

《心理学报》审稿意见与作者回应

题目：工作记忆成分的年龄相关差异对算术策略运用的预测效应

作者：丁晓 吕娜 杨雅琳 司继伟

第一轮

审稿人 1 意见：

本研究以三个年龄段被试为研究对象，采用工作记忆成套测验和自行编制的算术估算测验，结合建模统计技术，探究工作记忆不同成分对不同年龄个体估算策略使用表现的预测效应。结果发现不同工作记忆成分、策略运用中策略选择存在明显的年龄相关差异；策略选择上，中央执行成分表现出显著预测效应，但这种预测效应不存在年龄相关差异。该研究具有重要理论和实际意义。文章选题具有一定创新性，逻辑较清晰、结构层次安排相对合理，文中语言表达准确，重点突出。但文章还存在以下待完善的地方：

意见 1：首先是文章题目：因为文中很大的篇幅是围绕主要变量“年龄”，并且结果和讨论部分也主要结合不同年龄进行分析。所以建议修改题目，以更切合文章的研究内容。

回应：感谢审稿专家的建议。遵照审稿专家的意见，结合文章相关内容，我们将修改稿题目更改为《工作记忆成分对算术策略运用的预测效应及年龄相关差异》。

意见 2：前言部分：文中“年龄”变量选择的研究对象是小学四年级、六年级和高校成年个体。建议在前言中增加有关工作记忆、算术策略运用与不同年龄的有关研究，为年龄段的选择提供参照。

回应：感谢审稿专家的建议。遵照审稿专家的意见，我们在修改稿引言部分补充了有关工作记忆、算术策略运用与不同年龄的有关研究：“对儿童展开的研究显示，儿童的策略选择适应性随年龄的增长表现出不断提高的趋势（Lemaire & Lecacheur, 2011; Wylie, Jordan, & Mulhern, 2012）。Lemaire 和 Callies（2008）发现随着年龄的增加，儿童使用最佳策略的能力逐渐提高，同时，策略执行能力也得到提升。对成人乘法策略运用适应性的研究发现年轻人与老年人有着共同的策略偏好，都倾向于选择更加便捷的策略，但老年人的策略选择适应性低于青年人；另外，老年人在执行复杂策略时需要消耗更长时间（Lemaire, Arnaud, & Lecacheur, 2004）。此外，已有研究还发现在策略偏好、策略广度及策略执行等方面儿童（Martens, Hurks & Jolles, 2014）、青少年（Cantrell, Almasi, Carter, Rintamaa, & Madden, 2010）、成人（Blanchard-Fields, Chen, & Norris, 1997）、老年人（Lemaire & Leclère, 2014）均存在着一定的差异。刘伟方、华晓腾、封洪敏、胡冬梅和司继伟（2014）研究也发现年龄是影响个体算术策略运用的重要因素。”（1 引言，1.1 策略运用及其发展，第二段，8-18 行）。

此外，已有研究发现个体工作记忆表现在不同年龄阶段存在差异，具体如下：Mcauley 和 White（2011）在 6~24 岁个体的研究中发现：随着年龄的增长，个体在工作记忆各个测验上的得分均显著提高。Gathercole, Pickering, Ambridge 和 Wearing（2004）也发现 4~15 岁儿童的言语和视空间工作记忆呈线性发展趋势。李德明，刘昌和李贵芸（2003）关于毕生发展的研究结果表明，16~19 岁组数字工作记忆广度最大，工作记忆随年龄的对数呈抛物线变化。（1 引言，1.2 工作记忆与算术策略运用，第二段，19-23 行）。

意见 3: 实验材料部分: 国外编制的工作记忆成套测验, 共 12 个分测验, 文中选择其中的 8 个进行测量, 建议提供选择的依据; 这些分测验, 建议给出中文翻译, 以及简要的中文解释; 国外编制的工作记忆成套测验、自行编制估算测验建议给出在国内测量的信效度。

回应: 感谢审稿专家的建议。遵照审稿专家的意见, 我们在修改稿引言部分补充了工作记忆成套测验的相关内容: 工作记忆的测量比较常见的有阅读广度、操作广度、听力广度等的测量, 本研究采用自动化工作记忆评估 (Automated Working Memory Assessment, AWMA) 是一套基于计算机设计的工作记忆能力测验软件, 在国外工作记忆研究领域已得到广泛应用

(Holmes, Gathercole, Place, Dunning, Hilton, & Elliott, 2010; Alloway, 2009)。该测验由英国心理学家 Alloway (2007) 编制, 主要用于探查 4~22 岁个体的工作记忆能力, 共包括 12 个分测验, 分别为: 数字回忆 (Digit Recall)、词组回忆 (Word Recall)、非词组回忆 (Nonword Recall)、听力回忆 (Listening Recall)、计数回忆 (Counting Recall)、反向数字回忆 (Backwards Digit)、点矩阵 (Dot Matrix)、迷宫记忆 (Mazes Memory)、模块回忆 (Block Recall)、“找茬” (Odd-One-Out)、“X 先生” (Mr. X) 以及空间广度 (Spatial Span), 考察了言语短时记忆、言语工作记忆、视空间短时记忆、视空间工作记忆及执行功能五个方面。数字回忆、词组回忆以及非词组回忆都是传统的语音短时记忆的测量方法。听力回忆、计数回忆及反向数字回忆测量了言语工作记忆与执行工作记忆。点矩阵、迷宫记忆以及模块回忆三个任务测量了视空短时记忆, 如: 点矩阵任务中, 在 4×4 矩阵图片中呈现一个 2 秒的红点, 然后参与者在电脑屏幕上空白的 4×4 矩阵图片中, 指出红点的位置。图片呈现模式是: 第一次呈现一张, 要求被试回忆红点位置, 然后一次呈现 2 张图片, 要求被试按顺序依次回忆两张矩形图片中红点的位置, 最多一次呈现 7 张图片。“找茬”任务中, 在 1×3 矩阵中呈现三个图形, 要求被试观察图形, 并找出与其它两个图形不一致的一个, 当图形消失后, 要求被试在空白的 1×3 矩阵中指出不一致图形的位置, 图片呈现模式同点矩阵任务。“X 先生”中, 两个卡通人物, 一个戴蓝色帽子, 一个戴黄色帽子, 在不同的位置拿着一个球。在序列结束时, 参与者需判断两个 X 先生是否是用同一只 (左后或右手) 手拿的气球, 并通过点击图片上八个罗盘点回忆戴蓝色帽子的 X 先生拿的球的位置。“找茬”、“X 先生”和空间广度均测量了视空间工作记忆和执行工作记忆。(1 引言, 1.2 工作记忆与算术策略运用, 第一段, 4-26 行)。

此外, 关于该工作记忆成套测验, 共 12 个分测验, 文中选择其中的 8 个进行测量, 我们对专家上述意见尝试做出如下回应: 由于整个测验耗时较长, 考虑到被试疲劳效应对工作记忆成绩的影响, 鉴于以往工作记忆的测量 (王晓丽, 陈国鹏, 马娟子, 孙秀庆, 孙志凤, 2013; Mcauley & White., 2011) 与本研究的目的是, 本研究共选取其中八个子测验 (数字回忆、词组回忆、计数回忆、反向数字回忆、点矩阵、迷宫记忆、“找茬”、“X 先生”), 分别测量了个体的语音环路、视空模板和中央执行成分。(2 方法, 2.3 实验材料, 2.3.1 工作记忆成套测验, 第一段, 2-5 行)。

关于审稿专家提出的国外编制的工作记忆成套测验、自行编制估算测验建议给出在国内测量的信效度问题。

本课题组已经对该量表的信度进行验证。工作记忆八个子测验 (数字回忆、词组回忆、计数回忆、反向数字回忆、点矩阵、迷宫记忆、“找茬”、“X 先生”) 的克隆巴赫信度系数分别为 0.925、0.819、0.848、0.737、0.936、0.934、0.915、0.732 (李红霞, 2016) (2 方法, 2.3 实验材料, 2.3.1 工作记忆成套测验, 第一段, 6-8 行)。最佳策略、上调策略、下调策略条件各测验克隆巴赫信度系数分别为 0.919、0.759、0.643。(李红霞, 2016) (2 方法, 2.3 实验材料, 2.3.2 算术估算测验, 第一段, 9-11 行)

意见 4: 结果部分: 在语音环路、视空模板上, 虽然年级主效应均达到了显著水平, 但效用非常低。因为效应量太小, 意味着即使处理达到了显著水平, 也缺乏实用价值, 所以建议对这部分结果应给予合适的解释, 或者提供其他体现实用价值的分析结果。

回应: 感谢审稿专家的建议。遵照审稿专家的意见, 我们在修改稿中对该问题进行如下补充: 此外, 在语音环路、视空模板上, 虽然年级主效应均达到了显著水平, 但效应量较低。以往研究发现, 顺背数字能力在 9 岁时基本达到成人水平, 而倒背数字能力仍在继续发展(吴卫国, 苏彦捷, 2008); 词语复杂广度在 18 岁达到高峰, 视空间广度在 14-16 岁达到高峰(段小菊, 施建农, 冉瑜英, 2009), 这些证据表明工作记忆各子系统有不同的发展轨迹。而本研究在三种成分下采用相同的三个年龄阶段, 可能导致部分工作记忆成分的处理效应偏低。所以, 今后在探究工作记忆三成分的研究中可以扩大年龄跨度, 以期获得进一步探究。(4 分析与讨论, 4.3 算术策略运用的年龄发展趋势, 第一段, 14-20 行)。

意见 5: 文章行文有不规范、表述不准确的地方, 如“事后检验结果显示, 四年级() 的策略选择情况明显劣于六年级”; “语音环路、视空模板、中央执行三个工作记忆成分的分都表现出了随年龄增加而上升的趋势。但在视空模板成分上, 六年级学生的表现却优于成人”等。建议认真阅读进行修改。

回应: 非常感谢审稿专家的建议, 我们已遵照建议仔细核对全文文字, 并进行了改正。

意见 6: 文章中引用的一些前人研究时间太久, 如“我国被试的 AWMA 成绩与 Baddeley 等人(1974)提出的工作记忆多成分模型的拟合程度较好”; “策略选择能力随年龄而提高这一发现与以往的研究结果相吻合(Brigham & Pressley, 1988)”等。建议增加近期发表的相关新文献。

回应: 感谢审稿专家的建议。我们已遵照建议对整体参考文献进行了检查与更新, 增加了近期新文献, 具体如下:

Lemaire, P., & Leclère, M. (2014). Strategy selection in Alzheimer patients: A study in arithmetic. *Journal of Clinical & Experimental Neuropsychology*, 21(3), 1-10.

Hubber, P. J., Gilmore, C., & Cragg, L. (2013). The roles of the central executive and visuospatial storage in mental arithmetic: a comparison across strategies. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 67(5), 936-54.

Siegler, R. S. (2007). Cognitive variability. *Developmental Science*, 10(1), 104-109.

Liu, W. F., Hua, X. T., Feng, H. M., Hu, D.M., Si, J. W.(2014).The age-related differences of arithmetic strategy use in calculation: The role of metacognitive monitoring and arithmetic knowledge. *Psychological Development and Education*, 30(3), 234-243.

[刘伟方, 华晓腾, 封洪敏, 胡冬梅, 司继伟. (2014). 算术策略运用能力的年龄差异:元认知监测与算术知识的作用. *心理发展与教育*, 30(3), 234-243.]

Mata, R., Josef, A. K., & Lemaire, P. (2015). Chapter 6-Adaptive decision making and aging. In T. M. Hess, J. Strough, & C. Lckenhoff (Eds.), *Aging and decision making: Empirical and applied perspectives* (pp. 105-122). New York: Academic Press.

Imbo, I., Duverne, S., & Lemaire, P. (2007). Working memory, strategy execution, and strategy selection in mental arithmetic. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 60(9), 1246-1264.

Si, J. W., Yang, J., Jia, G. J., & Zhou, C. (2012). The effect of central executive load on adult's strategy using in computational estimation. *Acta Psychologica Sinica*, 44(11), 1490-1500.

[司继伟, 杨佳, 贾国敬, 周超. (2012). 中央执行负荷对成人估算策略运用的影响. *心理学报*,

44(11), 1490–1500.]

Mcauley, T., & White, D. A. (2011). A latent variables examination of processing speed, response inhibition, and working memory during typical development. *Journal of Experimental Child Psychology*, 108(3), 453-68.

其中“我国被试的 AWMA 成绩与 Baddeley 等人（1974）提出的工作记忆多成分模型的拟合程度较好”，该处内容是本研究采用的 Baddeley 和 Hitch（1974）提出的工作记忆三成分模型理论模型，是最有代表性的工作记忆多成分模型之一。

审稿人 2 意见：

这一研究涉及到两个比较重要的研究主题，一个是工作记忆各成分在数学加工中的作用，另一个是估算的认知机制。探讨这两个主题将促进我们对数学能力发展的认识。研究问题比较明确，实验设计基本合理。但是还存在一些建议作者考虑：

意见 1：研究假设不明确，也没有说明相应的内在原理；

回应：感谢审稿专家的意见。遵照审稿专家的意见，我们对研究假设不明确及内在原理问题作如下补充：策略选择学习理论（Strategy Selection Learning theory, 简称 SSL）强调人们对策略的选择与执行是根据策略使用经验，通过强化学习，来调整策略运用(Rieskamp & Otto, 2006)，而认知龛理论（Cognitive Niches Theory）则认为策略的可用性是认知能力与环境之间的相互作用（Marewski & Schooler, 2011; 张俊, 刘儒德, 2011）。根据以上两个理论并结合上述研究发现，本研究拟以复杂乘法估算任务为切入点，考察不同工作记忆成分与算术策略运用表现之间的关系来揭示个体策略运用的内在机制。研究试图通过实验与测验相结合的手段，采用结构建模统计技术，探究工作记忆不同成分对不同年龄个体估算策略使用表现的预测效应。具体假设为：随着年龄的增长，个体策略使用经验和认知能力不断增长，不同年龄个体的不同工作记忆成分对算术策略运用表现存在差异性预测效应。（1 引言，1.3 问题提出，第三段）。

意见 2：表格中各任务采用英文表示不合适，需要翻译为中文；

回应：非常感谢审稿专家的建议，我们已遵照建议对文中表格各任务中的英文进行了翻译。

意见 3：文章太长，表格太多，需要精简。建议适当采用图表示重要结果；

回应：非常感谢审稿专家的建议，我们已遵照建议对全文文字进行了精简；并将各年龄阶段被试工作记忆各题目间相关系数的三个表格以及不同年龄被试工作记忆各成分对策略选择和策略执行影响模型进行了合并，同时删除了年级对不同工作记忆成分的主效应图。

意见 4：建议基于当前数据，报告个测验的信度（例如克隆巴赫系数）

回应：感谢审稿专家的意见。本课题组已经对该量表的信度进行验证。工作记忆八个子测验（数字回忆、词组回忆、计数回忆、反向数字回忆、点矩阵、迷宫记忆、“找茬”、“X 先生”）的克隆巴赫信度系数分别为 0.925、0.819、0.848、0.737、0.936、0.934、0.915、0.732（李红霞，2016）（2 方法，2.3 实验材料，2.31 工作记忆成套测验，第一段，6-8 行）。最佳策略、上调策略、下调策略条件各测验克隆巴赫信度系数分别为 0.919、0.759、0.643。（李红霞，2016）（2 方法，2.3 实验材料，2.32 算术估算测验，第一段，9-11 行）。

第二轮

审稿人 2 意见：

作者根据审稿意见比较认真地回答了我的问题和修改了论文，基本上达到了发表的要求。有三个小的问题：一是对工作记忆中的计数和反向计数回忆需要一些解释或说明。二是附件中任务名称还是英文。三是文章还是比较长。

意见 1：对工作记忆中的计数和反向计数回忆需要一些解释或说明。

回应：非常感谢审稿专家的建议。

首先，在第一次修改稿中，我们将“Backwards Digit Recall”翻译为“反向计数回忆”欠妥，故在此次修改中更正为“反向数字回忆”。

其次，遵照审稿专家的建议，我们在修改稿中对计数回忆和反向数字回忆进行了解释：“如：计数回忆中，要求参与者指出 4×4 矩阵图片中，红色圆点的个数。图片呈现数量依次增加，参与者按顺序依次回忆红色圆点个数，最多一次呈现 7 张图片。反向数字回忆中，主试读完数字序列后，参与者需反向复述数字序列。”（1 引言，1.2 工作记忆与算术策略运用，第一段，15-17 行）。

意见 2：附件中任务名称还是英文。

回应：感谢审稿专家的指正。我们已经对附录二部分进行了改正。

意见 3：文章还是比较长。

回应：非常感谢审稿专家的建议。我们在保证文章内容不变的基础上，对文章进行了精简与提升。将文章正文（不包括图表、摘要、参考文献）字数限制在 10000 字以内，从而达到《心理学报》对稿件的字数要求。

第三轮

编委意见：

意见 1：依据题目，摘要（以及后面的数据分析和讨论以及结论）的思路逻辑应该是：先总的讲工作记忆成分对算术两位数乘法估算策略运用的预测效应，然后讲工作记忆各个成分是否存在年龄差异，最后讲这种差异如何影响算术两位数乘法估算策略运用的影响（并因此可以进一步证明工作记忆成分的预测效应）。

回应：非常感谢编委专家细致的审阅！本研究首先探讨介绍了工作记忆各成分的发展是否存在年龄相关差异，然后探究了不同年龄阶段，工作记忆成分对两位数乘法估算策略运用的潜在影响。研究重点在于揭示工作记忆成分对两位数乘法估算策略运用的年龄差异性预测效应。鉴于此，我们将文章题目更改为《工作记忆成分的年龄相关差异及对算术策略运用的预测效应》，以使其与文章整体脉络更为贴切。此外，我们对文章的语言进行了再加工，从而使文章表达更为准确、逻辑更为清晰。具体修改部分文中均用蓝色字体标注。

意见 2：该研究只是以两位数乘法的估算为实验任务，所以不可以推广到“算术策略运用”，所以文章标题可以简写，但是文中的表述不可以将“两位数乘法的估算策略运用”简写成“算术策略运用”，包括摘要、讨论和结论中的文字都要注意这一点。

回应：非常感谢编委专家的指正。我们已经就该问题，对文章摘要、讨论和结论等相关内容进行了修正，从而保证表述的准确性和严谨性。

意见 3: 从数据分析和讨论看,“策略运用”分为“策略选择”和“策略执行”,此处要明确说明,3 个分测验哪一个是“策略选择”,“策略执行”又是如何计分的(可能涉及 2 个测验分数的合并问题)。

回应: 遵照编委专家的意见,我们在修改稿中对该部分作如下补充:“每个分测验 60 道题,要求被试既快又准地解决这些问题,每对一题记一分,做错不计分。然后分别计算各个测验的正确率,其中最佳选择子测验考察了被试的策略选择,无选上调子测验和无选下调子测验考察了被试策略执行。”(2 方法,2.3 实验材料,2.3.2 算术估算测验,第一段,8-9 行)。

第四轮

主编意见:

作者对前三审专家的意见进行了较好地解答,并对文章进行了相应的修改。还有一些修改建议如下:

意见 1: 文中的“策略运用”分为“策略选择”和“策略执行”,建议在引言中补充如此区分的依据。

回应: 感谢主编的建议。遵照主编的意见,我们在修改稿引言部分补充了有关策略运用的相关研究:“策略运用是指在任务情景中,个体选择不同策略并有效执行的操作加工过程,主要包括策略选择和策略执行(Lemaire & Lecacheur, 2011)。”(1 引言,1.1 策略运用及其发展,第二段,1-2 行)。

意见 2: 请进一步完善摘要的写作。

回应: 非常感谢主编对摘要进行的润色和修改,使得摘要的语言表述更加精练。我们已经根据您的指正并结合贵刊已发表文章,对摘要部分进行了修改完善。具体如下:

采用选择/无选范式,借助工作记忆成套测验,在两位数乘法估算问题中探讨了工作记忆系统各成分对不同年龄段个体算术策略运用的预测效应。结果显示:(1)工作记忆的不同成分与年龄之间存在明显的相关。表现为,除视空模板成分外,其他各成分得分随着年龄增长而呈现上升趋势;(2)估算策略运用中,年龄与策略选择显著相关,表现为随着年龄增长,策略选择表现明显提高;(3)估算策略运用中,不同年龄个体的工作记忆不同成分和策略选择表现出不同的联系,中央执行均显示出显著的预测效应,语音环路和视空模板的预测效应均不显著。不同年龄个体的工作记忆不同成分对策略执行的预测效应均不显著。上述发现对于深刻理解工作记忆系统在算术认知策略运用中的作用机制具有重要理论含义。

意见 3: 建议理论和实践意义的表述要有前后呼应,4.5 谈到实践意义显得有些突兀。

回应: 非常感谢主编的指正。正如主编所言,4.5 部分着实有点突兀,因此,我们在此次修改中已将其删除,使得文章更加规范严谨。

意见 4: 结论是在对结果讨论后所下,不要重复结果,请重新斟酌撰写结论。

回应: 非常感谢主编的指正。我们已对结论部分进行了重新斟酌撰写,具体如下:

本研究可得出如下认识:

(1) 年龄影响着个体工作记忆不同成分的表现。表现为除视空模板成分外,其他各成分的得分随着年龄增长而提高。

(2) 个体在面对两位数乘法估算任务时,年龄影响其策略选择。表现为随着年龄增长,个体的策略选择表现明显提升。

(3) 不同年龄被试的工作记忆不同成分对估算策略选择的影响不同，中央执行对策略选择一直具有显著预测效应，语音环路和视空模板却均未表现出预测效应。此外，工作记忆的不同成分对不同年龄个体策略执行的预测效应均不明显。

意见 5: 进一步规范写作。

回应: 非常感谢主编的指正。我们已遵照主编意见对整篇文章进行仔细审核校正，进一步提高文章的规范性。