

交错练习对小学生四则运算规则视频学习效果的促进作用

戚连成, 田悦, 刘昕宇, 张译允*

辽宁师范大学心理学院, 辽宁 大连

收稿日期: 2026年3月23日; 录用日期: 2026年4月14日; 发布日期: 2026年4月29日

摘要

在数字化学习背景下, 视频学习已广泛应用于小学数学教学, 但其被动接收特性可能影响学习深度。本研究考察交错练习在视频学习中的适用性及其对小学生数学规则学习的影响。以104名9~11岁小学生为对象, 筛选后将其分为集中练习组与交错练习组, 学习四则运算规则, 并完成即时测验和延迟1天测验。结果发现, 即时测验中集中练习组成绩显著高于交错练习组, 而延时测验中交错练习组成绩显著高于集中练习组。结果表明, 交错练习能够促进小学生在视频学习中的长时保持。

关键词

视频学习, 交错练习, 集中练习, 交错效应

The Facilitative Effect of Interleaved Practice on Elementary School Students' Video Learning of Arithmetic Operation Rules

Liancheng Qi, Yue Tian, Xinyu Liu, Yiyun Zhang*

School of Psychology, Liaoning Normal University, Dalian Liaoning

Received: March 23, 2026; accepted: April 14, 2026; published: April 29, 2026

Abstract

Against the backdrop of digital learning, video-based learning has been widely applied in

*通讯作者。

文章引用: 戚连成, 田悦, 刘昕宇, 张译允(2026). 交错练习对小学生四则运算规则视频学习效果的促进作用. *心理学进展*, 16(4), 435-447. DOI: 10.12677/ap.2026.164217

elementary mathematics education, yet its passive nature may limit learning depth. The present study examined the applicability of interleaved practice in video-based learning and its effect on elementary school students' learning of arithmetic operation rules. A total of 104 children aged 9~11 years were recruited. After screening, they were assigned to either a blocked practice group or an interleaved practice group, learned arithmetic operation rules, and completed an immediate test and a 1-day delayed test. The results showed that the blocked practice group scored significantly higher than the interleaved practice group on the immediate test, whereas the interleaved practice group scored significantly higher than the blocked practice group on the delayed test. These findings indicate that interleaved practice can promote long-term retention in elementary school students' video-based learning.

Keywords

Video-Based Learning, Interleaved Practice, Blocked Practice, Interleaving Effect

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

1.1. 研究背景

在知识经济时代, 数字化教学资源迅速普及, 教学视频因其短时高效、视听结合和流程直观, 成为突破时空限制的重要学习资源。然而, 视频学习也面临两方面挑战: 一是视频信息具有瞬时性, 若设计不当, 容易增加外在认知负荷, 挤占深度加工所需的工作记忆资源(Kalyuga, 2012); 二是自定进度环境虽然提升了学习灵活性, 却也可能使学习停留于被动观看, 难以持续激发认知投入(Kuhlmann et al., 2024)。为改善这一问题, 在视频学习中嵌入练习被认为是重要优化路径, 因为练习能够促使学习者主动加工信息, 并在一定条件下提升学习效果(杨九民等, 2024; van der Meij & Böckmann, 2021; Zhang et al., 2025)。不过, 现有研究更多证明了“嵌入练习”本身的价值, 对于嵌入何种练习方式更有利于视频学习, 仍缺乏明确结论。交错练习作为一种已被广泛验证的有效策略(Wong et al., 2021; Ziegler & Stern, 2014), 强调在练习过程中交替安排不同主题或题型, 而非先集中练习单一主题再切换。近年的研究进一步指出, 交错练习有助于学习者在不同类别或规则之间进行比较与辨别, 并促进长期保持(Klimovich & Richter, 2025; Pan et al., 2025; Rohrer et al., 2015)。因此, 本研究拟考察交错练习对视频学习效果的影响, 以期为儿童数字化学习策略优化提供实证依据。

1.2. 研究现状

1.2.1. 视频学习

视频学习(Video-Based Learning, VBL)是指学习者通过视频资源获取知识和技能的数字化学习方式(Navarrete et al., 2021; Sablić et al., 2021)。这类学习主要依赖视听双通道传递信息, 学习者需要整合视觉与听觉信息, 形成连贯的心理表征。

与传统课堂相比, 视频学习具有灵活、自主和资源共享等优势, 能够在一定程度上提升学习体验和学习效果(Sablić et al., 2021)。国内研究进一步表明, 视频学习效果不仅取决于内容本身, 还会受到视频呈现方式和教学设计的影响, 例如教师存在形式、交互设计和引导方式等因素都可能影响学习者的注意

分配、主观体验和学习结果(匡子翌等, 2021; 汪娟, 王晓凡, 2021)。但与此同时, 视频学习也容易使学习停留于被动观看, 若缺乏适当的互动设计, 还可能增加认知负荷, 影响深度加工(Sözeri & Kert, 2021)。因此, 部分研究并未发现视频学习在学业成绩上始终优于传统教学(Tarchi et al., 2021)。国内研究也表明, 教学视频中的交互与线索设计会影响学习者的注意分配、认知投入及学习效果, 其中引导线索和教师社会线索在一定条件下能够促进学习, 但其作用也受到任务类型和学习结果指标的影响(谢和平等, 2016; 王福兴等, 2025; 徐振国等, 2026)。

为改善这一问题, 研究者开始关注在视频学习中嵌入练习。已有研究表明, 这种方式能够促进主动加工, 进而优化学习效果(Szpunar et al., 2014)。不过, 现有研究更多关注“是否嵌入问题”, 对于“嵌入后应采用何种练习方式”仍缺乏进一步探讨, 这也为本研究提供了切入点。

1.2.2. 交错练习

交错练习(Interleaved Practice)是指在学习过程中交替练习不同主题或类型的任务; 与之相对, 集中练习(Blocked Practice)是先完成同一主题的全部任务, 再切换到下一主题(Rohrer & Taylor, 2007; Rohrer et al., 2020)。已有研究表明, 交错练习虽然在即时测验中未必占优, 但在延时测验中往往更有利于知识保持(Rohrer et al., 2015), 并在数学等学习情境中表现出较好的应用价值(Rohrer et al., 2020; Ziegler & Stern, 2014)。

随着数字化学习的发展, 一个值得关注的问题是: 视频学习能否成为交错效应发挥的新场景? 元分析表明, 交错效应在视觉材料中更容易显现(Brunmair & Richter, 2019), 但已有视频研究并未得到一致结果(Ragazou & Karasavvidis, 2022; van der Meij & Nuketayeva, 2023)。依据辨别对比假说, 交错练习的优势主要来自对不同类别的比较和辨别, 而这种优势在材料高度相似时更容易出现(Carvalho & Goldstone, 2014)。因此, 视频学习中的交错效应可能并非普遍存在, 而是受到学习材料特征的影响。

此外, 现有相关研究多集中于成人和中学生, 对小学生关注不足(Firth et al., 2021)。考虑到小学生的认知能力仍处于发展阶段, 其在视频学习中是否能从交错练习中获益, 仍有待进一步检验。

1.3. 问题提出

综上所述, 当前关于视频学习中交错练习的研究仍存在两个不足。其一, 已有研究虽然表明交错练习在传统课堂和实验室学习中有助于促进长期保持, 但其在视频学习情境中的效果尚未得到一致证据。其二, 已有视频学习研究多采用差异较大的学习材料, 可能未能充分激活交错练习所依赖的比较与辨别加工, 因此难以准确揭示其适用条件。依据辨别对比假说, 当学习材料具有较高相似性、学习者需要在不同规则之间持续区分和判断时, 交错练习更可能发挥优势。对于本研究所选取的四则运算规则而言, 不同规则在表面形式上较为相似, 但在结构特征和适用条件上存在关键差异, 因此较适合考察交错练习在视频学习中的作用。与此同时, 已有研究表明, 交错练习的优势更多体现在延时测验而非即时测验, 这意味着其学习效果可能随测验时间的不同而发生变化。基于此, 本研究以9~11岁小学生为对象, 在视频学习四则运算规则的情境下, 比较交错练习与集中练习对即时学习效果和延时学习效果的影响, 以进一步检验交错练习在小学数学视频学习中的适用性。综上所述, 本研究提出三个假设。H1: 在即时测验中, 集中练习组的成绩高于交错练习组。H2: 在延时测验中, 交错练习组的成绩高于集中练习组。H3: 练习方式与测验时间存在交互作用, 即交错练习相较于集中练习的优势主要体现在延时测验中, 而非即时测验中。

2. 研究方法

2.1. 被试

本研究采用 G*Power 3.1 进行先验样本量估算。参考以往关于交错学习效应的研究(Brunmair &

Richter, 2019), 并依据 Cohen 的标准, 将效应量设定为中等水平(Cohen's $f = 0.25$), 显著性水平 α 设为 0.05, 统计检验力($1 - \beta$)设为 0.95。结果表明, 达到预设检验力至少需要 54 名有效被试。

本研究采用方便取样方式, 在辽宁省大连市某小学招募 104 名 9~11 岁四年级学生参加前测。前测共 8 题, 为控制被试已有知识基础, 仅将前测得分为 0 分的学生纳入正式实验分析。最终共有 88 名学生符合纳入标准, 16 名学生因前测得分不符合要求而被排除。所有被试视力或矫正视力正常, 此前未参与过类似实验, 均自愿参加本研究, 并已取得监护人知情同意。随后, 采用随机分配方式将 88 名被试分为集中学习组和交错学习组, 每组各 44 人, 在同一时间段内完成在线样例学习与练习任务。

2.2. 材料

(1) 前测材料

前测材料共 8 题, 包括加法结合律、加法交换律、乘法结合律和乘法交换律题目各 2 道(见附录 A)。由于本研究所涉及的知识点属于小学四年级下学期的正式教学内容, 而本研究施测时间为四年级上学期, 因此设置前测的主要目的在于确认被试尚未系统学习相关知识。为尽可能控制先前知识经验对实验结果的影响, 仅将前测得分为 0 分的学生纳入正式实验。

(2) 视频学习材料及练习问题

视频学习材料共 4 个片段, 分别对应加法交换律、加法结合律、乘法交换律和乘法结合律 4 个核心知识点。每个视频时长约 3~4 分钟, 总学习时长约 15 分钟。视频均采用动画配合旁白的形式呈现, 不包含教师头像, 内容选自 2023 年人教版四年级数学下册。

与 4 个知识点相对应, 研究设计了 4 类练习题。四类题目在表面结构上具有较高相似性, 主要差异体现在运算符号、括号位置及规则适用条件上。每类练习题 4 道, 共 16 道, 均为客观选择题, 题型包括规则识别、公式应用和简便运算选择。两组练习题在题型、题量和难度上保持一致, 仅题目编排方式不同: 集中练习组按知识点分块呈现题目(见附录 B), 交错练习组按四类题目混合呈现(见附录 C)。练习阶段总时长为 8 分钟。

(3) 延时测验材料

延时测验材料共 16 道题, 与练习题在结构和难度上保持一致, 但不重复使用练习阶段的原题。题目涵盖加法交换律、加法结合律、乘法交换律和乘法结合律 4 种规则类型, 每类各 4 道, 题型包括规则识别、公式应用和简便运算选择(见附录 D)。评分采用二分计分, 答对 1 题计 1 分, 满分 16 分。测验过程中不提供答案反馈, 仅记录最终得分。

2.3. 实验程序

实验在两个教室中同时进行, 两组被试在实验过程中均独立完成任务, 不进行交流。实验共分为前测、学习与练习、延时测验三个阶段。

(1) 前测阶段

前测阶段用于筛选正式被试, 在实验开始前统一实施。测验时长为 5 分钟, 共 8 题, 内容包括加法结合律、加法交换律、乘法结合律和乘法交换律题目各 2 道(见附录 A)。仅前测得分为 0 分的学生进入正式实验。

(2) 学习阶段

通过前测筛选的被试被随机分配到集中练习组和交错练习组, 每组各 44 人。两组分别在不同教室同步完成实验任务, 实验过程中不进行交流。正式实验部分总时长均为 23 分钟, 实验流程参考 Mielicki & Wiley (2022) 的相关范式进行设计。

集中练习组采用“学习-练习”交替进行的方式。被试每学习 1 个知识点的视频后，立即完成与该知识点对应的 4 道练习题，随后再进入下一个知识点的学习。4 个知识点依次完成，共形成 4 轮“视频学习-对应练习”的流程。其中，每个视频时长约 3~4 分钟，每轮练习限时 2 分钟。集中练习组的具体流程见图 1。

交错练习组采用“集中学习-混合练习”的方式。被试先连续学习 4 个知识点的视频材料，总学习时长约 15 分钟；随后完成 16 道混合编排的练习题，题目随机呈现，总练习时长为 8 分钟。也就是说，交错练习组在完成全部视频学习后，才进入统一的混合练习阶段。交错练习组的具体流程见图 2。

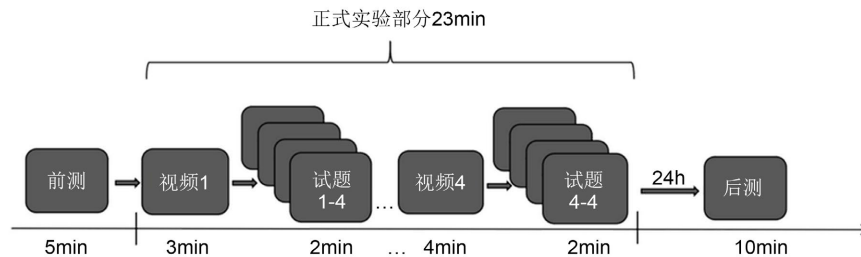


Figure 1. Experimental procedure for the massed group
图 1. 集中组实验流程

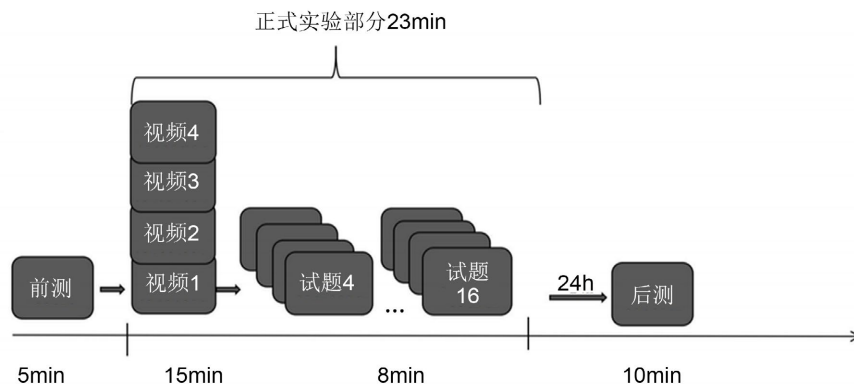


Figure 2. Experimental procedure for the interleaved group
图 2. 交错组实验流程

(3) 测验阶段

即时测验：以两组被试在学习阶段完成的 16 道练习题答题结果作为即时测验成绩，不额外安排独立测验。延时测验：间隔 24 小时后，对两组被试统一实施延时测验，测验题目统一采用附录 D 中的后测材料，题型、题量及评分标准与即时测验一致。

2.4. 数据收集和统计方法

本研究采用 SPSS 26.0 对数据进行处理与分析。首先计算被试在即时测验和延时测验中的平均分与标准差；随后以练习方式为自变量、测验成绩为因变量进行方差分析，以考察集中练习与交错练习在视频学习情境下对成绩的影响。

3. 实验结果

两组被试在即时测验和延时测验中的描述性统计结果见表 1。总体来看，两组被试在不同测验时点上

的成绩表现出不同趋势：在即时测验中，集中组的平均成绩高于交错组；而在延时测验中，交错组的平均成绩高于集中组，初步表明两种学习方式在短时保持和延时保持上的效果存在差异。具体而言，即时测验中，交错组成绩为 $M = 10.48$, $SD = 2.06$ ，集中组成绩为 $M = 12.95$, $SD = 3.00$ ；延时测验中，交错组成绩为 $M = 12.93$, $SD = 1.50$ ，集中组成绩为 $M = 8.59$, $SD = 3.11$ 。

Table 1. Descriptive statistics for the immediate and delayed test scores of the two groups
表 1. 两组被试在即时测验和延时测验成绩上的描述性统计

| | 组别 | <i>N</i> (男/女) | <i>M</i> | <i>SD</i> |
|------|-----|----------------|----------|-----------|
| 即时测验 | 交错组 | 44 (23/21) | 10.48 | 2.063 |
| | 集中组 | 44 (24/20) | 12.95 | 3.004 |
| 延时测验 | 交错组 | 44 (23/21) | 12.93 | 1.500 |
| | 集中组 | 44 (24/20) | 8.59 | 3.105 |

为考察不同练习方式在即时测验和延时测验中的作用差异，对成绩进行 2(组别：交错组、集中组) × 2(测验时间：即时测验、延时测验)混合设计重复测量方差分析。结果表明，测验时间主效应显著， $F(1, 86) = 13.872$, $p < .001$, $\eta^2 = .139$ ，整体上即时测验成绩($M = 11.72$)高于延时测验成绩($M = 10.76$)。组别主效应呈边缘显著， $F(1, 86) = 3.941$, $p = .050$, $\eta^2 = .044$ 。测验时间与组别的交互作用显著， $F(1, 86) = 176.939$, $p < .001$, $\eta^2 = .673$ 。

进一步简单效应分析表明，在即时测验中，两组成绩差异显著，交错组成绩显著低于集中组， $p < .001$ ；而在延时测验中，两组成绩差异同样显著，但交错组成绩显著高于集中组， $p < .001$ 。两组在不同测验时间上的成绩变化趋势见图 3。

为进一步考察年龄和性别对交错学习效应的影响，分别将年龄和性别纳入分析。结果表明，年龄主效应不显著， $F(2, 83) = 1.657$, $p = .197$, $\eta^2 = .038$ ；年龄与测验时间的交互作用、年龄与组别的交互作用以及年龄、测验时间与组别的三重交互作用均不显著。性别主效应亦不显著， $F(1, 84) = 1.183$, $p = .280$, $\eta^2 = .014$ ；性别与测验时间的交互作用、性别与组别的交互作用以及性别、测验时间与组别的三重交互作用也均不显著。上述结果表明，年龄和性别均未显著调节练习方式与测验时间对成绩的影响。

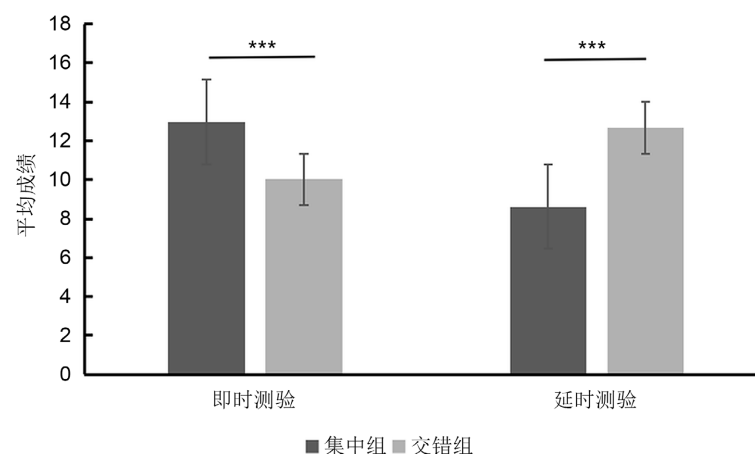


Figure 3. Comparison of the Interleaved and Massed Groups on the Immediate and Delayed Tests

图 3. 交错组和集中组在即时测验和延时测验中的成绩比较，* $p < .05$ ，** $p < .01$ ，*** $p < .001$

4. 讨论

4.1. 视频学习中交错效应的有效性及其产生条件

本研究发现,在视频学习情境下,交错练习组在延时测验中的成绩显著优于集中练习组,而在即时测验中则低于集中练习组。这一结果表明,交错练习的优势不仅可以出现在传统学习情境中,也能够延伸到视频学习场景中,但这种优势更多体现在长期保持而非即时表现上。

这一结果可能首先与学习材料的高相似性有关。根据辨别对比假说,交错练习能够促进学习,是因为它要求学习者在不同类型材料之间不断比较和区分,从而更准确地把握各类知识的关键特征与适用条件(Carvalho & Goldstone, 2014; van der Meij & Nuketayeva, 2023)。本研究中,加法交换律、加法结合律、乘法交换律和乘法结合律在表面形式上较为相似,但在规则结构和适用条件上存在差异,因此更容易通过交错编排激活比较加工,进而促进对规则的辨别和保持。这也与已有研究和元分析的观点一致,即交错效应更容易出现在需要区分相似概念或类别的任务中(Brunmair & Richter, 2019; Ragazou & Karasavvidis, 2022)。

此外,视频媒介本身也可能为交错练习提供了支持。与单纯文字材料相比,视频能够通过动态演示、语音讲解和示例呈现帮助小学生形成更直观的理解,这种多通道信息输入可能在一定程度上降低了交错练习带来的即时加工负担,并为规则间的比较提供了外部支架。因此,在本研究中,视频不仅是知识呈现的方式,也可能增强了交错练习的作用。

最后,本研究结果说明,交错练习在小学数学视频学习中是有效的,但其效果并非无条件产生,而是受到学习内容特征和媒介支持方式的影响。也就是说,当学习材料具有较高相似性、需要精细辨别,且视频能够提供较直观的认知支持时,交错练习更可能表现出延时优势。

4.2. 交错练习延时优势的可能机制

本研究的一个重要结果是,集中练习更有利于即时测验表现,而交错练习更有利于延时测验表现。这可能与交错练习所引发的“检索-决策”加工过程有关。与集中练习相比,交错练习要求学习者在每一次作答时都重新检索规则并判断当前题目适用何种运算规律,这一过程虽然增加了学习初期的加工难度,却也促进了更深入的编码和更稳固的记忆痕迹形成。

从认知负荷理论看,交错练习需要学习者在相邻题目之间不断切换、比较并判断规则适用条件,这会在即时阶段占用更多工作记忆资源,因此交错组在即时测验中的表现较弱(Kalyuga, 2012)。然而,这种较高的加工要求并非单纯的负担,而是一种能够促进长期保持的有益困难。在本研究的视频学习情境中,这种困难可能被进一步放大:视频内容具有瞬时性,学习者在交错练习中不能仅依赖刚学过的近因记忆,而需要更主动地回溯规则要点并提取关键信息。正是这种主动检索与比较加工,提高了规则表征的清晰度和稳定性,从而为延时测验中的优势表现奠定了基础(Rohrer et al., 2015)。

5. 研究结论与不足

5.1. 研究结论

本研究通过实验证实,在小学中高年级学生的数学视频学习中,交错练习能够有效促进四则运算规则知识的长时记忆保持。这一发现不仅将交错效应的实证研究拓展至视频学习这一重要的数字化学习场景,也为优化基础教育阶段的数学视频课程设计提供了基于学习科学的实践指导。具体而言,在小学数学视频教学中,交错练习更适合应用于规则相近、容易混淆且需要辨别适用条件的知识内容;在实施方式上,可在学生完成基本理解后,将练习环节设计为跨规则的混合编排,并结合示例提示、关键规则标

记等支架,降低初始阶段的认知负担。未来的研究需要在更广泛的材料类型、更长的时间维度和更真实的教育场景中,继续探索视频学习中认知策略的有效应用。

5.2. 研究不足

本研究虽成功验证了视频学习中交错效应的存在,但仍存在三方面局限,有待未来研究进一步完善。

其一,研究对象的代表性有限。本研究仅聚焦于9~11岁小学生,且所有被试均来自辽宁省大连市某小学,样本的地域范围和年龄跨度相对狭窄。不同年龄段学习者的认知发展水平、工作记忆容量存在显著差异,交错练习的效果可能会因年龄不同而有所变化。因此,未来研究可扩大样本范围,纳入不同地区、不同年龄段的学习者,包括低年级小学生、中学生乃至成人学习者,以更全面地检验结论的普适性,明确交错练习在不同年龄段学习者视频学习中的效果差异。

其二,学习内容的范围较为单一。本研究的学习内容仅限于四则运算规则,这类知识具有高相似性、强逻辑性的鲜明特点。而视频学习所涵盖的知识类型丰富多样,不同难度、不同性质的知识(如概念性知识、程序性知识、陈述性知识等)对练习方式的需求可能存在较大差异。例如,对于难度较低、独立性较强的知识,集中练习可能已能满足学习需求;而对于复杂且相似性高的知识,交错练习的优势才更为明显。因此,未来研究可进一步拓展学习内容,探究交错练习在不同类型知识视频学习中的适用性,明确何种类型的知识更适合采用交错练习的方式,为不同学科、不同知识类型的视频学习设计提供更具针对性的指导。

其三,本研究中的即时测验成绩来自练习阶段作答结果,因而并非完全独立于学习过程之外的测量指标;同时,两组在学习与练习的时间组织方式上也存在差异,这使得即时阶段的组间比较可能同时受到练习编排与任务时序的共同影响。未来研究可在保持练习编排差异的基础上,设置独立的即时后测,并进一步控制学习-练习时间分布,以更精确地揭示交错练习对视频学习效果的作用机制。

参考文献

- 匡子翌,张洋,王福兴,杨晓梦,胡祥恩(2021). 教师的存在能否促进视频学习? *心理科学进展*, 29(12), 2184-2194.
- 汪娟,王晓凡(2021). 基于教学设计提升MOOC视频教学成效. *宿州教育学院学报*, 24(3), 77-80.
- 王福兴,乔沛桦,匡子翌(2025). 教师社会线索对视频学习的影响. *心理科学*, 48(2), 393-405.
- 谢和平,王福兴,周宗奎,吴鹏(2016). 多媒体学习中线索效应的元分析. *心理学报*, 48(5), 540-555.
- 徐振国,等(2026). 引导线索对陈述性知识教学视频学习的影响研究——基于眼动追踪技术的实证研究. *电化教育研究*, 47(2), 61-68.
- 杨九民,何静,章仪,汪洋,皮忠玲(2024). 视频中的交互设计可以促进学习吗?——基于53项实验与准实验的元分析. *电化教育研究*, 45(7), 47-55.
- Brunmair, M., & Richter, T. (2019). Similarity Matters: A Meta-Analysis of Interleaved Learning and Its Moderators. *Psychological Bulletin*, 145, 1029-1052. <https://doi.org/10.1037/bul0000209>
- Carvalho, P. F., & Goldstone, R. L. (2014). Effects of Interleaved and Blocked Study on Delayed Test of Category Learning Generalization. *Frontiers in Psychology*, 5, Article 936. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2014.00936>
- Firth, J., Rivers, I., & Boyle, J. (2021). A Systematic Review of Interleaving as a Concept Learning Strategy. *Review of Education*, 9, 642-684. <https://doi.org/10.1002/rev3.3266>
- Kalyuga, S. (2012). Interactive Distance Education: A Cognitive Load Perspective. *Journal of Computing in Higher Education*, 24, 182-208. <https://doi.org/10.1007/s12528-012-9060-4>
- Klimovich, M., & Richter, T. (2025). Using Interleaved Practice to Foster Spelling Acquisition. *Learning and Instruction*, 98, Article 102146. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2025.102146>
- Kuhlmann, S. L., Plumley, R., Evans, Z., Bernacki, M. L., Greene, J. A., Hogan, K. A. et al. (2024). Students' Active Cognitive Engagement with Instructional Videos Predicts STEM Learning. *Computers & Education*, 216, Article 105050. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2024.105050>

- Mielicki, M. K., & Wiley, J. (2022). Exploring the Necessary Conditions for Observing Interleaved Practice Benefits in Math Learning. *Learning and Instruction, 80*, Article 101583. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2022.101583>
- Navarrete, E., Hoppe, A., & Ewerth, R. (2021). A Review on Recent Advances in Video-Based Learning Research: Video Features, Interaction, Tools, and Technologies. In *CIKM 2021 Workshops Co-Located with 30th ACM International Conference on Information and Knowledge Management* (pp. 7). RWTH Aachen.
- Pan, S. C., Yu, L., Hong, Y., Wong, M. J., Selvarajan, G., & Kaku, M. E. (2025). Individual Differences in Fluid Intelligence Moderate the Interleaving Effect for Perceptual Category Learning. *Learning and Individual Differences, 117*, Article 102603. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2024.102603>
- Ragazou, V., & Karasavvidis, I. (2022). The Effects of Blocked and Massed Practice Opportunities on Learning Software Applications with Video Tutorials. *Journal of Computers in Education, 9*, 173-193. <https://doi.org/10.1007/s40692-021-00198-5>
- Rohrer, D., & Taylor, K. (2007). The Shuffling of Mathematics Problems Improves Learning. *Instructional Science, 35*, 481-498. <https://doi.org/10.1007/s11251-007-9015-8>
- Rohrer, D., Dedrick, R. F., & Hartwig, M. K. (2020). The Scarcity of Interleaved Practice in Mathematics Textbooks. *Educational Psychology Review, 32*, 873-883. <https://doi.org/10.1007/s10648-020-09516-2>
- Rohrer, D., Dedrick, R. F., & Stershic, S. (2015). Interleaved Practice Improves Mathematics Learning. *Journal of Educational Psychology, 107*, 900-908. <https://doi.org/10.1037/edu0000001>
- Sablić, M., Miroslavljević, A., & Škugor, A. (2021). Video-Based Learning (VBL)—Past, Present and Future: An Overview of the Research Published from 2008 to 2019. *Technology, Knowledge and Learning, 26*, 1061-1077. <https://doi.org/10.1007/s10758-020-09455-5>
- Sözeri, M. C., & Kert, S. B. (2021). Ineffectiveness of Online Interactive Video Content Developed for Programming Education. *International Journal of Computer Science Education in Schools, 4*, 49-69. <https://doi.org/10.21585/ijcses.v4i3.99>
- Szpunar, K. K., Jing, H. G., & Schacter, D. L. (2014). Overcoming Overconfidence in Learning from Video-Recorded Lectures: Implications of Interpolated Testing for Online Education. *Journal of Applied Research in Memory and Cognition, 3*, 161-164. <https://doi.org/10.1016/j.jarmac.2014.02.001>
- Tarchi, C., Zaccoletti, S., & Mason, L. (2021). Learning from Text, Video, or Subtitles: A Comparative Analysis. *Computers & Education, 160*, Article 104034. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2020.104034>
- van der Meij, H., & Böckmann, L. (2021). Effects of Embedded Questions in Recorded Lectures. *Journal of Computing in Higher Education, 33*, 235-254. <https://doi.org/10.1007/s12528-020-09263-x>
- van der Meij, H., & Nuketayeva, K. (2023). Effects of Practice Schedules in Video Tutorials for Software Training. *Computers & Education, 199*, Article 104786. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2023.104786>
- Wong, S. S. H., Chen, S., & Lim, S. W. H. (2021). Learning Melodic Musical Intervals: To Block or to Interleave? *Psychology of Music, 49*, 1027-1046. <https://doi.org/10.1177/0305735620922595>
- Zhang, Y., Li, R., Pi, Z., & Yang, J. (2025). Active Learning Strategies in Video Learning: A Meta-Analysis. *Educational Research Review, 48*, Article 100708. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2025.100708>
- Ziegler, E., & Stern, E. (2014). Delayed Benefits of Learning Elementary Algebraic Transformations through Contrasted Comparisons. *Learning and Instruction, 33*, 131-146. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2014.04.006>

附录 A: 前测

姓名: 班级: 性别: 年龄: 上次期中考试成绩:

请同学们认真计算下面的 8 道计算题并写出答案, 确实不会做的可以不答, 不会记录你的成绩, 请解答时不要相互讨论。时间不超过 5 分钟

1. 请运用加法结合律和加法交换律写出最简便的算式

$$24 + 35 + 65 + 76 = \underline{\hspace{2cm}}$$

2. 请用乘法结合律写出最简便的算式

$$6 \times 4 \times 25 = \underline{\hspace{2cm}}$$

3. 请运用加法交换律写出最简便的算式

$$35 + 24 + 65 = \underline{\hspace{2cm}}$$

4. 请运用乘法交换律写出最简便的算式

$$36 \times (\quad) = 15 \times (\quad) = \underline{\hspace{2cm}}$$

5. 加法交换律的数学公式是 $\underline{\hspace{2cm}}$

6. 乘法结合律的数学公式是 $\underline{\hspace{2cm}}$

7. 加法结合律的数学公式是 $\underline{\hspace{2cm}}$

8. 乘法交换律的数学公式是 $\underline{\hspace{2cm}}$

附录 B: 集中组练习问题

姓名: 班级: 性别: 年龄:

请同学们认真仔细完成以下题目, 尽量做到准确无误。时间不超过 10 分钟

加法交换律练习题

1. $a + b = \underline{\hspace{1cm}}$, 运用了哪个运算定律?

A. $a - b$; 加法交换律 B. $b + a$; 加法交换律 C. $b + a$; 加法结合律 D. $a + b$; 加法结合律

2. $99 + 201 = 201 + 99$, 请问这道题运用了?

A. 加法结合律 B. 加法交换律 C. 加法交换律和结合律 D. 乘法交换律

3. $(\quad) + 78 = (\quad) + 22$, 这两个括号内分别填什么?

A. 78;22 B. a;a C. 22;78 D. 22;22

4. $129 + a + 71 = a + (\quad) + (\quad)$

A. a;a B. 129;71 C. 130;70 D. 71;71

加法结合律练习题

请同学们从下面合适的选项中选出正确答案

1. $a + b + c = \underline{\hspace{1cm}}$, 运用了哪个运算定律?

A. $a + (b + c)$; 加法结合律 B. $a - (b + c)$; 加法结合律

C. $a - (b - c)$; 减法结合律 D. $a + (b - c)$; 加法交换律

2. $35 + 25 + 11 = \underline{\hspace{1cm}}$, 从下列算式中选择最简便的算式。

A. $(35 + 25) + 11 = 60 + 11 = 71$ B. $(35 - 25) + 11 = 10 + 11 = 21$

C. $35 + (25 + 11) = 35 + 36 = 71$ D. $35 + (25 - 11) = 35 + 14 = 49$

3. $67 + 125 + 75 = 67 + (125 + 75)$ 应用了()
 A. 加法交换律 B. 加法结合律 C. 加法交换律和结合律 D. 乘法结合律
4. 如果 $a + (b + c) = 99$, 那么 $(a + b) + c = ()$
 A. 9 B. 120 C. 99 D. 无法确定

乘法交换律练习题

1. $a \times b = b \times a$ 应用了?
 A. 乘法结合律 B. 乘法交换律 C. 乘法交换律和结合律 D. 无法确定
2. $25 \times 7 \times 4 = ()$
 A. $25 \times 4 \times 7$ B. $4 \times 7 \times 25$ C. $(20 + 5) \times 7 \times 4$ D. 无法确定
3. $36 \times () = 15 \times ()$, 这两个括号内分别填什么?
 A. 15;36 B. 36;15 C. a;a D. 无法确定
4. $75 \times 28 = 28 \times \underline{\quad}$ 运用了?
 A. 乘法结合律 B. 乘法交换律 C. 乘法交换律和结合律 D. 无法确定

乘法结合律练习题

1. $25 \times 4 \times 43 = (25 \times 4) \times \underline{\quad}$, 运用了?
 A. 乘法结合律 B. 乘法交换律 C. 乘法交换律和结合律 D. 无法确定
2. $45 \times 5 \times 4 = 45 \times (\underline{\quad} \times \underline{\quad})$, 运用乘法结合律那括号中应该填什么呢?
 A. 5×4 B. 4×5 C. $5 + 4$ D. 无法确定
3. $400 \times \underline{\quad} \times 8 = 400 \times (15 \times 8)$, 横线上应该填什么呢? 该算式运用了什么运算律?
 A. 15; 乘法结合律 B. 15; 乘法交换律
 C. 8; 乘法结合律 D. 15; 乘法结合律和乘法交换律
4. $30 \times 2 \times 5 = \underline{\quad}$, 根据乘法结合律, 选出正确的答案。
 A. $30 \times (5 \times 2)$ B. $30 \times (2 \times 5)$ C. $(30 \times 2) \times 5$ D. 无法确定

附录 C: 交错组练习问题

姓名: _____ 班级: _____ 性别: _____ 年龄: _____

请同学们认真仔细完成以下题目, 尽量做到准确无误。时间不超过 20 分钟

1. $a + b =$
 A. $a - b$ B. $b + a$ C. $b - a$ D. $a + b$
2. $a + b + c =$
 A. $a + (b + c)$ B. $a - (b + c)$ C. $a - (b - c)$ D. $a + (b - c)$
3. $a \times b = b \times a$ 应用了?
 A. 乘法结合律 B. 乘法交换律 C. 乘法交换律和结合律 D. 无法确定
1. $25 \times 4 \times 43 = (25 \times 4) \times \underline{\quad}$, 运用了?
 A. 乘法结合律 B. 乘法交换律 C. 乘法交换律和结合律 D. 无法确定

1. $99 + 201 = 201 + 99$, 请问这道题运用了?
 A. 加法结合律 B. 加法交换律 C. 加法交换律和结合律 D. 乘法交换律
2. $35 + 25 + 11 =$
 A. $(35 + 25) + 11 = 60 + 11 = 71$ B. $(35 - 25) + 11 = 10 + 11 = 21$
 C. $35 + (25 + 11) = 35 + 36 = 71$ D. $35 + (25 - 11) = 35 + 14 = 49$
3. $25 \times 7 \times 4 = ()$
 A. $25 \times 4 \times 7$ B. $4 \times 7 \times 25$ C. $(20 + 5) \times 7 \times 4$ D. 无法确定
4. $45 \times 5 \times 4 = 45 \times (\quad \times \quad)$, 运用乘法结合律那括号中应该填什么呢?
 A. 5×4 B. 4×5 C. $5 + 4$ D. 无法确定

1. $() + 78 = () + 22$, 这两个括号内分别填什么?
 A. 78;22 B. a;a C. 22;78 D. 22;22
2. $67 + 125 + 75 = 67 + (125 + 75)$ 应用了()
 A. 加法交换律 B. 加法结合律 C. 加法交换律和结合律 D. 乘法结合律
3. $36 \times () = 15 \times ()$, 这两个括号内分别填什么?
 A. 15;36 B. 36;15 C. a;a D. 无法确定
4. $400 \times \quad \times 8 = 400 \times (15 \times 8)$, 横线上应该填什么呢? 该算式运用了什么运算律?
 A. 15; 乘法结合律 B. 15; 乘法交换律
 C. 8; 乘法结合律 D. 15; 乘法结合律和乘法交换律

1. $129 + a + 71 = a + () + ()$
 A. a;a B. 129;71 C. 130;70 D. 71;71
2. 如果 $a + (b + c) = 99$, 那么 $(a + b) + c = ()$
 A. 9 B. 120 C. 99 D. 无法确定
3. $75 \times 28 = 28 \times \quad$ 运用了?
 A. 乘法结合律 B. 乘法交换律 C. 乘法交换律和结合律 D. 无法确定
4. $30 \times 2 \times 5 = \quad$, 根据乘法结合律, 选出正确的答案。
 A. $30 \times (5 \times 2)$ B. $30 \times (2 \times 5)$ C. $(30 \times 2) \times 5$ D. 无法确定

附录 D: 后测问题

姓名: _____ 班级: _____ 性别: _____ 年龄: _____

请同学们认真仔细完成以下题目, 尽量做到准确无误。时间不超过 10 分钟

1. $49 \times 40 \times 25 = 49 \times (25 \times 40)$, 该运算运用了?
 A. 乘法结合律 B. 乘法交换律 C. 乘法交换律和结合律 D. 无法确定
2. 请运用加法结合律和加法交换律写出最简便的算式
 $24 + 35 + 65 + 76 = \underline{\hspace{2cm}}$
3. $67 + 125 + 75 = 67 + (125 + 75)$ 应用了()
 A. 加法交换律 B. 加法结合律 C. 加法交换律和结合律 D. 乘法结合律
4. 乘法结合律的数学公式是 $\underline{\hspace{2cm}}$

5. $7 \times 125 \times 8 =$ _____, 请从下列算式中选择最简便的算式并说明运用了什么计算规律
- A. $7 \times (125 \times 8)$, 乘法结合律 B. $8 \times (7 \times 125)$, 乘法结合律 C. $8 \times (7 \times 125)$, 乘法交换律和结合律
- D. $7 \times (125 \times 8)$, 乘法交换律和结合律
6. $36 \times () = 15 \times ()$, 这两个括号内分别填什么? 运用了什么规则?
- A. 15;36、乘法结合律 B. 36;15、乘法交换律 C. 15;36、乘法交换律 D. 无法确定
7. 加法交换律的数学公式是_____
8. 请运用加法交换律写出最简便的算式
- $35 + 24 + 65 =$ _____
9. $54 + 29 + 246 = 29 + (54 + 246)$, 这里运用了()
- A. 加法交换律 B. 加法结合律 C. 加法交换律和结合律 D. 以上都不对
10. 不符合加法的运算定律的等式是()。
- A. $253 + A = A + 253$
- B. $139 + 72 + 25 = 139 + (72 + 25)$
- C. $a - b = a - b$ D. $B + C + D = B + (C + D)$
11. $() + 78 = 78 + 22$
- A. 22 B. 56 C. 78 D. 100
12. 加法结合律的数学公式是_____
13. $(75 \times 76) \times 74 \square 75 \times (76 \times 74)$, “ \square ”里填()。
- A. $>$ B. $<$ C. $=$ D. \geq
14. 乘法交换律的数学公式等式是_____
15. $3 \times 8 \times 4 \times 5 = (3 \times 4) \times (8 \times 5)$ 运用了()。
- A. 乘法交换律 B. 乘法结合律 C. 乘法分配律 D. 乘法交换律和结合律
16. 请用乘法结合律写出最简便的算式
- $6 \times 4 \times 25 =$ _____