

《心理科学进展》审稿意见与作者回应

题目：想象策略能促进多媒体的学习么？元分析的视角

作者：杨九民；章仪；杨荣华；皮忠玲

第一轮

审稿人 1 意见：

意见 1：《想象策略能促进多媒体的学习么？元分析的视角》通过元分析的方式探讨想象策略对多媒体学习效果的促进，文章写作较为流畅，但还有一些问题需要补充，具体如下：建议汇报发表偏差检验的具体结果。

回应：感谢您的建议。已在正文中添加发表偏差检验的具体结果。具体内容如下（第 20 页 6-11 行）：

“4.1 发表偏差检验

为保证元分析结果的科学和准确性，本研究在进行所有分析之前首先进行了发表偏差检验。首先，通过漏斗图可以看出，有关想象的研究文献效应值较为对称地分布在总效应值左右两侧，初步证明无显著的发表偏差。其次研究采用采用失安全系数（Rosenthal's Nfs）检验发表偏差，失安全系数为 704，大于 335 ($5*65+10$)，再次证明无显著的发表偏差。最后，Egger's 检验结果显示： $T = 1.78 < 1.96, p = .080 > .05$ ，进一步证明不存在发表偏差，基于此，可以证明研究样本得到的结果是科学和准确的。

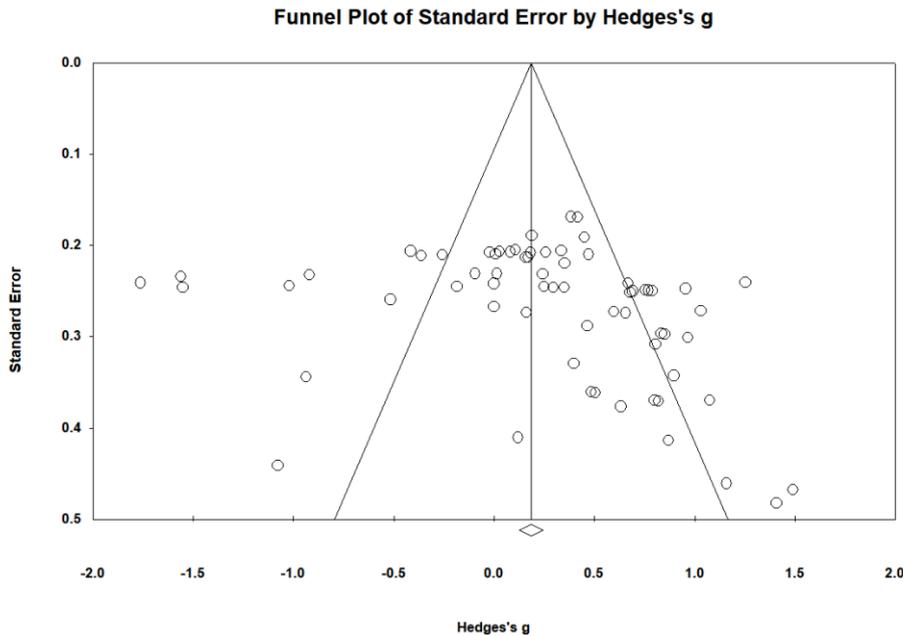


图 2 漏斗图”

意见 2：建议将本研究所纳入分析的所有研究的具体信息加以整理并以表格呈现，具体汇报各个研究的样本量、操作想象策略的方式、学习的内容、学习的效果及效果量的大小等。

回应：感谢您的建议，已经在正文中添加了所有研究的具体信息，包括样本量，想象策略的使用方式，学习效果和效应量等内容。具体见表 1（第 19-20 页）。

表 1 想象策略元分析

研究	被试群体	样本量	材料是否可见	使用时机	因变量	<i>g</i>
Glenberg, et al. 2004		25			保持	1.16
Leahy & Sweller, 2004 Exp. 1		24			迁移	0.87
Leahy & Sweller, 2004 Exp. 2	儿童	32			迁移	1.07
Leutner et al., 2009		111			理解	0.19
					认知负荷	0.45
					理解	0.34
Scheiter et al., 2006		123			迁移	0.11
					时间	-0.42
Leopold et al., 2019 Exp. 1		81			迁移	0.96
					保持	0.67
Leopold et al., 2019 Exp. 2		75			迁移	0.29
					保持	0.68
		104		中	保持	0.18
					迁移	-0.02
Schmidgall et al., 2019	成人				时间	-1.56
		100			保持	0.16
					迁移	0.17
					时间	1.77
					保持	0.47
de Koning et al., 2020a		92	是		理解	0.26
					迁移	0.08
					认知负荷	0.03
					保持	0.35
de Koning et al., 2020b		87			理解	0.69
					迁移	-0.18
					认知负荷	0.25
Cooper et al., 2001 Exp. 1		28			迁移	0.63
Cooper et al., 2001 Exp. 2		20			迁移	1.41
Cooper et al., 2001 Exp. 3		22			迁移	-1.08
	儿童				迁移	0.90
Cooper et al., 2001 Exp. 4		36			迁移	-0.94
					时间	0.40
Tindal-Ford & Sweller, 2006 Exp. 1		22		后	迁移	1.49
Tindal-Ford & Sweller, 2006 Exp. 2		22			迁移	0.12
					保持	0.38
Huang & Mayer, 2018		142			迁移	0.42
Ignatova et al., 2020 Exp. 1	成人	44			迁移	0.80
					迁移	1.03
Ignatova et al., 2020 Exp. 2		60			认知负荷	-0.52
Leahy and Sweller, 2005 Exp. 1		30			迁移	0.80
Leahy and Sweller, 2005 Exp. 2	成人	30	否	中	迁移	0.48
Leahy & Sweller, 2008		30			迁移	0.51

Wang et al., 2022 Exp. 1	93		迁移	0.35
			认知负荷	-1.55
Wang et al., 2022 Exp. 2	90		迁移	1.25
			认知负荷	-0.92
		儿童	保持	-0.26
徐珂, 2020	120		后 迁移	-0.36
			认知负荷	0.01
			认知负荷	0.00
Leopold & Mayer, 2015 Exp. 1	85		迁移	0.75
			保持	0.77
			时间	0.79
			迁移	0.83
Leopold & Mayer, 2015 Exp. 2	48		保持	0.97
			中 认知负荷	0.46
			时间	0.85
Ploetzner & Fillisch, 2017	52	成人	未明确	理解
				0.16
				保持
				-0.10
Cheng & Beal, 2020	82		迁移	0.01
			时间	-1.02
			认知负荷	0.24
			理解	0.00
Lin et al., 2017	63		后 认知负荷	0.60
			时间	0.65

注：被试群体：儿童为 18 岁以下被试，成人为 18 岁以上被试；材料是否可见：是，表示在使用想象策略时，学习者可以阅读材料；否，表示在使用想象策略时，学习者不可以看到学习材料；未明确，表示研究没有明确表示是否可以使用；时机：中，表示学习者被要求在学习材料时，进行想象；后，表示学习者被要求学习者学习完材料后，进行想象。特别注意，出现材料不可见但是在学习过程中使用学习策略的组合，是因为有些研究要求学习者在想象时将学习材料翻转过去。

审稿人 2 意见：

意见 1：本文通过对 18 篇研究的元分析，发现想象策略在一定程度上能够促进学习，并初步探讨了不同研究结论矛盾的原因，具有一定的意义。但是存在以下比较突出的问题供作者参照。摘要建议能够利用有限字数介绍本研究主要目的，综述主要结果和发现。目前写作更像是课程论文，过多介绍了背景。

回应：感谢您的建议。根据您的意见，我们精简了摘要中对背景的介绍，同时我们补充了研究结论，具体修改如下（第 15 页 2-8 行）：

“想象策略，即要求学习者在脑海中生成学习的内容，是一种重要的学习策略，想象策略对学习是否具有积极的影响目前研究结论尚不一致。本研究采用元分析技术，以保持、理解、迁移、花费时间和认知负荷作为结果变量，探究想象策略对学习的影响，并通过对学习材料是否可见、想象策略使用时机和被试年龄段作为调节变量以探索想象策略的边界条件。通过文献筛选，最终选定了 20 篇论文，生成了 65 个效应量。结果发现，想象策略可以提高保持，理解和迁移的成绩，能够减少学习者完成任务的时间，但对认知负荷影响不显著。调节效应分析发现：想象策略在一定程度上受到材料可见的影响，在材料可见的情况下，想象

策略对学习有积极的影响，但当材料不可见时，想象策略对学习有消极的影响。”

意见 2: 虽然作为综述，引言和文献综述可能比较偏重于背景介绍，但还是希望作者能够阐述清楚元分析的目的。以及通过元分析想要解决什么问题或疑问。而目前写作特别像课程论文或教科书式介绍，没有利用有限篇幅突出主要的研究问题。

回应: 感谢您的意见。我们对引言部分重新进行了架构，精简了部分背景介绍，强调了使用元分析的目的和研究问题。具体内容如下（第 17 页 2-24 行）：

引言部分删除了有关想象策略与生成性策略的背景关系：

“在教育中多媒体技术的应用一方面为学习者提供了新的学习方式，另一方面也带来了诸多挑战。研究发现，仅仅提供设计良好的多媒体材料并不能保障学习效果，指导学习者使用学习策略对多媒体材料进行有意义的认知加工才能真正促进学习者学习(Fiorella & Mayer, 2016)，正如 Clark(1994)所说“媒体本身并不能促发学习，促发学习的是我们如何选择合适的方法运用媒体进行学习”。想象策略(Learning by Imagining)正是这样一种能够帮助学习者对已有的媒体信息进行深度加工的方法，它也被认为是一种典型的生成性学习策略(Generative Learning Strategy)(Fiorella & Mayer, 2016)。”

删除了想象策略的类别描述：

“想象策略可以根据教学内容和教学实施要求的不同而有多种表现形式。按照教学内容来划分，学习者可以想象静态的图片（如地图）、动态的图片（如机械制造的过程），也可以是流程图（如按照时间顺序发生的事件）或者是关系图（如对概念的解析)(Fiorella & Mayer, 2016)。按照想象策略的实施要求来划分，可以分为对事件程序的加工和对教学内容的重现记忆，前者要求学习者对整个事件流程进行想象，例如学习者被要求想象如何使用地理学中的等高线，如何找到汽车的发车时刻表(Ginns et al., 2003; Leahy & Sweller, 2005)，或者如何使用温度计等等，这与运动技能中使用的心理练习或者预演类似，即教师事先提供学习材料，学习者想象完成这些事情；后者则侧重于要求学习者完成对学习内容的记忆和重现，在这种情况下，教师也提供学习材料，然后要求学习者对已有的材料加工，并在脑海中建构意象，比如当学习者学习心脏是如何运动时候，教师提供相应的文字说明，并要求学习者将文字内容加工成图片等类似的心理意象(Leopold & Mayer, 2015)。”

考虑到生成性学习理论与多媒体学习理论对想象策略的解释有共同之处，故也删除了有关多媒体学习理论的描述：

“多媒体学习理论强调将语词和画面等多表征的信息整合起来，主要基于三个假设，即双通道优于单通道，认知容量有限和学习的过程是主动加工信息的过程(Mayer, 2014)。学习者使用想象策略是将语词和画面结合，在脑海中把语词和画面整合成为图像或者结构图，最终形成相应图式。在这个学习过程中，学习者需要主动地加工并整合双通道信息，因此想象策略对学习者的学习会有积极的影响。”

最后，我们在引言部分增加有关调节效应的描述和有关元分析的目的和研究研究，具体如下：

“总之，想象策略对的学习究竟是有效还是无效，从理论或者是实证研究的角度来看，目前尚无统一结论。元分析作为一种能够将具有相同研究目的且相互独立的多个研究结果进行综合评价和定量分析的一种研究方法，能够从整体的层面为研究者提供结论。鉴于此，本研究试图通过元分析的方法回答以下问题：

- 1.与不使用想象策略相比，想象策略是否能够显著提升学习者的保持、理解和迁移成绩、减少学习时间和认知负荷？
- 2.想象策略对学习的是否受到学习材料是否可见、学习策略的使用时机和被试群体的调节影响？”

意见 3: 正如作者在文献综述中提到的, 想象在大部分情况下是伴随其他形式的思维活动, 比如: 绘图、心理操作。所以, 需要在文献介绍以及分析中对这些相互包含的变量进行区分和界定。

回应: 感谢您的建议。我们在文献分析部分重新定义了“想象策略”, 考虑到想象策略很容易被包含在其他多种此策略(绘图、解释)中, 如若都将此编码到想象策略中, 容易混淆想象策略内隐的作用, 因此所有具有外化行为的策略, 本研究都没有纳入分析。具体修改如下(第 18 页 4-7 行):

“对于想象策略的界定, 考虑到想象策略的内隐性, 其通常容易被包含在其他的策略中, 例如绘图策略等, 但本研究只关注想象策略的内隐思维活动, 因此如有外化行为, 例如出现了外化的绘图或者口头表达等, 则此类不被编码到想象策略中。”

意见 4: 作者的问题提出中“1 在想象策略的相关研究中, 想象策略是如何进行操纵的?”, 这样的提法明显有问题, 这不是一个基于元分析所探讨的问题, 从结果上看, 也仅仅是在文献层面的分析, 同时在引言的 2.1 也有对此内容的描述。应该是要探讨不同的操纵对学习的影响, 即将其作为影响因素, 进行调节效应分析。

回应: 您的建议非常有帮助。我们删除掉了之前的研究问题 1, 并且将研究问题 1 的内容融入到文献综述中。并且增加了研究问题 2, 开展了对“学习材料是否可见, 学习策略的使用时机和被试群体”的调节效应分析(第 17 页 21-24 行)。

意见 5: 理论部分与元分析的结果有什么联系? 对研究问题的提出有什么贡献? 文中没有提及, 仅仅在文献综述中罗列。这种写作方式没有任何意义, 即后面的元分析或者结果有没有对理论有贡献或质疑, 这才是读者关心你列出这两个理论的原因。否则, 就没有必要列出来。

回应: 感谢您的建议。理论部分和元分析的关系是支撑关系, 我们在文献综述部分进行了补充说明, 并且在讨论部分进行了理论回顾。具体内容如下(第 17 页 2-24 行; 第 23 页 8-9 行):

在文献综述部分: “与理论相对应, 目前有关想象策略的实证研究主要呈现了两种不同的观点: 一种是想象策略对学习有积极的影响, 研究者们通过准实验方法证实……”

“总之, 想象策略对的学习究竟是有效还是无效, 从理论或者是实证研究的角度来看, 目前尚无统一结论。元分析作为一种能够将具有相同研究目的且相互独立的多个研究结果进行综合评价和定量分析的一种研究方法, 能够从整体的层面为研究者提供结论。鉴于此, 本研究试图通过元分析的方法回答以下问题。……”

在讨论部分: “这个结果证实了生成性理论的假设, 即学习者在使用想象策略的过程中能够积极地对信息进行选择、组织和整合, 最终提高学习成绩(Fiorella & Mayer, 2016), 认知负荷假设没有被证实。”

意见 6: 标题“3 研究设计”建议改为“方法”, 同时提供的表 1 作者并没有进行文献编码, 文献编码表应该是要提供调节变量的编码, 而不是呈现 M, SD, n, 可以呈现单个研究的效应量。作为元分析, 无论是正文还是附录形式, 都应该呈现完整的文献信息编码表, 而不是只呈现部分。另外, 这个编码表格也不是目前常见的编码表格方式, 建议作者多参照一下近期在心理学杂志发表的相关论文。

回应: 感谢您的建议。已经将“3 研究设计”改为了“方法”, 并且提供了文献的编码表, 呈现了单个研究的效应量和相关的调节变量编码, 具体见表 1(第 17 页 25 行; 第 19-20 页)。

表 1 想象策略元分析

研究	被试群体	样本量	材料是否可见	使用时机	因变量	<i>g</i>
Glenberg, et al. 2004		25			保持	1.16
Leahy & Sweller, 2004 Exp. 1		24			迁移	0.87
Leahy & Sweller, 2004 Exp. 2	儿童	32			迁移	1.07
Leutner et al., 2009		111			理解	0.19
					认知负荷	0.45
					理解	0.34
Scheiter et al., 2006		123			迁移	0.11
					时间	-0.42
Leopold et al., 2019 Exp. 1		81			迁移	0.96
					保持	0.67
Leopold et al., 2019 Exp. 2		75			迁移	0.29
					保持	0.68
		104		中	保持	0.18
					迁移	-0.02
Schmidgall et al., 2019	成人				时间	-1.56
		100			保持	0.16
					迁移	0.17
					时间	1.77
					保持	0.47
de Koning et al., 2020a		92	是		理解	0.26
					迁移	0.08
					认知负荷	0.03
					保持	0.35
de Koning et al., 2020b		87			理解	0.69
					迁移	-0.18
					认知负荷	0.25
Cooper et al., 2001 Exp. 1		28			迁移	0.63
Cooper et al., 2001 Exp. 2		20			迁移	1.41
Cooper et al., 2001 Exp. 3		22			迁移	-1.08
	儿童				迁移	0.90
Cooper et al., 2001 Exp. 4		36			迁移	-0.94
					时间	0.40
Tindal-Ford & Sweller, 2006 Exp. 1		22		后	迁移	1.49
Tindal-Ford & Sweller, 2006 Exp. 2		22			迁移	0.12
					保持	0.38
Huang & Mayer, 2018		142			迁移	0.42
Ignatova et al., 2020 Exp. 1	成人	44			迁移	0.80
					迁移	1.03
Ignatova et al., 2020 Exp. 2		60			认知负荷	-0.52
Leahy and Sweller, 2005 Exp. 1		30			迁移	0.80
Leahy and Sweller, 2005 Exp. 2	成人	30	否	中	迁移	0.48
Leahy & Sweller, 2008		30			迁移	0.51

Wang et al., 2022 Exp. 1	93		迁移	0.35
			认知负荷	-1.55
Wang et al., 2022 Exp. 2	90		迁移	1.25
			认知负荷	-0.92
		儿童	保持	-0.26
徐珂, 2020	120		后 迁移	-0.36
			认知负荷	0.01
			认知负荷	0.00
Leopold & Mayer, 2015 Exp. 1	85		迁移	0.75
			保持	0.77
			时间	0.79
			迁移	0.83
Leopold & Mayer, 2015 Exp. 2	48		保持	0.97
			中 认知负荷	0.46
			时间	0.85
Ploetzner & Fillisch, 2017	52	成人	未明确 理解	0.16
			保持	-0.10
			迁移	0.01
Cheng & Beal, 2020	82		时间	-1.02
			认知负荷	0.24
			理解	0.00
Lin et al., 2017	63		后 认知负荷	0.60
			时间	0.65

注：被试群体：儿童为 18 岁以下被试，成人为 18 岁以上被试；材料是否可见：是，表示在使用想象策略时，学习者可以阅读材料；否，表示在使用想象策略时，学习者不可以看到学习材料；未明确，表示研究没有明确表示是否可以使用；时机：中，表示学习者被要求在学习材料时，进行想象；后，表示学习者被要求学习者学习完材料后，进行想象。特别注意，出现材料不可见但是在学习过程中使用学习策略的组合，是因为有些研究要求学习者在想象时将学习材料翻转过去。

意见 7: 采用了什么模型，以及什么软件进行的分析，需要详细说明。同时对采用的效应量，各项指标如表 1 中的一些异质性系数应进行描述。

回应: 感谢您的建议。我们采用的是 CMA 3.0，按照您的建议，我们增加了有关模型的介绍，软件的使用和各项指标的异质性系数的描述。具体内容如下（第 18 页 10-11 行；第 22 页 16-20 行）：

“分析软件采用 CMA 3.0。本研究采用的效应值为 Hedges’s g ，因为该值可以对偏差进行矫正(Borenstein et al., 2009)。”

“4.3 异质性检验

通过对所有变量进行异质性检验，结果表明除理解变量外，其余变量的 Q 检验均显著（具体见表 2）。这表明除理解变量之外，其他结果变量的效应量是异质性的，因此除了理解变量采用固定效应模型外，其他变量采用随机效应模型。在考虑到随机效应模型时，由于可能存在其他调节变量的影响，故接下来进行调节效应检验。考虑到理解和学习时间变量的研究个数相对较少，故不考虑进一步的调节分析。”

意见 8: 在编码的影响变量中，为何把花费时间作为一个影响变量？这个变量在以往研究中

很少见。或者说，这个变量对于学习的价值和意义可能需要阐述。

回应：感谢您的建议。由于想象策略不需要外化，可以节约学习的时间，因此我们把“花费时间”这一变量作为分析的指标之一，我们在文献综述部分添加了说明。具体内容如下（第 17 页 2-5 行）：

“一种是想象策略对学习有积极的影响，研究者们通过准实验方法证实，学习者可以通过运用想象策略，从而积极主动的选择、组织和整合学习材料，最终提升了保持、理解和迁移成绩(de Koning et al., 2020b; Leopold & Mayer, 2015; Leopold et al., 2019; Schmidgall, 2019)，并且由于想象策略不需要外化，因此可以节约学习的时间(Cheng & Beal, 2020)。”

意见 9：作者对于异质性显著的变量未能进行调节效应分析，一个研究编码了多个效应量的时候也无法进行 two-level 的随机效应模型。因此总体来看整个元分析的意义不是特别突出。

回应：感谢您的建议。针对异质性显著的变量，我们进行了进一步的调节分析。具体内容见“4.4 调节效应检验”（第 22 页 21-25 行）。

意见 10：发表偏倚应该单独作为方法和结果中的一段进行描述，同时要有数据支撑，不能仅表述为“本研究采用失安全系数检验发表偏差，经过检验，未发现发表偏差”。

回应：感谢您的建议，我们增加对发表偏差详细结果的描述。具体内容如下（第 20 页 6-11 行）：

“4.1 发表偏差检验

为保证元分析结果的科学和准确性，本研究在进行所有分析之前首先进行了发表偏差检验。首先，通过漏斗图可以看出，有关想象的研究文献效应值较为对称地分布在总效应值左右两侧，初步证明无显著的发表偏差。其次研究采用采用失安全系数（Rosenthal's Nfs）检验发表偏差，失安全系数为 704，大于 335（ $5*65+10$ ），再次证明无显著的发表偏差。最后，Egger's 检验结果显示： $T = 1.78 < 1.96, p = .080 > .05$ ，进一步证明不存在发表偏差，基于此，可以证明研究样本得到的结果是科学和准确的。

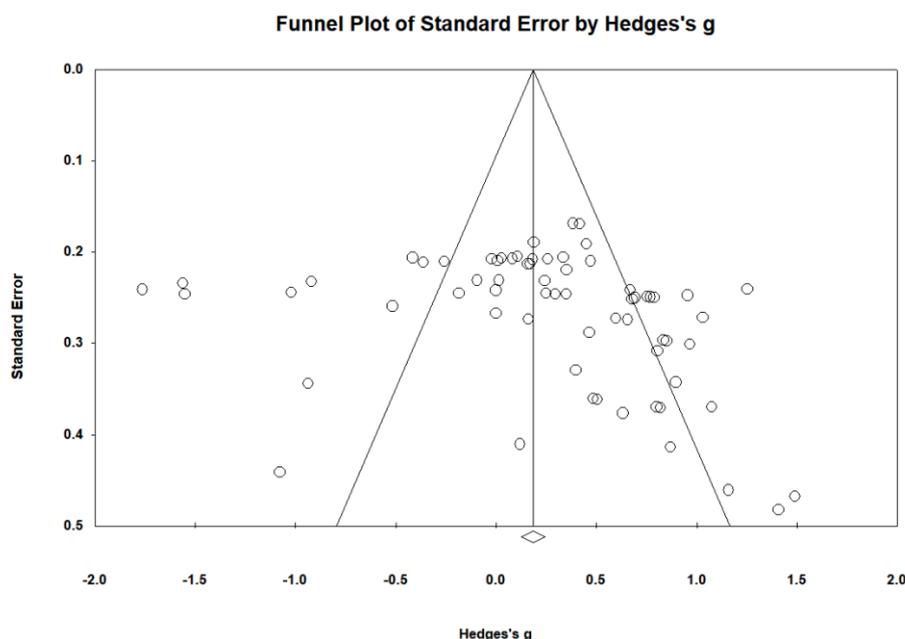


图 2 漏斗图”

意见 11：正如作者所提到的，文章没有进行调节效应的分析，仅通过主效应检验价值十分

有限。这也导致本文引言内容单薄，不够深入。同时也导致后续结果，展望的分析不具有说服力。

回应：感谢您的建议。我们增加了对调节效应的分析，并且在文献综述部分增加了有关调节变量的论述，相应地在结果部分也进行了探讨。具体内容如下（第 17 页 8-18 行；第 22 页 21-25 行）：

在引言部分：

“不同实证研究对想象策略的操纵方式也有不同，也可能是导致想象策略对学习的影响出现了不同结果的原因。对想象策略操纵方式不同的体现主要有：学习材料是否可见，想象策略使用的时机等。在学习材料是否可见上，Lin 等人(2017)要求学习者在学习完人的心血管系统后，在不得阅读材料的情况下两分钟内对已经学习的内容进行想象；而 Schmidgall 等人(2019)则要求学习者在学习如何游泳的文本材料过程中，对每一个段落中的重点内容进行想象，在此期间学习材料是可见的。在想象策略使用时机上，Cheng 和 Beal(2020)认为 Lin 等人(2017)研究中使用的想象策略只能当作是检索策略，而不能起到想象策略的作用，因为在他们的研究中，想象策略的应用是在学习之后，且学习材料不可见，这就无法促进学习者对当时信息的选择、组织和整合，而应当作为检索策略。为此，Cheng 和 Beal(2020)改进了 Lin 等人(2017)使用想象策略的时机，想象策略应用在学习的过程中，且学习材料可见。此外，想象策略的研究还涉及到了不同群体的被试，例如 Leopold(2022)通过综述发现，想象策略对于成年人和儿童影响略有不同，对儿童正面影响的效应量大于对成人的影响，然而由于大部分研究关注的是成年人，因此，此结论还有待后续研究证实。”

在结论部分：

“4.4 调节效应检验

研究主要就学习材料是否可见，想象策略使用时机和被试群体 3 种变量是否对想象策略起到了调节作用进行了详细分析。研究结果显示，在保持成绩上（见表 3），学习材料的可见性显著调节了想象策略的作用，且学习材料可见（ $g = 0.42$ ）显著高于学习材料不可见的情况（ $g = -0.26$ ）。其他变量未见调节作用。在迁移成绩和认知负荷上，未见 3 种变量的显著调节作用。

表 3 想象策略的调节效应检验（随机效应模型）

结果变量	调节变量	<i>k</i>	<i>g</i>	95% CI	异质性		
					Q_B	<i>p</i>	
保持	材料可见性	可见	8	0.42	[0.25, 0.58]	9.25	.010
		不可见	1	-0.26	[-0.67, 0.16]		
		未说明	3	0.53	[-0.13, 1.19]		
	时机	中	10	0.47	[0.25, 0.69]	1.34	0.246
		后	2	0.08	[-0.56, 0.70]		
		年龄段	儿童	1	1.16		
迁移	材料可见性	成人	11	0.36	[0.16, 0.57]	2.82	.093
		可见	19	0.40	[0.15, 0.65]		
		不可见	7	0.53	[0.07, 0.99]		
	时机	未说明	3	0.52	[-0.02, 1.05]	0.82	0.366
		中	20	0.51	[0.31, 0.71]		
		后	9	0.26	[-0.26, 0.77]		
认知负荷	年龄段	儿童	14	0.52	[0.16, 0.88]	0.33	0.567
		成人	15	0.39	[0.15, 0.63]		
		可见	4	0.07	[-0.32, 0.47]		
	材料可见性	不可见	3	-0.82	[-1.73, 0.09]	5.77	0.056
		未说明	4	0.30	[0.04, 0.56]		
		中	9	-0.17	[-0.62, 0.27]		
时机	后	2	0.28	[-0.30, 0.86]	1.46	0.227	
	年龄段	儿童	2	-0.55			[-2.53, 1.43]
	成人	9	0.01	[-0.30, 0.31]			

”

意见 12: 结果描述不符合元分析文章的内容, 应只呈现数据结果。另外, 文中存在两个总结, 逻辑有点混乱, 可以考虑将 4.4 的内容整理到 5.2 中。

回应: 感谢您的建议。我们重新架构了结果部分, 呈现了数据结果, 并且将总结整体归类到 5.2 中 (第 23 页 3-11 行)。

意见 13: 作者在总结与展望中提到“但从分析结果来看, 想象策略对学习是有益的 ($g_{\text{保持}} = 0.36, g_{\text{理解}} = 0.28, g_{\text{迁移}} = 0.27$)。在保持、理解和迁移测验上的效应量大于 0.2, 属于比较大的效应量。”根据目前标准, 并不认为 Hedge's g 大于 0.2 就能算大效应量。

回应: 感谢您指出相关问题。我们重新梳理了文献, 增加了两篇相关文献, 并且调整了我们的描述方式, 认为目前的效应不属于大效应, 只属于小到中的效应。具体表现如下 (第 23 页 5-6 行):

“具体而言, 元分析的结果显示, 想象策略对学习是有益的 ($g_{\text{保持}} = 0.40, g_{\text{理解}} = 0.27, g_{\text{迁移}} = 0.44$), 即在保持、理解和迁移测验上的有小到中等的效应量。”

意见 14: 参考文献中标星的研究只有 14 篇, 不是文中所说的 18 篇。

回应：感谢您指出的问题。我们一共分析了 20 篇文献，我们补充把另外 6 篇补充到了参考文献中。具体内容如下（第 18 页 9-10 行；第 25 页 15 行；第 26 页 8-13 行, 29-30 行；第 27 页 4-5 行, 21 行）：

在正文中：“因此，20 篇文献被纳入分析，共 65 个效应量。”

在参考文献中添加了以下 6 篇文章：

*徐珂. (2020). 学习策略对教学视频学习的影响(硕士学位论文). 华中师范大学, 武汉.

*Glenberg, A. M. , Gutierrez, T. , Levin, J. R. , Japuntich, S. , & Kaschak, M. P. (2004). Activity and imagined activity can enhance young children's reading comprehension. *Journal of Educational Psychology*, 96(3), 424-436.

*Ignatova, O. , Kalyuga, S. , & Sweller, J. (2020). The imagination effect when using textual or diagrammatic material to learn a second language. *Language Teaching Research*, 136216882097178.

*Ploetzner, R. , & Fillisch, B. (2017). Not the silver bullet: learner-generated drawings make it difficult to understand broader spatiotemporal structures in complex animations. *Learning and Instruction*, 47, 13-24.

*Scheiter, K. , Gerjets, P. , & Catrambone, R. (2006). Making the abstract concrete: visualizing mathematical solution procedures. *Computers in Human Behavior*, 22(1), 9-25.

*Wang, B., Ginns, P. & Mockler, N. (2022). Sequencing Tracing with Imagination. *Education Psychology Review*, 34, 421-449.”

意见 15：结果中呈现的主效应检验结果被错误描述为“效应量中值”。

回应：感谢您指出相应问题，我们修改了原来的描述，去除了“效应中值”的描述。

.....

审稿人 3 意见：

意见 1：该文章研究了一个非常有价值的问题，但在元分析的分析过程方面要进行较大的修改。首先，研究方法部分，在该文中被称为研究设计，应该具体陈述该文的具体实施过程。包括效应量指标的选择，参数估计模型的选择等方面。文献检索词应列出所有的检索词。

回应：感谢您的建议。我们将原来的“研究设计”改为了“研究方法”，详细描述了效应量的指标选择，参数估计和检索词等。具体内容如下（第 18 页 10-11 行；第 22 页 17-19 行；第 17 页 19 行-第 18 页 2 行）：

在效应量指标的选择上：“本研究采用的效应值为 Hedges’s g ，因为该值可以对偏差进行矫正(Borenstein et al., 2009)。”

在参数估计模型上：“通过对所有变量进行异质性检验，结果表明除理解变量外，其余变量的 Q 检验均显著（具体见表 2）。这表明除理解变量之外，其他结果变量的效应量是异质性的，因此除了理解变量采用固定效应模型外，其他变量采用随机效应模型。”

在文献检索词上：“英文关键词有“Learning by Imagining”、“Mental Imagery”、“Imagination”、“Imagery”、“Generative learning strategy”，中文关键词有“想象策略”、“学习策略””

意见 2：其次，增加 moderator analysis。“4.4 总结”中提到的“是否有预训练、学习者个体差异、学习材料类型、是否与其它学习策略结合”等可能都可以从 moderator analysis 中得到有益的信息。

回应：感谢您指出的问题。我们增加了调节效应的分析，主要关注在“学习材料是否可见、想象策略的使用时机和被试群体”上，没有选择其他调节变量是因为在编码时，文献数量相差较为悬殊，故没有选择。具体内容如下（第 22 页 21-25 行）：

“.....在调节变量上，本研究编码：学习材料是否可见，想象策略的使用时机和被试群体。其中在学习材料是否可见上，由于存在部分研究没有明确说明，因此被编码为“尚未明确”.....”

“4.4 调节效应检验”

意见 3: 文献编码表应该列出全部内容，而不仅仅列出几篇文章。同时，要整理出原始研究的基本信息、研究特征、效应量信息等。

回应: 感谢您的建议。我们在正文中提供了表 1（第 19-20 页），呈现了原始研究的基本信息，包括效应量、调节变量和结果变量等。

表 1 想象策略元分析

研究	被试群体	样本量	材料是否可见	使用时机	因变量	<i>g</i>
Glenberg, et al. 2004		25			保持	1.16
Leahy & Sweller, 2004 Exp. 1		24			迁移	0.87
Leahy & Sweller, 2004 Exp. 2	儿童	32			迁移	1.07
Leutner et al., 2009		111			理解	0.19
					认知负荷	0.45
					理解	0.34
Scheiter et al., 2006		123			迁移	0.11
					时间	-0.42
Leopold et al., 2019 Exp. 1		81			迁移	0.96
					保持	0.67
Leopold et al., 2019 Exp. 2		75			迁移	0.29
					保持	0.68
				中	保持	0.18
		104			迁移	-0.02
Schmidgall et al., 2019	成人				时间	-1.56
					保持	0.16
		100	是		迁移	0.17
					时间	1.77
					保持	0.47
de Koning et al., 2020a		92			理解	0.26
					迁移	0.08
					认知负荷	0.03
					保持	0.35
de Koning et al., 2020b		87			理解	0.69
					迁移	-0.18
					认知负荷	0.25
Cooper et al., 2001 Exp. 1		28			迁移	0.63
Cooper et al., 2001 Exp. 2		20			迁移	1.41
Cooper et al., 2001 Exp. 3		22			迁移	-1.08
	儿童			后	迁移	0.90
Cooper et al., 2001 Exp. 4		36			迁移	-0.94
					时间	0.40
Tindal-Ford & Sweller, 2006 Exp. 1		22			迁移	1.49

Tindal-Ford & Sweller, 2006 Exp. 2		22		迁移	0.12
Huang & Mayer, 2018		142		保持	0.38
				迁移	0.42
Ignatova et al., 2020 Exp. 1	成人	44		迁移	0.80
				迁移	1.03
Ignatova et al., 2020 Exp. 2		60		认知负荷	-0.52
Leahy and Sweller, 2005 Exp. 1		30		迁移	0.80
Leahy and Sweller, 2005 Exp. 2		30		迁移	0.48
Leahy & Sweller, 2008	成人	30		迁移	0.51
			中	迁移	0.35
Wang et al., 2022 Exp. 1		93		认知负荷	-1.55
			否	迁移	1.25
Wang et al., 2022 Exp. 2		90		认知负荷	-0.92
	儿童			保持	-0.26
徐珂, 2020		120		迁移	-0.36
				认知负荷	0.01
				认知负荷	0.00
				迁移	0.75
Leopold & Mayer, 2015 Exp. 1		85		保持	0.77
				时间	0.79
				迁移	0.83
				保持	0.97
Leopold & Mayer, 2015 Exp. 2		48		中 认知负荷	0.46
				时间	0.85
Ploetzner & Fillisch, 2017	成人	52	未明确	理解	0.16
				保持	-0.10
				迁移	0.01
Cheng & Beal, 2020		82		时间	-1.02
				认知负荷	0.24
				理解	0.00
Lin et al., 2017		63		后 认知负荷	0.60
				时间	0.65

注：被试群体：儿童为 18 岁以下被试，成人为 18 岁以上被试；材料是否可见：是，表示在使用想象策略时，学习者可以阅读材料；否，表示在使用想象策略时，学习者不可以看到学习材料；未明确，表示研究没有明确表示是否可以使用；时机：中，表示学习者被要求在学习材料时，进行想象；后，表示学习者被要求学习者学习完材料后，进行想象。特别注意，出现材料不可见但是在学习过程中使用学习策略的组合，是因为有些研究要求学习者在想象时将学习材料翻转过去。

意见 4：设置的研究问题应恰当，并与后面的分析相协调。

回应：感谢您的建议，我们重新调整了研究问题，使研究问题与分析结果一一对应（第 17 页 22-24 行；第 21 页 3 行-22 页 15 行；第 22 页 21-25 行）。

研究问题：

“1.与不使用想象策略相比，想象策略是否能够显著提升学习者的保持、理解和迁移成绩、减少学习时间和认知负荷？”

2.想象策略对学习的是否受到学习材料是否可见、学习策略的使用时机和被试群体的调节影响？”

分析结果：

“4.2 与不使用想象策略相比，想象策略是否能够显著提升学习者的保持、理解和迁移、降低他们的学习时间和认知负荷

4.4 调节效应分析”

第二轮

审稿人 1 意见：

意见 1：经过修改后文章还存在一些问题，整体感觉逻辑不清，没有深入的解释理论与实证研究之间的关系，前言和结果讨论部分相对薄弱。文章存在一些错字多字，断句及标点使用的问题。其他建议或问题详见文中批注。

引言部分，对学习没有促进作用，也不能说“坏”吧，建议引用一篇更准确的文献，或者修改说法。

回应：感谢您指出此处问题。我们更换了另外一篇文献来准确的描述“坏”的层面，具体如下：

“Cooper 等人（2001，实验三）在有关计算机电子表格应用的学习中发现，对比于学习组（即，学习者被告知“请尝试理解和记忆学习内容”），使用了想象策略的学习者在迁移测试上表现更差。由此可见，关于想象策略对多媒体学习的影响的研究结论好坏参半，这可能是由于不同实验环境中的操作方式、不同的学习材料设计或者被试的个体差异等造成的。”

意见 2：文献综述部分：这两个理论是对立的吗？还是互相补充的？从作者的论述中，似乎两者是相互补充的。认知负荷理论的角度似乎是说，当超荷才会产生不良影响，那么在限度以内呢？能否从这两个理论中总结出来，想象策略要想产生积极作用的条件，而后面的实证研究是否也证实了这些条件，或者本研究所选取的调节变量的分析，是否也验证了这些条件的存在？建议作者认真厘清楚两个理论的内涵以及对本研究的意义和价值。

回应：感谢您的意见。我们增加了一个图片和一段文字，描述两个理论对想象策略作用的相互补充，以及在理论框架下相关调节因子对想象策略有效性的影响。具体内容如下：

“想象策略对多媒体学习的积极影响受到了生成性学习理论的支持。生成性学习理论(Generative Learning Theory)认为只有学习者主动参与到认知加工中，选择相关的信息，将其组织成为一个有逻辑的表征，并把这些知识整合到长期记忆中，学习者才能够获得深度的学习(Fiorella & Mayer, 2016)。想象策略恰好能够满足以上三点，在进行想象策略的活动时，一需要选择相关的信息以构成想象的要素，二通过对要素进行联系、组合等构成相应图像，三将这些图像与先前知识经验结合，最终形成图式。

从生成性学习理论的角度来看，想象策略还有如下几个好处：一，想象策略不需要依赖于其他技能，如绘图技能、动手操作技能等，因此想象策略更容易实施和被学习者所接受(Fiorella & Zhang, 2018)；二，因为想象测恶略不需要外化，因此学习者可能能够更加关注学习本身。但也因此，想象策略也存在着如下缺点：一，对比于其他可以外化成果的策略，想象策略要求学习者具有更高的动机，因为学习者是否使用了想象策略依赖学习者的自我监控；二，想象策略的结果是无法外化的，学习者将所有需要加工的信息存储在认知容量中，一旦信息累加超过认知容量，将认知超载(Cromley et al., 2019)。

为此，认知负荷理论(Cognitive Load Theory)认为想象策略只有在学习者具备了一定

知识基础后才能发挥积极作用，否则是无效的(Sweller, 2012)。认知负荷理论认为当学习者被要求想象一个概念或者流程时，与之有关的要素需要先被加工到认知容量中，因其不可外化，故所有的要素在被加工结束之前都将存储在认知容量中，此时若无明确的教学指导，帮助学生择取合适要素，这些要素将很快占尽认知资源，从而导致认知容量超载。Bandura(1977)提出，如果给学习者提供较少或者不提供适当的指导时，想象策略将不再对学习有积极的影响。

值得一提的是，尽管生成性学习理论和认知负荷理论对想象策略如何影响学习持有不同的观点，但这两种理论并不存在冲突，而是互补地揭示了想象策略对学习的影响过程（具体见图1）。从生成性学习理论的角度出发，想象策略可以促进学习者对信息的选择、组织和整合过程，当这个过程没有超过学习者的认知负荷容量时，想象策略将促进学习；而当这个过程导致了学习者的认知加工超载时，想象策略将无法促进学习，反而可能阻碍学习。这也就间接表明了想象策略的使用存在着边界条件，即在不增加或者减少认知负荷的情况下，尽量促进生成性内容的产生。

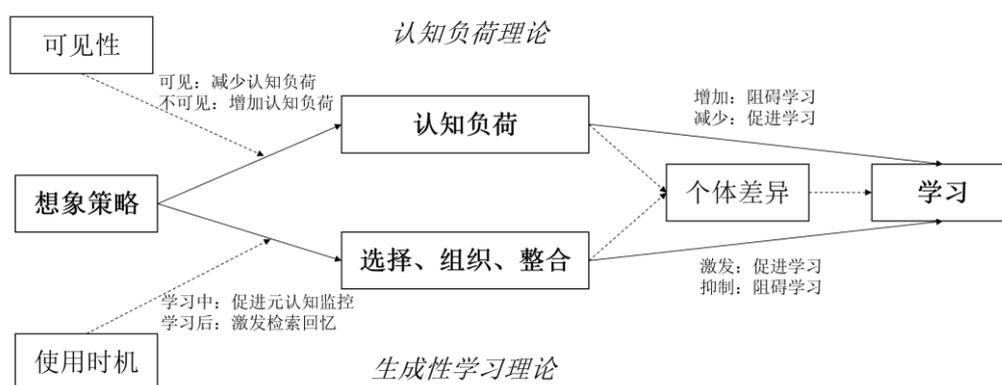


图1 基于认知负荷理论和生成性学习理论的想象策略学习加工过程及调节变量的影响”

意见 3: 目前的写作看起来零散而缺乏逻辑，实证研究与前文的理论究竟是怎样的关系，不同的研究结果之间究竟反映出了什么样的问题，对现有的不同研究进行元分析究竟有何种意义和价值？

回应: 我们重新修改了文献综述部分，将实证研究和理论研究结合起来，并且添加了对不同研究结果出现差异的解释原因。具体如下：

“基于以上两种理论，目前有关想象策略的实证研究主要呈现了两种不同的观点：一种是基于生成性学习理论的角度，认为想象策略对学习有积极的影响，研究者们通过准实验方法证实，学习者可以通过运用想象策略，从而积极主动的选择、组织和整合学习材料，最终提升了保持、理解和迁移成绩(de Koning et al., 2020b; Leopold & Mayer, 2015; Leopold et al., 2019; Schmidgall, 2019)，并且由于想象策略不需要外化，因此可以节省学习时间(Cheng & Beal, 2020)；另一种观点则认为想象策略对学习无显著影响甚至会产生负面影响，这种观点从认知负荷理论的角度出发。该理论认为，如果使用想象策略时，学习者没有能力完成想象策略要求生成的内容，或者由于认知容量有限和无法外显化的学习内容持续占据工作记忆容量，从而导致学习者认知负荷超载，这样就会导致相比于被动学习组或者是其他学习策略组，想象策略将不会促进学习，甚至还可能阻碍学习，这一观点亦有实证研究证实(Cheng & Beal, 2020; Cooper et al., 2001; Lin et al., 2017)。

关于想象策略对学习的影响结果不一致的可能原因之一是，不同研究对想象策略的操纵方式不同，从而影响了学习者的认知负荷和生成性学习过程。目前，有关研究对想象策略的操纵方式主要有：学习材料是否可见、想象策略使用的时机等。学习材料的可见性是指学习者在使用策略时是否被允许查看学习材料，这通常被认为会影响学习者的认知负荷，例如

Sibley 等人(2022)在有关解释策略的研究中发现,相比于允许学习者查看学习材料,不被允许查看学习材料会导致学习者报告更高的认知负荷和更低的学习成绩。从认知负荷理论的角度来看,当学习者不被允许查看学习材料时,他们通常需要先花费认知资源对学习材料内容进行检索和回忆,这需要占据额外的认知资源。Lin 等人(2017)要求学习者在学完“人的心血管系统”后,在不得阅读材料的情况下两分钟内对已经学习的内容进行想象,最终结果发现在控制组和想象组的学习者在理解成绩上没有显著差异;而 Tindal-Ford 和 Sweller(2006)则要求学习者在学完“频率分布”内容时进行想象,在想象过程中如果遇到可以随时查看学习材料,他们发现,相比于控制组,使用想象策略的学习者取得了更高的迁移成绩。由此可见,是否允许学习者在想象过程中查看学习材料,可能会调节想象策略的有效性。遗憾的是,目前尚无相关研究探讨材料是否可见对想象策略的调节效应。

使用时机是指策略是被要求在学习过程中使用还是在学习结束后使用,这将影响策略对认知加工过程的影响,例如, Lachner 等人(2020)发现相比于在学习结束后使用解释策略,当要求学习者在学完过程中使用时,学习者会产生更多关注自己当前的学习状态,产生更多与元认知相关的解释内容(例如,哪些内容理解了,哪些内容没有理解)。根据生成性学习理论,在学习过程中使用想象策略可以激发学习者的元认知监控进而影响认知加工,即激发学习者的元认知,促进他们对信息的选择、组织和整合;而当想象策略发生在学完过程后,要求学习者进行想象策略更像要求他们对学习内容回忆。例如, Cheng 和 Beal(2020)认为 Lin 等人(2017)研究中使用的想象策略是在学完结束之后使用,更像是一种检索提示,即让学习者进行回忆所学信息,而非鼓励学习者进行学习内容的生成和监控,因为当学习者学完大段的内容之后,他们很可能没有额外的认知资源来组织和整合学习内容。为此, Cheng 和 Beal(2020)改进了 Lin 等人(2017)使用想象策略的时机,将想象策略应用在学习过程中,结果发现当学习者的空间认知能力较高时,想象策略组的学习者比被动观看图片组的学习者取得了更高的迁移成绩。因此,想象策略的使用时机很可能调节了想象策略的有效性。

此外,学习者个体差异也被认为是调节想象策略有效性的另外一个重要因素(Dunlosky et al., 2013; Leopold, 2022)。例如, Dunlosky 等人(2013)综述了 20 世纪发表的有关想象策略的多篇文章,发现想象策略对于小学四、五年级的学习者有显著的积极影响,而对于大学生并没有显著的积极影响。Leopold(2022)则通过元分析综述进一步证实了,想象策略对于儿童和成年人的影响略有不同,研究结果发现想象策略对儿童正面影响的效应量($g_{\text{保持}} = 0.85$; $g_{\text{理解}} = 0.75$)略大于对成人的正面影响($g_{\text{保持}} = 0.66$; $g_{\text{理解}} = 0.53$),但由于该研究更加关注在不同知识类型中想象策略的影响,因此进入每种知识类型对比的研究数量较少,故无法进行成人和儿童的直接对比。因此,想象策略是否对不同群体的学习具有显著差异,尚不得而知。此外,我们还能从生成性学习理论和认知负荷理论的角度来解释,不同学习者群体(成人 vs. 儿童)在认知加工过程、认知资源应用和策略习得是存在差异的,相比于成人,儿童更多地被训练使用想象策略(Leopold, 2022),相比于其他学习策略(如总结策略),他们对想象策略更为熟悉,而成年人可能更熟悉总结策略等其他学习策略,而对于想象策略使用更少,故当要求他们使用想象策略时,很可能产生不适应的情况。

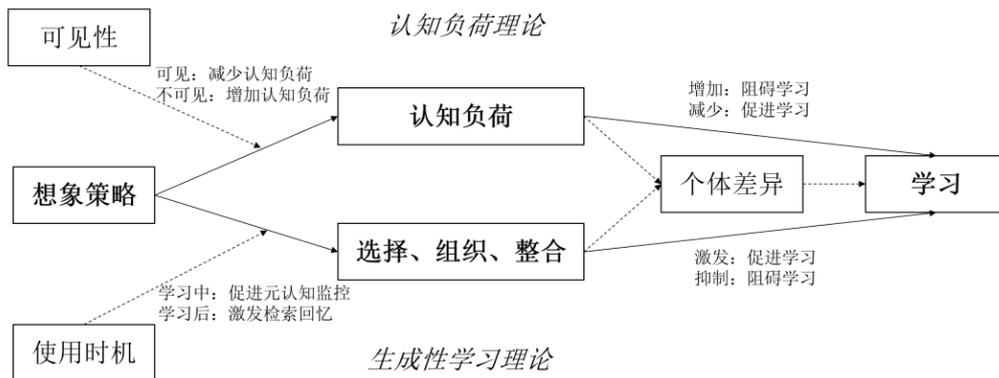


图 1 基于认知负荷理论和生成性学习理论的想象策略学习加工过程及调节变量的影响

总之，从理论或是实证研究的角度来看，想象策略对多媒体学习究竟是否有效，其结果应当受到多种因素的调节（见图 1）。元分析作为一种能够将具有相同研究目的且相互独立的多个研究结果进行综合评价和定量分析的研究方法，能够从整体的层面为研究者提供结论。鉴于此，本研究试图通过元分析的方法回答以下问题：

- 1.与不使用想象策略相比，想象策略是否能够显著提升学习者的保持、理解和迁移成绩、减少学习时间和认知负荷？
- 2.想象策略对学习的影响是否受到学习材料的可见性、学习策略的使用时机和学习者的个性特征的调节？”

意见 4：建议对这个反方观点进一步精确，究竟是没有影响，还是有阻碍或者不利的影

回应：我们进一步细化了这个反方观点，精确了我们的语言。具体如下：

“另一种观点则认为想象策略对学习无显著影响甚至会产生负面影响，这种观点从认知负荷理论的角度出发。该理论认为，如果使用想象策略时，学习者没有能力完成想象策略要求生成的内容，或者由于认知容量有限和无法外显化的学习内容持续占据工作记忆容量，从而导致学习者认知负荷超载，这样就会导致相比于被动学习组或者是其他学习策略组，想象策略将不会促进学习，甚至还可能阻碍学习，这一观点亦有实证研究证实(Cheng & Beal, 2020; Cooper et al., 2001; Lin et al., 2017)。”

意见 5：“学习材料可见”这一个实验条件显然是影响了认知负荷。

回应：我们在“学习材料可见”这部分，增加了与认知负荷的理论联系，具体如下：

“学习材料的可见性是指学习者在使用策略时是否被允许查看学习材料，这通常被认为会影响学习者的认知负荷，例如 Sibley 等人(2022)在有关解释策略的研究中发现，相比于允许学习者查看学习材料，不被允许查看学习材料会导致学习者报告更高的认知负荷和更低的学习成绩。从认知负荷理论的角度来看，当学习者不被允许查看学习材料时，他们通常需要先花费认知资源对学习材料内容进行检索和回忆，这需要占据额外的认知资源。Lin 等人(2017)要求学习者在学习完“人的心血管系统”后，在不得阅读材料的情况下两分钟内对已经学习的内容进行想象，最终结果发现在控制组和想象组的学习者在理解成绩上没有显著差异；而 Tindal-Ford 和 Sweller(2006)则要求学习者在学习“频率分布”内容时进行想象，在想象过程中如果遇到问题可以随时查看学习材料，他们发现，相比于控制组，使用想象策略的学习者取得了更高的迁移成绩。由此可见，是否允许学习者在想象过程中查看学习材料，可能会调节想象策略的有效性。遗憾的是，目前尚无相关研究探讨材料是否可见对想象策略的调节效应。”

意见 6：“学习策略的使用时机”可能与生成性学习理论的主要观点有关。

回应：我们在“学习策略的使用时机”部分增加了与生成性学习理论连接，具体表现如下：

“使用时机是指策略是被要求在学习过程中使用还是在学习结束后使用，这将影响策略对认知加工过程的影响，例如，Lachner 等人(2020)发现相比于在学习结束后使用解释策略，当要求学习者在学习过程中使用时，学习者会产生更多关注自己当前的学习状态，产生更多与元认知相关的解释内容（例如，哪些内容理解了，哪些内容没有理解）。根据生成性学习理论，在学习过程中使用想象策略可以激发学习者的元认知监控进而影响认知加工，即激发学习者的元认知，促进他们对信息的选择、组织和整合；而当想象策略发生在学习过程后，要求学习者进行想象策略更像要求他们对学习内容进行回忆。例如，Cheng 和 Beal(2020)认为 Lin 等人(2017)研究中使用的想象策略是在学习结束之后使用，更像是一种检索提示，即让学习者进行回忆所学信息，而非鼓励学习者进行学习内容的生成和监控，因为当学习者学习完大段的内容之后，他们很可能没有额外的认知资源来组织和整合学习内容。为此，Cheng 和 Beal(2020)改进了 Lin 等人(2017)使用想象策略的时机，将想象策略应用在学习过程中，结果发现当学习者的空间认知能力较高时，想象策略组的学习者比被动观看图片组的学习者取得了更高的迁移成绩。因此，想象策略的使用时机很可能调节了想象策略的有效性。”

意见 7：有关学习材料可见的研究，两个研究的结果如何，因为材料是否可见而存在显著差异了吗？

回应：我们增加有关研究结果存在差异的描述，并尝试解释其中原因，具体内容如下：

“Lin 等人(2017)要求学习者在学习完“人的心血管系统”后，在不得阅读材料的情况下两分钟内对已经学习的内容进行想象，最终结果发现在控制组和想象组的学习者在理解成绩上没有显著差异；而 Tindal-Ford 和 Sweller(2006)则要求学习者在学习“频率分布”内容时进行想象，在想象过程中如果遇到问题可以随时查看学习材料，他们发现，相比于控制组，使用想象策略的学习者取得了更高的迁移成绩。由此可见，是否允许学习者在想象过程中查看学习材料，可能会调节想象策略的有效性。遗憾的是，目前尚无相关研究探讨材料是否可见对想象策略的调节效应。”

意见 8：这个使用时机，建议作者进行操作性定义，在学习材料之后进行的想象策略就是检索策略吗？另外对于这些新出现的名词，建议作者简单解释其意义。

回应：我们增加对“时机”的定义。考虑到“检索策略”此类新名词与本研究关系不紧密，我们删除了“检索策略”新名词，用熟悉“检索和回忆”替代。具体内容如下：

“根据生成性学习理论，在学习过程中使用想象策略可以激发学习者的元认知监控进而影响认知加工，即激发学习者的元认知，促进他们对信息的选择、组织和整合；而当想象策略发生在学习过程后，要求学习者进行想象策略更像要求他们对学习内容进行回忆。例如，Cheng 和 Beal(2020)认为 Lin 等人(2017)研究中使用的想象策略是在学习结束之后使用，更像是一种检索提示，即让学习者进行回忆所学信息，而非鼓励学习者进行学习内容的生成和监控，因为当学习者学习完大段的内容之后，他们很可能没有额外的认知资源来组织和整合学习内容。为此，Cheng 和 Beal(2020)改进了 Lin 等人(2017)使用想象策略的时机，将想象策略应用在学习过程中，结果发现当学习者的空间认知能力较高时，想象策略组的学习者比被动观看图片组的学习者取得了更高的迁移成绩。因此，想象策略的使用时机很可能调节了想象策略的有效性。”

意见 9：为什么“对儿童正面影响的效应量大于对成人的影响”。

回应：我们增加了“对儿童正面影响的效应量大于对成人的影响”相关论述，详细阐述了以往研究的相关结果并解释了相关的原因：

“此外，学习者个体差异也被认为是调节想象策略有效性的另外一个重要因素 (Dunlosky et al., 2013; Leopold, 2022)。例如，Dunlosky 等人(2013)综述了 20 世纪发表的有关想象策略的多篇文章，发现想象策略对于小学四、五年级的学习者有显著的积极影响，而对于大学生并没有显著的积极影响。Leopold(2022)则通过元分析综述进一步证实了，想象策略对于儿童和成年人的影响略有不同，研究结果发现想象策略对儿童正面影响的效应量 ($g_{\text{保持}} = 0.85$; $g_{\text{理解}} = 0.75$) 略大于对成人的正面影响 ($g_{\text{保持}} = 0.66$; $g_{\text{理解}} = 0.53$)，但由于该研究更加关注在不同知识类型中想象策略的影响，因此进入每种知识类型对比的研究数量较少，故无法进行成人和儿童的直接对比。因此，想象策略是否对不同群体的学习具有显著差异，尚不得而知。此外，我们还能从生成性学习理论和认知负荷理论的角度来解释，不同学习者群体 (成人 vs. 儿童) 在认知加工过程、认知资源应用和策略习得是存在差异的，相比于成人，儿童更多地被训练使用想象策略 (Leopold, 2022)，相比于其他学习策略 (如总结策略)，他们对想象策略更为熟悉，而成年人可能更熟悉总结策略等其他学习策略，而对于想象策略使用更少，故当要求他们使用想象策略时，很可能产生不适应的情况。”

意见 10：研究方法部分：如何合并条件？

回应：感谢您的建议。我们增加了对合并条件的描述，主要是对多个非想象策略的条件组进行合并，具体内容如下：

“由于部分实验包含除非想象策略的多种条件，为避免单个实验生成过多效应量而占用权重，从而导致结果偏差，研究对非想象策略的多个条件组进行了合并处理后再进行元分析。”

意见 11：被试群体，材料可见，使用时机 有些研究的表格是空白，建议都补充完整，另外就是对齐问题，建议将作者置于相关研究信息的第一行。

回应：根据您的建议，我们补充完整了表格中被试群体、材料可见和使用时机，将相关作者置于相关研究信息的第一行，具体表现如下：

表 1 想象策略元分析

Study names	被试群体	样本量	材料可见性	使用时机	因变量	g
Glenberg, et al. 2004	儿童	25	是	中	保持	1.16
Leahy and Sweller, 2004, Exp. 1	儿童	24	是	中	迁移	0.87
Leahy and Sweller, 2004, Exp. 2	儿童	32	是	中	迁移	1.07
Leutner, Leopold, & Sumfleth, 2009	儿童	111	是	中	理解	0.19
					认知负荷	0.45
					理解	0.34
Scheiter, Gerjets, & Catrambone, 2006	成人	123	是	中	迁移	0.11
					时间	-0.42
Leopold, Mayer & Dutke, 2019, Exp. 1	成人	81	是	中	迁移	0.96
					保持	0.67
Leopold, Mayer & Dutke, 2019, Exp. 2	成人	75	是	中	迁移	0.29
					保持	0.68
Schmidgall et al. 2019	成人	104	是	中	保持	0.18

					迁移	-0.02
					时间	-1.56
					保持	0.16
	成人	100	是	中	迁移	0.17
					时间	1.77
					保持	0.47
de Koning, Rop & Paas, 2020a	成人	92	是	中	理解	0.26
					迁移	0.08
					认知负荷	0.03
					保持	0.35
de Koning, Rop & Paas, 2020b	成人	87	是	中	理解	0.69
					迁移	-0.18
					认知负荷	0.25
Cooper et al., 2001, Exp. 1	儿童	28	是	后	迁移	0.63
Cooper et al., 2001, Exp. 2	儿童	20	是	后	迁移	1.41
Cooper et al., 2001, Exp. 3	儿童	22	是	后	迁移	-1.08
					迁移	0.90
Cooper et al., 2001, Exp. 4	儿童	36	是	后	迁移	-0.94
					时间	0.40
Tindal-Ford & Sweller, 2006	儿童	22	是	后	迁移	1.49
					迁移	0.12
Huang & Mayer, 2018	成人	142	是	后	保持	0.38
					迁移	0.42
Ignatova, Kalyuga,& Sweller, 2020, Exp. 1	成人	44	是	后	迁移	0.80
Ignatova, Kalyuga,& Sweller, 2020, Exp. 2	成人	60	是	后	迁移	1.03
					认知负荷	-0.52
Leahy and Sweller, 2005, Exp. 1	成人	30	否	中	迁移	0.80
Leahy and Sweller, 2005, Exp. 2	成人	30	否	中	迁移	0.48
					迁移	0.82
Leahy and Sweller, 2008	成人	30	否	中	迁移	0.51
					迁移	0.35
Wang, Ginns, Mockler, 2022, Exp. 1	成人	93	否	中	迁移	-1.55
					认知负荷	-1.55
Wang, Ginns, Mockler, 2022, Exp. 2	儿童	90	否	中	迁移	1.25
					认知负荷	-0.92
					保持	-0.26
徐珂, 2020	儿童	120	否	后	迁移	-0.36
					认知负荷	0.01
Leopold & Mayer, 2015,	成人	85	未明确	中	认知负荷	0.00

Exp. 1					迁移	0.75
					保持	0.77
					时间	0.79
					迁移	0.83
Leopold & Mayer, 2015, Exp. 2	成人	48	未明确	中	保持	0.97
					认知负荷	0.46
					时间	0.85
Ploetzner & Fillisch, 2017	成人	52	未明确	中	理解	0.16
					保持	-0.10
					迁移	0.01
Cheng & Beal, 2020	成人	82	未明确	中	时间	-1.02
					认知负荷	0.24
					理解	0.00
Lin et al., 2017	成人	63	未明确	后	认知负荷	0.60
					时间	0.65

意见 12: 数据结果与分析部分，请简单描述异质性检验的内涵和作用，异质性检验表明了什么？为什么要进行调节效应检验？

回应: 感谢您的建议。我们在方法部分添加了有关异质性检验的内涵和作用，并且在异质性检验部分增加了相关说明，具体如下：

“考虑到研究的推广性，本研究中的效果量分析采用随机效应模型进行。此外，本研究通过 I^2 、 p 值和 Q 值考察研究的异质性（也可称之为同质性检验），如果 Q 值显著表示拒绝接受研究同质性的零假设，即多个研究间存在统计学上的差异，研究结果不一致（Borenstein et al., 2021）。若出现了异质性则表示可能存在调节变量导致研究结果出现统计学上的差异。”

“对所有因变量进行异质性检验，结果表明除“理解”变量外，其余变量的 Q 检验均显著（具体见表 2）。这表明除“理解”变量之外，其他结果变量的效应量是异质性的。这意味着可能存在其他调节变量的影响，导致研究结果存在异质性，故接下来进行调节效应检验。考虑到理解和学习时间变量的研究个数相对较少，故不考虑进一步的调节分析。”

意见 13: 总结与展望部分，应对本研究的结果进行更为详尽的讨论。

回应: 感谢您的建议。我们增加了对调节效应分析的讨论，具体如下：

“此外，调节效应分析的结果显示，仅有学习材料是否可见调节了想象策略对保持成绩的影响，具体表现为当学习材料可见时，想象策略对学习呈现积极的影响，而当学习材料不可见时，想象策略反而会对学习呈现消极的影响。我们可以用认知负荷理论解释这一结果，当学习材料不可见时，学习者需要花费更多的认知资源用于回忆和检索，很容易造成认知超载，故而无法促进学习，甚至对学习产生消极的影响。本研究没有发现使用时机和被试群体（成人 vs. 儿童）的调节效应。可能的解释是，时机的作用可能还受到其他的一些因素的影响，如生成内容的质量。例如，Lachner 等人(2020)研究发现在使用解释策略时，在学习过程中使用会导致学习者产生更多的元认知监控从而提升成绩，而由于目前有关想象策略的研究较少评估生成性的内容，如想象内容的质量，因此本研究没有记录此类数据，故而无法推断时机是否能够影响想象策略对学习过程和结果的影响。在被试群体上，由于近年来相关研究对

想象策略在成人被试中的影响关注逐渐增加(成人研究 14 个, 儿童研究 6 个), 有关儿童群体被试的研究相对较少 (Leopold, 2022), 这种研究不均衡的状态尚未能较为系统的揭示想象策略的年龄差异。”

意见 14: 本研究做不到“细化基线”么?

回应: 本研究因为纳入元分析的数量有限, 且有意进行调节效应分析, 如果进行了基线的细化, 研究数量将无法支撑后续有关调节变量的分析, 故没有进行基线细化。我们在原文中增加了相关的解释:

“ (1) 没有设置更为细致的标准基线, 仅比较了使用和不使用想象策略, 其中作为基线组的“不使用”想象策略, 往往还包括被动学习策略、其他生成性学习策略等, 如果能够细化基线, 将能够更好地揭示相比于其他学习方式想象策略是如何影响学习的, 但本研究纳入的样本量相对较少, 如若细化基线则每组研究数量更少, 可能无法保证后续的调节变量分析, 未来研究可以拓展文献涉及年限, 增加进入元分析的研究数量, 进一步深入分析……”

审稿人 3 意见:

该文对元分析的具体处理过程介绍不清楚, 固定效应模型或随机效应模型的选择理由不准确, 处理不恰当。文章选择哪个模型取决于作者是否要将研究结果推广到一般情境中去。而是否进行调节效应分析则取决于异质性检验的结果。这是两个事情, 作者将其混为一谈。见 Borenstein, M., Hedges, L. V., Higgins, J. P., & Rothstein, H. R. (2021). *Introduction to meta-analysis*. John Wiley & Sons.

回应: 感谢您的建议和书籍推荐。经过阅读, 我们修改了对元分析的具体处理介绍, 并在方法部分解释了有关模型选择和调节效应的原因, 具体内容如下:

“考虑到研究的推广性, 本研究中的效果量分析采用随机效应模型进行。此外, 本研究通过 I^2 , p 值和 Q 值考察研究结果的异质性 (也可称之为同质性检验), 如果 Q 值显著表示拒绝接受研究同质性的零假设, 即多个研究间存在统计学上的差异, 研究结果不一致 (Borenstein et al., 2021)。若出现了异质性则表示可能存在调节变量导致研究结果出现统计学上的差异。”

Borenstein, M., Hedges, L. V., Higgins, J. P., & Rothstein, H. R. (2021). *Introduction to meta-analysis*. John Wiley & Sons.

第三轮

审稿人 1 意见:

经过修改, 文章有了很大的改进, 还有一些小的问题, 请作者考虑错别字; 二, 因为想象策略不需要外化年龄能否作为个性特征请作者考虑; 表格的标题, 如表 1、表 2 建议作者能够清楚且简练地表达表格传递的信息。

回应: 感谢您宝贵的建议。

一, 针对错别字, 我们重新检查了全文, 确保了文字使用的正确性和准确性。

二, 关于为何考虑将“年龄”纳为个性特征, 我们增加有关“年龄对绘图的调节影响”的详细描述, 这不仅表现在想象不需要外化上 (即对绘画技能的要求), 还表现在不同年龄段的学习者对学习方式的倾向, 对于儿童而言绘图是一种自然而直观的学习方式, 而对于倾向文字和语言表达的成年人来说, 绘图可能更多地是用于辅助学习的方式。我们对此进行了

补充描述：“相比于成人，儿童的认知正处于发展过程中，想象力丰富，想象策略是一种有趣且自然的学习方式，儿童更多地被训练使用想象策略（Leopold, 2022），因此，相比于其他学习策略（如总结策略），他们对想象策略更为熟悉；而成年人则更倾向于使用文字或者语言表达，因此他们可能更熟悉总结策略等其他学习策略，而对于想象策略使用更少，故当要求他们使用想象策略时，他们的动机较弱，也很可能产生与原有学习习惯不适应的情况。”

三，关于表格标题，我们进行了如下修改以确保表格传递信息的准确性，将原来“表1 想象策略元分析”改为“表1 纳入想象策略元分析的文献及基本信息”，将原来“表2 主效应检测及异质性检验（除理解变量为固定效应模型，其余为随机效应模型）”改为“表2 想象策略对保持、理解、迁移、学习时间和认知负荷的主效应及异质性检验结果”。

审稿人3意见：

对审稿人提出的问题，作者已经进行了修改。

第四轮

编委1意见：

“2.3 想象策略的研究现状”标题过于宽泛，没有概括该标题下的核心内容，且与2.2 关系不清楚。2.2 的理论机制不体现研究现状？

回应：感谢您的建议！我们将“2.2 多媒体学习领域想象策略作用的理论机制”改为了“2.2 多媒体学习领域想象策略作用的理论解释”，并将“2.3 想象策略的研究现状”改为了“2.3 想象策略对学习影响的实证探索”。

编委2意见：同意发表

主编意见：

该稿件经过多名审稿专家的审阅，作者进行了认真修改，达到发表水平，同意发表。