忆中筛选关键词, 构建概念语义基础。其次, 学习者要在视觉工作记忆中提取关键科学现象画面, 强化理解记忆。再次, 学习者要整合言语模型与视觉模型。同时, 形成双重编码, 构建出科学现象的视觉表征。最后, 学习者要将言语和视觉表征与从长期记忆中激活先验知识, 实现新旧知识整合, 最终建构完整的概念图式。

尽管教学视频中的讲解和文本能准确传达知识概念, 但学习者在面对高度复杂的科学现象(如分子运动)和结构模型(如细胞结构)时, 普遍难以有效选择和组织视觉信息至视觉模型中。因此, 如何在教学视频中将抽象概念具象化尤为关键。二维(2D)图片作为教学视频中的主流图像形式, 以长度和宽度两个维度, 直观地呈现静态的科学现象和物体结构的平面视图。2D 图片因空间关系表征局限需简化处理, 易使学习者在维度转换时遇到障碍(Stull et al., 2016)。相比之下, 三维(3D)图片引入深度维度, 利用遮挡和透视缩短, 提升了画面的复杂性(Lowe et al., 2017), 增强了空间关系的可视性, 从而降低学习者的认知负荷(Dan et al., 2017)。然而, 静态 3D 图片难以支持学习者基于时间变化的动态推理, 学习者需从静态表征中重构动态变化过程。动态 3D 图片则通过引入时间维度, 时间变化更为明确, 展示物体的动态变化和运动过程, 缓解了学习者认知加工过程(Ploetzner et al., 2021; Yang et al., 2018)。然而, 动态特性的引入也可能加剧教学视频的瞬态信息效应(Transient information effect), 给学习者带来额外的认知挑战(Tindall-Ford et al., 2020)。因此, 采用实证研究直接对比教学视频中 2D、静态 3D 和动态 3D 图片在学习体验、认知负荷和学习效果等十分必要。

1.2. 认知负荷视角下不同图片表征方式影响科学视频学习的多维路径

基于认知负荷理论, 认知负荷被划分为内在认知负荷、外在认知负荷和关联认知负荷三个维度(Tindall-Ford et al., 2020)。图片表征方式的引入会对学习材料的固有特性(如复杂程度和呈现形式)产生一定的影响, 进而学习者感知到不同的心理负荷。具体而言, 基于内在认知负荷的角度, 2D 图片的简化处理在某些情况下会加剧感知复杂程度, 但随着深度和时间维度的引入, 为学习者提供更多的信息线索并减少额外的认知加工过程, 从而缓解学习者的内在认知负荷(Klepsch et al., 2017)。相反, 基于外在认知负荷的角度, 引入空间关系和动态性这些额外的呈现方式可能会成为分散学生注意力, 消耗学习者的必要认知加工的工作记忆资源, 最终造成额外的认知负载(Sweller et al., 2019)。此外, 不同图片表征方式的引入为学习者积极主动地加工学习材料提供了可能性, 在一定程度上更好地辅助画面中的文本, 帮助学习者更有效地处理和理解学习材料(Tindall-Ford et al., 2020)。鉴于此, 图片的表征方式可以直接对学习者的学习效果产生显著影响, 亦可通过降低学习者的内在认知负荷或外在认知负荷, 提升关联认知负荷多种途径影响学习者的知识保持与迁移。因此, 利用中介效应模型研究这些图片表征方式如何通过多维路径影响科学视频学习有助于我们更好地理解其内在作用机制, 也能为优化科学视频设计提供有力的理论支撑。

1.3. 学习者个体差异的潜在干扰: 先验知识与空间能力

在科学视频学习中, 不同图片表征方式的效果差异同时受学习材料本身特性学习者的个体特征(如先验知识、空间能力)的影响。高先验知识的学习者直接从长时记忆中提取相关知识, 实现知识整合, 减少对从学习材料中选择和组织视觉表征步骤的依赖。这说明学习者的先验知识在一定程度上可能影响不同图片表征在视频学习中的实际效果(Hsu et al., 2023)。此外, 空间能力作为核心认知能力, 在视频学习中至关重要。它使学习者能够将二维物体在脑海中转化为三维形态, 并想象它们的方位及其相互之间的关系。学习者借助心理旋转等认知操作, 能操控和理解这些三维物体(杨九民等, 2023)。因此, 学习者的空间能力对其在教学视频中理解和把握三维表征具有重要作用。鉴于此, 本研究在探究不同图片表征方式在科学视频学习中的效果差异及其作用机制时, 必须充分考虑到学习者个体差异的潜在影响, 并且通过有效控制这些变量, 以确保实验结果的准确性和可靠性。

2. 研究问题

本研究分别从图片的呈现维度(2D vs. 3D)和表现形式(静态 3D vs. 动态 3D)两个方面探究教学视频中图片的不同表征方式对学习者的学习体验、认知负荷以及学习效果的影响。本研究还基于认知负荷理论进一步揭示了图片的不同表征方式对知识保持和迁移的作用机制。基于对相关研究的梳理和理论视角的分析,以为例,本研究提出三个研究问题:**RQ1:** 科学教学视频中 2D 图片与 3D 图片对学习者的学习体验、认知负荷和学习效果的影响是否存在差异?**RQ2:** 科学教学视频中静态 3D 图片与动态 3D 图片在学习者的学习体验、认知负荷以及学习效果上是否具有不同的影响?**RQ3:** 在认知负荷视角下,科学教学视频中图片的不同呈现维度和表现形式如何作用于学习者的知识保持和迁移?

3. 研究方法

3.1. 被试

本研究随机从某师范大学招募了 90 名视听功能正常,具备在线学习经验的在校生作为实验被试。被试年龄分布在 17 岁至 28 岁之间,平均年龄为 21.3 岁。被试专业涵盖教育技术学、计算机科学与技术、化学、汉语言文学以及思想政治教育等非心理学和生物学学科领域。以确保实验的有效性和可靠性,且规避潜在实验者效应和天花板效应。最终,90 名被试被随机分配至三个实验组:静态 2D 图片组、静态 3D 图片组和动态 3D 图片组,每组包含 30 名被试。

3.2. 教学视频

为研究不同图片表征方式对学习者的科学视频学习的影响,本实验事先制作了三种类型、且以“细胞器——系统内的分工合作”为主题的教学视频(如图 1 所示),详细讲解了植物细胞不同结构及其功能。其中,静态 3D 图片和动态 3D 图片均基于 Windows 自带的 3D 资源库中的“Plant cell”植物细胞模型制作。静态 3D 图片能清晰地展示细胞的三维结构,便于学生建立空间立体感;动态 3D 图片通过局部放大和旋转动画效果呈现细胞器的多个角度。此外,2D 图片是 3D 模型的切面处理,能清晰地展示不同细胞结构的平面细节。视频内容以左文右图的布局呈现,并由一名教学经验丰富的男性教师担任主讲,总时长为 6 分 23 秒。



图 1 教学视频截图

3.3. 测量工具

人口统计学问卷。该问卷用于统计被试的姓名、性别、年龄、专业等人口学基本信息。

先验知识测试。本研究自行编制了测验题目,旨在了解被试对植物细胞结构相关知识的掌握程度,以规避天花板效应和地板效应。测验共包含 8 道单项选择题和 8 道判断题,单项选择题每题 2 分,判断题每题 1 分,总分为 24 分,该测试信度良好(Cronbach's $\alpha = 0.60$)。

空间能力测试。本实验采用 Ruth Ekstrom 等人(1976)编制的折纸测试以评估被试在感知理解物体形状、方位、运动和关系方面的能力,从而规避被试个体差异对于本实验结果的潜在影响。在测试过程中,被试需想象方形纸张的折叠和展开过程。每个测试问题均包含多个左侧的图形,这些图形展示了纸张的折叠步骤,并在最后一个图形上标记了打孔位置。打孔操作贯穿该位置的所有纸层。在右侧的五个图形中,仅有一个图形正确反映了纸张完全展开后孔的最终位置。整个折纸测试共分为两组,每组包含 10 道题目,每题 1 分,总分为 20 分。

被试需要在限定的3分钟内完成一组测试题目, 超时则自动跳转至下一组测试。该测试内部一致性系数较好 (Cronbach's $\alpha = 0.74$)。

学习效果测试。测试含填空题、判断题、选择题和材料题四种题型, 分为保持测试和迁移测试两部分。保持测试评估被试对所学知识的记忆和理解能力, 共有14题, 共23分, 包含4道填空题, 每空设1分, 共11分; 6道判断题, 每题1分, 共6分; 4道选择题, 每题2分, 共8分。迁移测试考察被试将相关知识应用和迁移于新情境或解决新问题的能力, 共有7题, 共24分, 包括5道选择题, 每题2分, 共10分; 2道材料题, 每空1分, 共14分。

学习体验问卷。本实验采用的学习体验问卷改编自 Andrew T. Stull 等人 (2018) 编制的学习体验量表, 选取了乐趣、意愿、理解、兴趣、有用性、动机共6个核心维度, 共包含6个题项, 均采用9点里克特 (Likert) 量表形式, 其中“1”表示“完全不同意”, “9”表示“非常同意”。该问卷显示出很好的内部一致性系数 (Cronbach's $\alpha = 0.96$)。

认知负荷问卷。本实验采用 Felix Krieglstein 等人 (2023) 开发的认知负荷问卷, 涵盖内在认知负荷、外在认知负荷以及关联认知负荷三大维度, 评估被试在视频学习过程中的认知负荷情况。问卷共包含15个题项, 采用9点里克特 (Likert) 量表, 得分越高表示学习者认知负荷越高。三个维度的 Cronbach's α 分别为 0.89, 0.89, 0.90。

3.4. 实验流程

本研究采用被试间设计, 被试被随机分配观看含静态 2D 图片、静态 3D 图片或动态 3D 图片的教学视频。实验全程在实验室进行, 整体时长约为 30 分钟 (如图 2)。首先, 主试引导被试进入实验室, 完成人口统计学问卷、先前知识测试以及空间能力测试 (10 分钟), 并详细介绍实验整体流程 (3 分钟)。随后, 被试被随机分配至观看不同教学视频组 (7 分钟)。在此过程中, 被试均以系统步调进行视频学习, 全程不得快进、跳转或调整播放速度。被试结束视频学习后, 立即完成学习体验问卷、认知负荷问卷和学习效果测试 (10 分钟)。

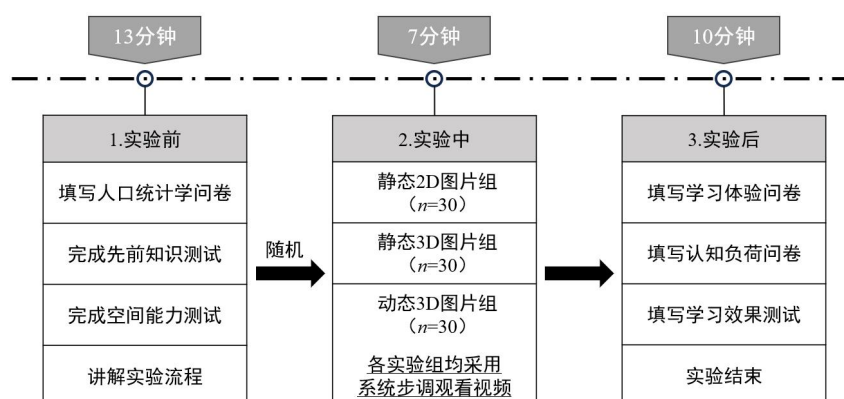


图 2 实验流程图

4. 研究结果

单因素方差分析结果显示实验组之间在先验知识 [$F(2, 87) = 3.94, p = .023, \eta^2 p = 0.08$] 和空间能力上 [$F(2, 87) = 3.43, p = .037, \eta^2 p = 0.07$], 均存在显著差异。因此, 研究将先验知识和空间能力作为协变量纳入后续数据分析中, 以消除先前组间差异对实验结果的潜在影响, 同时, 这两个个体特征在理论上会对学习者在图文认知加工过程中产生影响, 进而干扰实验结果的准确性。此外, Q-Q 图的结果表明各因变量均满足正态分布, 为后续的协方差分析提供了先决条件。描述性统计结果见表 1。经过单因素协方差分析, 我们发现三个实验组在乐趣 [$F(2, 85) = 21.93, p < .001$]、意愿 [$F(2, 85) = 18.48, p < .001$]、理解 [$F(2, 85) = 11.63, p < .001$]、兴趣 [$F(2, 85) = 17.45, p < .001$]、有用性 [$F(2, 85) = 21.09, p < .001$] 和动机 [$F(2, 85) = 18.35, p < .001$] 学习体验子维度上均存在显著性差异。在认知负荷方面, 数据分析揭示了内在认知负荷 [$F(2, 85) = 3.39, p = .038$]、外在认知负荷 [$F(2, 85) = 9.33, p < .001$] 和关联认知负荷 [$F(2, 85) = 18.15, p < .001$] 上的显著

组间差异。此外，三个实验组在知识保持方面均存在显著差异 $[F(2,85)=7.05, p=.001]$ ，但在知识迁移上无显著差异 $[F(2,85)=1.10, p=.339]$ 。

表 1 各实验组变量描述性统计结果

变量	静态 2D (n=30)		静态 3D (n=30)		动态 3D (n=30)	
	平	标	平	标	平	标
	均值	准差	均值	准差	均值	准差
先验知识 (0-24)	13.7	4.49	13.9	3.93	16.4	3.78
空间能力 (0-20)	14.7	3.63	13.8	3.04	15.9	2.22
学 习 体 验	3		7		0	
	3		7		0	
	3.40	1.30	4.17	1.42	5.93	1.41
	3.37	1.40	4.20	1.67	5.97	1.45
	4.17	1.21	4.70	1.12	5.97	1.38
	3.63	1.50	4.23	1.31	5.97	1.40
	3.73	1.44	4.50	1.33	5.97	1.40
认 知 负 荷	3.63	1.45	4.60	1.38	6.03	1.45
	4.63	1.29	4.36	1.40	3.98	0.55
	2.91	1.10	2.71	1.32	1.58	0.93
	6.07	1.36	6.34	1.47	7.82	1.37
学 习 效 果	15.2	4.77	15.7	5.03	20.5	3.71
	0		3		0	
	15.1	5.20	15.8	4.93	18.5	4.05
	3		7		7	

4.1. “多”即是“好”？科学教学视频中2D图片与3D图片的效果差异分析

在学习体验方面，事前比较结果揭示了2D图片与3D图片在学习者感知上的显著差异。3D图片在乐趣 $[t(85)=5.136, p<.001]$ 、意愿 $[t(85)=4.757, p<.001]$ 、理解 $[t(85)=3.808, p<.001]$ 、兴趣 $[t(85)=4.445, p<.001]$ 、有用性 $[t(85)=5.036, p<.001]$ 和动机 $[t(85)=5.101, p<.001]$ 多个子维度均展现出显著优势。进一步分析显示，3D图片在提升学习兴趣 $(MD=1.61, d=1.17)$ ，未来参与此类视频学习的意愿 $(MD=1.63, d=1.08)$ ，促进学习材料理解 $(MD=0.99, d=0.87)$ ，激发学习兴趣 $(MD=1.41, d=1.01)$ ，感知视频有用性 $(MD=1.51, d=1.15)$ 和激发学习动机 $(MD=1.66, d=1.16)$ 方面明显更优。如图3a所示。

在认知负荷方面，事前比较结果发现2D图片与3D图片在内在认知负荷上无显著差异 $[t(85)=-1.645, p=.104]$ ，但在外在认知负荷 $[t(85)=-2.623, p=.010]$ 和关联认知负荷 $[t(85)=2.857, p=.005]$ 上存在显著差异。进一步分析显示，3D图片比2D图片，更能降低学习者的外在认知负荷 $(MD=-0.64, d=-0.60)$ ，并提升关联认知负荷 $(MD=0.82, d=0.65)$ ，如图3b所示。

在学习效果方面，事前比较结果发现2D图片与3D图片在知识保持 $[t(85)=2.384, p=.019]$ 上存在显著差异，但在知识迁移 $[t(85)=1.409, p=.163]$ 上无显著差异。进一步分析显示，3D图片比2D图片，能够帮助学习者识记视频中的关键知识点 $(MD=2.06, d=0.54)$ ，如图3c所示。

4.2. “动”优于“静”？科学教学视频中静态3D图片与动态3D图片的效果差异分析

在学习体验方面，事前比较结果揭示了静态3D与动态3D图片在学习者感知上的显著差异。动态3D图片在乐趣 $[t(85)=4.343, p<.001]$ 、意愿 $[t(85)=3.935, p<.001]$ 、理解 $[t(85)=3.080, p=.003]$ 、兴趣 $[t(85)=4.032, p<.001]$ 、有用性 $[t(85)=4.261, p<.001]$ 和动机 $[t(85)=3.429, p<.001]$

多个子维度均展现出了显著优势。进一步分析显示,与静态 3D 图片相比,动态 3D 图片对学习者在提升学习乐趣($MD=1.63, d=1.18$),未来参与此类视频学习的意愿($MD=1.61, d=1.07$),促进学习材料理解($MD=0.95, d=0.83$),激发学习兴趣($MD=1.52, d=1.09$),感知视频有用性($MD=1.52, d=1.15$)和激发学习动机($MD=1.34, d=0.93$)方面明显更优。如图 3a 所示。

在认知负荷方面,事前比较结果发现静态 3D 与动态 3D 图片在内在认知负荷 [$t(85)=-2.071, p=.041$]、外在认知负荷 [$t(85)=-3.515, p<.001$]和关联认知负荷 [$t(85)=2.943, p=.004$]上均存在显著差异。进一步分析显示,科学教学视频中的动态 3D 图片相较于静态 3D 图片,有助于降低学习者的内在认知负荷($MD=-0.57, d=-0.56$)和外在认知负荷($MD=-1.03, d=-0.95$),提升关联认知负荷($MD=1.01, d=0.80$),如图 3b 所示。

在学习效果方面,事前比较结果发现不同图片表现形式在知识保持 [$t(85)=2.976, p=.004$]上存在显著差异,在知识迁移 [$t(85)=0.501, p=.618$]上无显著差异。进一步分析显示,动态 3D 图片协助学习者识记教学视频中的关键知识点效果更优($MD=3.08, d=0.81$),如图 3c 所示。

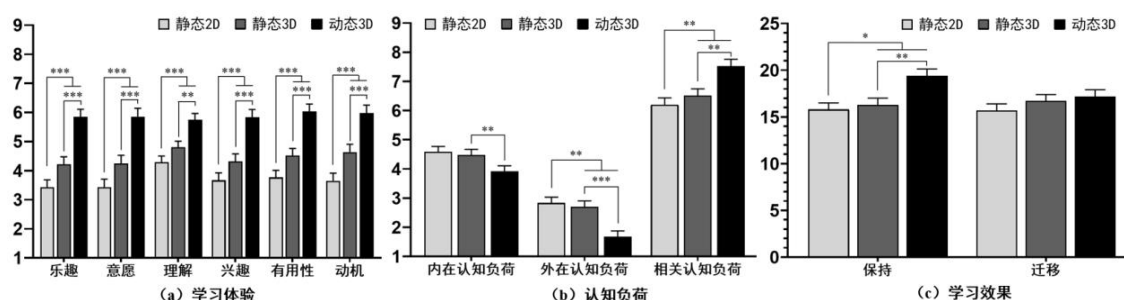


图 3 不同事前比较在 (a) 学习体验、(b) 认知负荷以及 (c) 学习效果方面的差异性分析。各因变量均采用边际均值表示。* $p<.05$, ** $p<.01$, *** $p<.001$

4.3. 何以有效? 认知负荷视角下不同图片表征方式的影响作用路径探索

本研究在 SPSS 27 中构建多个平行中介效应模型 (Model 4), 将不同表征图片作为自变量、先验知识和空间能力作为控制变量、认知负荷三个子维度作为中介变量以及保持成绩或迁移成绩作为因变量。首先,我们对比 2D 与 3D 图片如何通过不同认知负荷机制影响学习者的知识保持和迁移。平行中介效应模型分析结果发现,关联认知负荷完全中介了 2D/3D 图片对保持成绩 (如图 4a) 和迁移成绩 (如图 4b) 的影响。相比于 2D 图片, 3D 图片有助于提升学习者的关联认知负荷,进而促进其知识保持 ($a_3*b_3=1.092$, 95%CI[0.233, 2.266]) 和迁移 ($a_3*b_3=0.756$, 95%CI[0.068, 1.882])。随后,我们对比静态 3D 图片与动态 3D 图片如何通过不同认知负荷机制影响学习者的知识保持和迁移。结果显示,关联认知负荷完全中介了静态 3D/动态 3D 图片对保持成绩 (如图 4c) 的影响。也就是说,相比于静态 3D 图片,动态 3D 图片有助于提升学习者的关联认知负荷,进而提高学习者的保持成绩 ($a_3*b_3=1.205$, 95%CI[0.155, 2.557])。然而,我们并未在知识迁移方面发现任何显著的认知负荷中介效应。

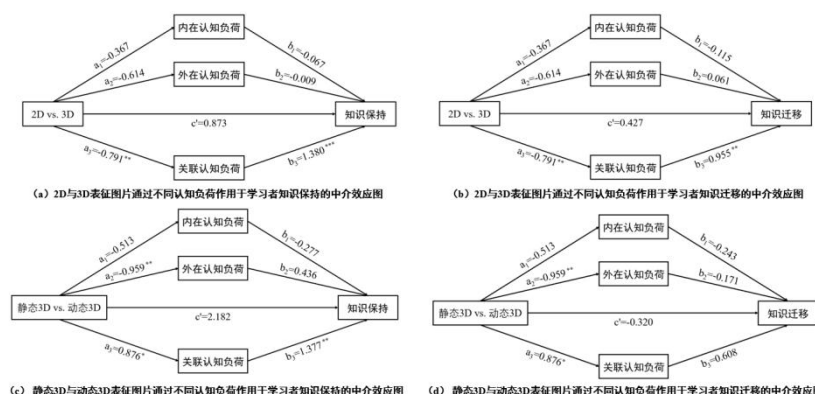


图 4 不同图片表征方式通过认知负荷作用于学习者知识保持与迁移的中介效应检验路径系数图。为简化模型,未标注控制变量的具体路径系数。* $p<.05$, ** $p<.01$, *** $p<.001$

5. 讨论与总结

对于 RQ1, 科学教学视频中 2D 图片与 3D 图片对学习者的学习体验(乐趣、意愿、理解、兴趣、有用性、动机)、认知负荷(外在认知负荷、关联认知负荷)与知识保持均产生了显著的影响差异。此发现与先前研究吻合, 强调了 3D 图片在呈现物体结构和变化的优势, 进而提升了学习者的学习效果(Wu et al., 2013)。值得注意的是, 一是内在认知负荷在两者间无显著差异, 可能意味着两者在复杂度上相对一致。二是迁移测试在两者间无显著差异, 可能是因为本研究所采用学习材料侧重于陈述性知识, 而程序性知识在教学视频中占比相对较低。

对于 RQ2, 事前比较结果发现, 与静态 3D 图片相比, 动态 3D 图片不仅优化了学习者的学习体验, 而且在认知负荷三个子维度和知识保持方面均表现更优。以往的实证研究也同样揭示了动态呈现在优化学习者感知认知负荷的积极作用(Yang et al., 2018)。通常来说, 学习者在对不同图片表征方式进行认知加工时, 需要识别分离出特定结构, 观察理解其二维形态特征, 重建完整的三维结构, 明确空间关系(如方位等), 并将动态行为置于具体情境中进行重新评估和理解。从学习者认知加工过程上来看, 增加空间维度和动态性本质上减少了学习者心理表征转化过程, 从而优化其学习体验和学习效果。

对于 RQ3, 中介效应模型结果表明, 呈现维度与表现形式均通过增加关联认知负荷来影响学习者的知识保持或迁移。此发现支持了多媒体学习认知理论, 强调了视听双通道在学习过程中的协同效应(Mayer et al., 2022)。换言之, 尽管图片表征方式依靠其潜在的特性和优势改变了学习材料的内在属性, 并在理论上会通过影响学习者的内在认知负荷或外在认知负荷作用于学习效果, 但是图片并不在教学视频中独立存在, 其核心作用在于如何与语词相结合, 共同促进学习者对科学知识的理解。此外, 中介效应模型结果中有两点值得关注和讨论。一是表现形式并未通过关联认知负荷作用于学习者知识迁移, 这可能是由于前文所提到的本研究所采用学习材料更加关注陈述性知识, 程序性知识在教学视频中占较少。二是动态呈现虽能有效缓解学习者的外在认知负荷, 但并未最终作用于学习效果。先前研究虽同样发现了表现形式同时在外在认知负荷和学习效果上的显著差异(Yang et al., 2018), 但本研究在此基础上进一步澄清了因果关系并揭示其作用路径。

本研究基于多媒体学习认知理论与认知负荷理论, 深入探究了科学教学视频中图片的表征方式(呈现维度和表现形式)如何对学习者的学习体验、认知负荷及学习效果产生具体影响, 同时, 进一步揭示了图片表征方式对知识保持和迁移的作用机制。研究发现: 首先, 2D 到 3D 的维度拓展, 以及静态到动态的表现形式转变, 均能显著增强学习体验、优化认知负荷和促进知识保持。其次, 科学教学视频中图片的呈现维度与表现形式均通过调节关联认知负荷进而影响学习效果。这些发现为优化科学教学视频设计提供了实证依据, 也为学习者在选择视频资源时提供了参考。然而, 本研究仍存在以下局限。首先, 本研究主要依赖于主观认知负荷量表, 缺乏更客观的指标佐证。其次, 实验背景局限于在线学习中教学视频场景。最后, 本研究中的科学教学视频内容侧重于陈述性知识, 被试群体均为大学生, 一定程度影响了研究结果的普适性和可推广性。因此, 未来的研究可以引入眼动追踪技术、探索比较其他媒介且利用国家智慧教育公共服务平台、小雅平台进一步拓展实验数据集, 探索不同调节变量解释实验结论的异质性程度, 从而提出更具针对性和普适性的教学实践建议。

参考文献

- 刘睿, 刁永锋, 徐翔, 杨海茹 & 黄冠.(2020). 立体 3D、2D 视频对大学生学习效果的影响. *现代教育技术*(10), 49-56.
- 杨九民, 刘彩霞, 陈楼琪 & 皮忠玲.(2023). 教学视频中的描述性手势何以有效——手势学习策略及学习者空间能力的影响. *现代远程教育研究*(04), 92-101.

- Dan, A., & Reiner, M. (2017b). Reduced mental load in learning a motor visual task with virtual 3D method. *Journal of computer assisted learning*, 34(1), 84-93.
- Hsu, C. Y., Liu, T. C., Lin, Y. C., Hsu, C.-Y., & Paas, F. (2023). Learning from different multimedia representation formats: effects of prior knowledge. *Journal of Research on Technology in Education*, 1-15.
- Klepsch, M., Schmitz, F., & Seufert, T. (2017). Development and validation of two instruments measuring intrinsic, extraneous, and germane cognitive load. *Frontiers in psychology*, 8.
- Lowe, R., & Ploetzner, R. (2017). *Learning from dynamic visualization*. Springer.
- Mayer, R. E., & Fiorella, L. (2022). *The Cambridge handbook of multimedia learning*.
- Noetel, M., Griffith, S., Delaney, O., Sanders, T., Parker, P., del Pozo Cruz, B., & Lonsdale, C. (2021). Video improves learning in higher education: A systematic review. *Review of educational research*, 91(2), 204-236.
- Ploetzner, R., Berney, S., & Bétrancourt, M. (2021). When learning from animations is more successful than learning from static pictures: learning the specifics of change. *Instructional Science*, 49(4), 497-514.
- Schad, D. J., Vasishth, S., Hohenstein, S., & Kliegl, R. (2020). How to capitalize on a priori contrasts in linear (mixed) models: A tutorial. *Journal of memory and language*, 110, 104038.
- Stull, A. T., & Hegarty, M. (2016). Model manipulation and learning: Fostering representational competence with virtual and concrete models. *Journal of Educational Psychology*, 108(4), 509.
- Sweller, J., van Merriënboer, J. J. G., & Paas F. (2019). Cognitive architecture and instructional design: 20 years later. *Educational psychology review*, 31(2), 261-292.
- Tindall-Ford, S., Agostinho, S., & Sweller, J. (2020). *Advances in cognitive load theory*. London: Routledge.
- Yang, C., Jen, C. H., Chang, C. Y., & TK Yeh. (2018). Comparison of animation and static-picture based instruction: Effects on performance and cognitive load for learning genetics. *Journal of Educational Technology & Society*, 21(4), 1-11.