

## 《心理学报》审稿意见与作者回应

题目：双任务协调、任务呈现方式影响成人算术策略执行：估算证据

作者：黄碧娟 封洪敏 司继伟 张杰 王翔艳

---

### 第一轮

#### 审稿人 1 意见：

意见 1：“任务呈现序列”在文中不仅有序列内的区分（数字前，图形前），还有序列间的区分（序列顺序固定，序列顺序随机），但作者在文中多次用到的“任务呈现序列”界定不清晰，而这个概念在文中是一个重要的概念，作为研究的重要变量，也在题目中出现，因此作者需要进行清晰严格的区分。

#### 回应：

感谢审稿专家的建议。

为了更好得区分以便于理解序列内的区分（数字先，图形先）与序列间的区分（序列顺序固定，序列顺序随机），我们运用“任务呈现方式”表示序列间（固定，随机），“任务呈现序列”表示序列内（数字先，图形先），同时在文中已做出如下修订：

“任务呈现序列指双任务情景中，两个任务的呈现顺序。任务呈现方式指前后试次任务呈现序列是否相同，包括随机呈现方式和固定呈现方式两种。”（见引言第 3 页第 3 段第 1 行）

意见 2：对为什么要研究中央执行中双任务协调对策略的影响的证据及意义论述不足。

#### 回应：

非常感谢审稿专家的建议。

双任务协调是中央执行的重要执行功能之一。已有研究表明中央执行本身对策略执行具有一定的影响(Bull, Johnston, Roy, 1999; Dehaene, Spelke, Pinel, Stanescu, & Tsivkin, 1999; Lemaire, & Reder, 1999; Navon & Miller, 1987; Pashler, 1994; Siegler & Lemaire, 1997)。研究者对其各个子成分也分别进行了探讨，均发现刷新、抑制和转化对策略执行有影响。有研究发现无论简单、复杂算术任务，中央执行对其都产生巨大作用，中央执行功能（尤其是双任务、抑制与刷新功能）对多位数的运算、心算及问题解决存在重要作用（Iuculano, Moro, & Butterworth, 2011; Noel, 2009; Raghubar, Barnes, & Hecht, 2010; Swanson, Jerman, & Zheng, 2008)。证据显示，双任务协调与儿童的不同算术认知策略选择及执行分别呈现出了一定程度的相关，双任务协调与增加策略放弃次数负相关(王明怡, 陈英和, 2006, 2009)。这些都说明双任务协调可能会在一定程度上影响到算术策略的运用。考察双任务协调对个体估算策略运用的影响，不仅可以揭示个体估算的认知加工过程，也有助于完善对中央执行系统在个体策略运用中所扮演角色的认识，结合以往研究，可以分析出不同的中央执行成分在个体策略运用中所发挥作用的差异性与联系性，有利于推进理解中央执行系统在数学认知中的关键作用。（见引言第 2 页第 2 段）

而目前国内对于双任务协调如何影响算术策略的深入研究还相对较少，有待进一步丰富。同时这也是本研究目的之所在。

Bull R, Johnston R S, Roy J A(1999). Exploring the roles of the visual-spatial sketch pad and central executive in children's arithmetical skills: Views from cognition and developmental neuropsychology. *Developmental Neuropsychology*, 15, 421-442

- Dehaene, S., Spelke, E., Pinel, P., Stanescu, R., & Tsivkin, S. (1999). Sources of mathematical thinking: Behavioral and brain-imaging evidence. *Science*, 284(5416), 970–974.
- Iuculano, T., Moro, R., & Butterworth, B. (2011). Updating working memory and arithmetical attainment in school. *Learning and Individual Differences*, 21(6), 655–661.
- Lemaire, P., & Reder, L. (1999). What affects strategy selection in arithmetic? The example of parity and five effects on product verification. *Memory & Cognition*, 27(2), 364–382.
- Navon, D., & Miller, J. (1987). Role of outcome conflict in dual-task interference. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 13(3), 435–448.
- Noel, M. P. (2009). Counting on working memory when learning to count and to add: A preschool study. *Developmental Psychology*, 45(6), 1630–1643.
- Pashler, H. (1994). Dual-task interference in simple tasks: data and theory. *Psychological Bulletin*, 116(2), 220–244.
- Raghubar, K.P., Barnes, M.A., & Hecht, S. A. (2010). Working memory and mathematics: A review of developmental, individual difference, and cognitive approaches. *Learning and Individual Differences*, 20(2), 110–122.
- Siegler, R. S., & Lemaire, P. (1997). Older and younger adults' strategy choices in multiplication: Testing predictions of ASCM using the choice/no-choice method. *Journal of Experimental Psychology: General*, 26(1), 71–92.
- Swanson, H.L., Jerman, O., & Zheng, X.H. Growth in working memory and mathematical problem solving in children at risk and not at risk for serious math difficulties. *Journal of Educational Psychology*, 100(2), 343–379.
- 蒋姝, 李娜.(2011).心算加工策略的认知科学研究综述. *江苏技术师范学院学报*,17(2),12–17.
- 罗琳琳, 周晓林.(2004). 执行功能与数量加工: 回顾与展望. *心理科学进展*, 12(5), 14–722.
- 王明怡, 陈英和.(2006). 工作记忆中央执行对儿童算术认知策略的影响. *心理发展与教育*, 22(4), 24–28.
- 王明怡, 陈英和.(2009). 儿童执行功能与算术认知策略的关系. *心理科学*, 32(1), 34–37.

**意见 3:** 前言中对一些核心概念缺乏说明, 如什么叫“双任务协调”“PRP 范式”等, 另外前言中也存在一些语法、内容上的错误;

**回应:**

感谢审稿专家的提醒。

本文确实没有对如“双任务协调”“PRP”范式等概念进行解释。现在文中修改补充如下:

“双任务协调指同时处理需不同认知加工的双任务能力。双任务协调依赖两种特定能力: 任务准备消耗和刺激感知与运动反应加工的双任务耗损(Lussier, Gagnon, & Bherer., 2012)。简单的说就是当多个任务或刺激同时出现时, 个体协调如何的能力。”(见引言第 2 页第 2 段第 9 行)。

“目前分析双任务协调代价的最常见方式是心理不应期 (psychological refractory period, 简称 PRP) 范式。此范式为微观分析双任务的加工过程提供方法支持。基本上, 两个任务在选择反应时的重叠是被操纵的, 采用耗损的反应时间和准确率评估两个任务。一般的 PRP 范式设计思想如下: 相继呈现刺激 S1 和 S2, 两个刺激间采用一定时间间隔(SOA), 要求被试迅速对两种刺激做出反应, 第一刺激 (S1) 对应反应一 (R1), 第二刺激 (S2) 对应反应二 (R2), 即 S1-S2-R1-R2 的顺序 (Pashler, 1994, 1998), 进而探讨两种刺激反应之间的相互干扰。一般称 SOA 对反应二的反应时增加的影响为 PRP 效应(Kahneman, 1973; Jeff, Rolf, Bettina, 2009)。本研究采用 PRP 双任务范式, 同时借鉴分支双任务范式的思想, 通过控制任

务呈现序列、反应顺序和数量，分别将 PRP 范式中的 S2 拆分为 S2a 和 S2b，采用 S1-S2a-S2b-R2-R1 和 S2a-S2b-S1-R2-R1 的顺序，考察在保持双任务中一个任务加工的同时，如何进行另一任务加工的双任务协调，即如何先对一个任务进行抑制延迟的同时，灵活地进行另一个任务的双任务协调。”（见引言第 3 页第 2 段）

同时，我们对前言中的语法、内容错误进行梳理与修订。

**意见 4:** 研究方法部分存在格式不规范，内容介绍不清晰的问题

**回应:**

非常感谢审稿专家的建议，我们已遵照建议仔细检查，核对并修订方法部分格式问题，对于内容介绍不清晰的问题也做出相应的补充。补充了有关双任务协调（见引言第 2 页第 2 段第 9 行）、PRP 范式介绍及其修正之处（见引言第 3 页第 2 段）、任务呈现方式和任务呈现序列（见引言第 3 页第 3 段第 1 行）。

**意见 5:** 数据分析建议增加实验 1 和实验 2 综合的分析

**回应:**

感谢审稿专家的建议。我们在修改稿内已增加了对实验一和实验二的综合分析，补充为“3.2.3 不同序列呈现方式下，各实验条件下被试估算策略的反应时和正确率”（见实验二第 12 页第 8 行），然而由于本研究对于此部分的探讨尚有待进一步研究，因此不作为重点阐述。在本言的总讨论部分对实验一和实验二的结果进行了讨论（详见总讨论第 14 页第 3 段第 1 行）。增加的数据部分具体补充内容如下：

以实验一和实验二中的被试策略执行的执行效能（RT、ACC）为因变量，以任务呈现方式（随机/固定）为被试间变量，任务呈现序列（数字先/图形先）、反应类型（单/双反应）和策略类型（上/下调）为被试内变量，进行重复测量方差分析（见表 5），结果显示：正确率上，任务呈现方式主效应显著( $F_{(1,52)}=6.172, p=0.016$ )；反应时上，任务呈现方式主效应显著( $F_{(1,52)}=0.022, p=0.883$ )。以上结果表明，任务呈现方式影响策略执行。

表五 不同序列呈现方式下，被试估算策略的反应时和正确率

任务呈现方式	反应时 (ms)		正确率	
	M	SD	M	SD
随机呈现	4164.38	191.19	0.865	0.013
固定呈现	4203.81	184.23	0.911	0.013

**意见 6:** 讨论部分有些地方不严密，存在主观推断，关系梳理不清晰等问题；

**回应:**

感谢审稿专家的建议，讨论部分我们进一步做出了修改与补充。

首先，我们基于实验一和实验二的结果进行总结，比较了两个实验的异同。

其次，就本研究的三个变量间的关系进行探讨。分别解释双任务协调和任务呈现方式影响策略执行。因任务呈现方式作为一个情境变量，其对策略执行的影响，主要采用认知彙理论进行解释，并对已有的认知彙理论进行补充。本研究之前在讨论部分可能存在主观推断的成分，在修改稿中，我们提供了部分支持行的研究，以证实本研究的讨论。

最后，总结本研究结论的同时，指出了本研究的不足之处，希望未来的研究能对此进行补充。

Hinault, T, Dufau, S, & Lemaire, P, (2014). Sequential modulations of poorer-strategy effects during strategy execution: An event-related potential study in arithmetic. *Brain and*

*Cognition*, 91, 123–130.

- 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.
- Leonhard T. & Ulrich R. (2011). Determinants of central processing order in psychological refractory period paradigms: Central arrival times, detection times, or preparation? *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 64(10), 2012–2043.
- Marewski, J. N., & Schooler, L. J. (2011). Cognitive niches: An ecological model of strategy selection. *Psychological Review*, 118(3), 393–397.
- Schneider, D. W., & Anderson, J. R. (2010). Asymmetric switch costs as sequential difficulty effects. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 63(10), 1873–1894.
- Szameitat, A.J., Schubert, T., Müller, K., & von Cramon, D.Y. (2002). Localization of executive functions in dual-task performance with fMRI. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 14(8), 1184–1199.
- Szameitat, A.J., Lepsien, J., von Cramon, D.Y., Sterr, A., & Schubert, T. (2006). Task-order coordination in dual-task performance and the lateral prefrontal cortex: An event-related fMRI study. *Psychological Research*, 14(8), 1184–1199.
- Uittenhove, K., & Lemaire, P. (2012). Sequential difficulty effects during strategy execution. *Experimental Psychology (formerly Zeitschrift für Experimentelle Psychologie)*, 59(5), 295–301.
- Uittenhove, K., & Lemaire, P. (2013). Strategy sequential difficulty effects vary with working-memory and response-stimulus-intervals: A study in arithmetic. *Acta Psychologica*, 143, 113–118.

---

#### 审稿人 2 意见：

**意见 1：** 该研究探讨了双任务协调、任务呈现序列对算数估算的影响。该文整体读起来，比较晦涩，单独看每一个变量操纵对因变量的影响，就实验过程本身还是清楚的，但为什么把双任务协调、任务呈现序列放在一起探讨对估算的影响，从作者的叙述中不太容易厘清内在的逻辑联系。

#### 回应：

感谢审稿专家的建议。

本研究是通过改变双任务呈现序列（在修改稿中已修订为任务呈现方式）研究双任务协调对于算术估算的影响。基于以往研究（Lussier, Gagnon, & Bherer, 2012; Sigman, & Dehaene, 2006; Töllner, Strobach, Schubert & Müller, 2012），在 PRP 范式中，双任务呈现方式和反应顺序会影响被试的表现，而且前人研究已表明固定和随机下，双任务中下额叶、额中回和顶内沟有激活，且在随机组激活更大（Szameitat, Schubert, Muller & Cramon, 2002）。因此，任务呈现方式（随机或固定）影响策略执行有其神经基础。因此，本研究基于此，探讨任务呈现方式对策略执行影响的行为表现，运用双任务呈现方式（固定、随机）和双任务协调（单双反应顺序固定等的控制）作为变量对策略执行的影响进行研究。

- Lussier, M., Gagnon, C., & Bherer, L. (2012). An investigation of response and stimulus modality transfer effects after dual-task training in younger and older. *Frontiers in Human Neuroscience*, 6, 129. doi: 10.3389/fnhum.2012.00129

- Sigman, M., & Dehaene, S. (2006). Dynamics of the central bottleneck: Dual-task and task uncertainty. *PLoS biology*, 4(7), e220. doi: 10.1371/journal.pbio.0040220.
- Szameitat, A.J., Schubert, T., Müller, K., & von Cramon, D.Y. (2002). Localization of executive functions in dual-task performance with fMRI. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 14(8), 1184–1199.
- Tölnner, T., Strobach, T., Schubert, T., & Müller, H. J. (2012). The effect of task order predictability in audio-visual dual task performance: Just a central capacity limitation? *Frontiers in Integrative Neuroscience*, 6, 75. doi:10.3389/fnint.2012.00075 .

**意见 2:** 从作者开头的叙述中，以为作者探讨问题解决过程中的策略选择或执行的机制；随后作者提到了工作记忆中中央执行对算数执行策略可能存在影响。但是，不清楚作者为什么撇开中央执行中相对被研究的更多的刷新、转换、抑制功能，而独独聚焦于协调功能。为什么要研究二者的关系呢？为什么不探讨其他三种功能与算数执行策略的关系呢？此外，在中央执行系统的功能中，刷新、转换、抑制三种功能相对研究的较多，协调功能由于其本身与上述三种功能之间存在着较大的重叠性，不容易被分离出来，不太容易被加以操纵。作者没有谈到如何解决原有的这种方法上的欠缺。

**回应:**

感谢审稿专家的建议。

首先，本研究选取中央执行四种功能中双任务协调功能对策略执行的影响进行考察，在于现有研究对刷新、抑制和转换的研究均发现对策略执行有影响（Iuculano, Moro, & Butterworth, 2011; Noel, 2009; Raghobar, Barnes, & Hecht, 2010; Swanson, Jerman, & Zheng, 2008）。而已有研究发现双任务协调与儿童的不同算术认知策略选择及执行分别呈现出了一定程度的相关，双任务协调与增加策略放弃次数负相关（王明怡，陈英和，2006，2009），这证明双任务协调可能与策略执行存在一定联系，而对于双任务协调进行操纵的实验研究相对较少。因此，本研究进一步确定双任务协调究竟是如何影响算术策略执行。

最后，正如审稿专家所提，协调功能由于其本身与上述三种功能之间存在着较大的重叠性，不容易被分离出来，不太容易被加以操纵。而在现实生活中需要进行双任务协调的情境很多，人们对于双任务协调功能的探索并未因此停止。本研究中双任务协调是以双任务协调代价为指标的，其计算借鉴 Lusssier 等（2012）的设计思想，即运用双反应的估算策略执行效能（RT, ACC）减去对应的单反应的策略执行效能（RT, ACC）获得双任务协调代价，控制反应顺序和反应数量。单双任务是按照反应数量分的，而单任务不是只呈现一种任务，而是两种任务都呈现，只要求被试对两位数加法估算任务反应，从而在一定程度上控制平衡了转化、刷新和抑制等功能的影响，使得双任务协调的研究易于开展。

- Dehaene, S., Spelke, E., Pinel, P., Stanescu, R., & Tsivkin, S. (1999). Sources of mathematical thinking: Behavioral and brain-imaging evidence. *Science*, 284(5416), 970–974.
- Iuculano, T., Moro, R., & Butterworth, B. (2011). Updating working memory and arithmetical attainment in school. *Learning and Individual Differences*, 21(6), 655–661.
- Lemaire, P., & Reder, L. (1999). What affects strategy selection in arithmetic? The example of parity and five effects on product verification. *Memory & Cognition*, 27(2), 364–382.
- Navon, D., & Miller, J. (1987). Role of outcome conflict in dual-task interference. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 13(3), 435–448.
- Noel, M. P. (2009). Counting on working memory when learning to count and to add: A preschool study. *Developmental Psychology*, 45(6), 1630–1643.
- Pashler, H. (1994). Dual-task interference in simple tasks: data and theory. *Psychological Bulletin*,

116(2), 220–244.

- Raghubar, K.P., Barnes, M.A., & Hecht, S. A. (2010). Working memory and mathematics: A review of developmental, individual difference, and cognitive approaches. *Learning and Individual Differences, 20*(2), 110–122.
- Siegler, R. S., & Lemaire, P. (1997). Older and younger adults' strategy choices in multiplication: Testing predictions of ASCM using the choice/no-choice method. *Journal of Experimental Psychology: General, 26*(1), 71–92.
- Swanson, H.L., Jerman, O., & Zheng, X.H. (2008). Growth in working memory and mathematical problem solving in children at risk and not at risk for serious math difficulties. *Journal of Educational Psychology, 100*(2), 343–379.
- 蒋姝, 李娜.(2011).心算加工策略的认知科学研究综述. *江苏技术师范学院学报*,17(2),12–17.
- 罗琳琳, 周晓林.(2004). 执行功能与数量加工: 回顾与展望. *心理科学进展*, 12(5),714–722.
- 王明怡, 陈英和.(2006). 工作记忆中央执行对儿童算术认知策略的影响. *心理发展与教育*, 22(4), 24–28.
- 王明怡, 陈英和.(2009). 儿童执行功能与算术认知策略的关系. *心理科学*, 32(1), 34–37.

**意见 3:** 作者在问题提出中随后又提出了任务呈现序列对策略使用和执行的影响（注意，作者在对问题的聚焦上使用的术语有一些摇摆，如策略选择、执行、策略使用、策略运用等）。一方面，作者好像把中央执行系统的协调功能与任务呈现序列当作两个并列的变量加以操纵，观察它们对算数估算的影响；另一方面，又好像觉得它们之间存在着某种关联。不太清楚作者究竟如何看待这两者的关系。

**回应:**

感谢审稿专家的意见。

首先，在术语上，算术策略运用或使用包含算术策略执行与策略选择，因此，本研究关注的是算术策略执行部分。

其次，基于以往的研究(Lussier, Gagnon, & Bherer,2012; Sigman, & Dehaene, 2006; Töllner, Strobach, Schubert & Müller, 2012)，在 PRP 范式中，双任务呈现顺序和反应顺序会影响被试的表现，而且已有研究表明固定和随机下，双任务中下额叶、额中回和顶内沟有激活，且在随机组激活更大 (Szameitat, Schubert, Muller& Cramon, 2002)。任务呈现方式（随机或固定）影响策略执行有其神经基础。探讨任务呈现方式对策略执行影响的行为表现，运用双任务呈现方式（固定、随机）和双任务协调（单双反应、任务内部顺序（以往很少有研究间断与连续顺序）等控制）等对策略执行的影响进行研究。

再次，Szameitat, Schubert, Muller 和 Cramon (2002) 为探讨双任务中各执行功能间的神经联系，使用 PRP 范式，利用 fMRI 技术，设置固定组（两任务呈现顺序固定）和随机组（随机呈现两任务），发现双任务中下额叶、额中回和顶内沟有激活，且在随机组激活更大。因此，任务呈现方式很可能会影响个体的策略执行。本研究将此部分从双任务协调中剥离，进一步考察随机、固定序列下双任务协调对策略执行的影响及其差异。

Lussier, M., Gagnon, C., & Bherer, L. (2012). An investigation of response and stimulus modality transfer effects after dual-task training in younger and older. *Frontiers in Human Neuroscience, 6*,129. doi: 10.3389/fnhum.2012.00129

Sigman, M., & Dehaene, S. (2006). Dynamics of the central bottleneck: Dual-task and task uncertainty. *PLoS Biology, 4*(7), e220. doi: 10.1371/journal.pbio.0040220 .

Szameitat, A.J., Schubert, T., Müller, K., & von Cramon, D.Y. (2002). Localization of executive functions in dual-task performance with fMRI. *Journal of Cognitive Neuroscience, 14*(8),

1184–1199.

Töllner, T., Strobach, T., Schubert, T., & Müller, H. J. (2012). The effect of task order predictability in audio–visual dual task performance: Just a central capacity limitation? *Frontiers in Integrative Neuroscience*, 6, 75. doi:10.3389/fnint.2012.00075 .

**意见 4:** 作者开始部分提到的是问题解决中的策略选择与执行，后来把问题落实到算数问题解决中。带来的可能混淆是，作者主要是探讨算数问题解决中的影响因素还是探讨一般性问题解决中的策略选择与执行问题？从原文看，作者似乎两者都想谈，有些左右摇摆。主要问题在于缺乏问题的聚焦，需要更明确而具体的研究问题，以便突出所提出的研究问题对于该领域问题解决的价值。

**回应:**

感谢审稿专家的修改建议。

本研究关注的是算术策略运用（包含策略选择与策略执行）的研究。

本文的基本思路是基于以往关于算术策略运用的研究，通过聚焦于算术策略执行，来进一步探讨算术策略领域的问题解决的价值，引言部分首先介绍了算数策略运用的已有理论和研究，总结概括了影响策略运用的因素（包括：策略难度、策略效应、任务难度、中央执行和情景因素）。在此基础上，引出影响策略执行的可能因素，即本研究中的双任务协调和任务呈现方式。

其次，分开讨论双任务协调、任务呈现方式影响策略执行的理论研究和支撑。双任务协调作为中央执行的重要执行功能之一，已有研究发现中央执行影响策略执行，那么其各执行功能是否也影响策略执行？对该方面的探讨，有利于深入认识中央执行对策略执行的影响，丰富相关研究。而任务呈现方式作为一种情景变量，Szameitat 等（2002）的研究表明，不同呈现方式存在神经基础的差异。那么，该神经基础上的差异对策略执行是否有影响？本研究对其进行深入的探讨。

最后，讨论部分对以上结果进行解释。解释了双任务协调影响策略执行的原因及其意义，认知理论对任务呈现方式影响策略执行的解释，及该研究结果的理论和实践意义。既然双任务协调、任务呈现方式影响算数策略执行，而算术策略问题的解决是一般性问题解决中的一部分，可能为更大范围的问题解决等其他研究提供借鉴意义。

---

**审稿人 3 意见:**

**意见:** 该文对 PRP 双任务范式下的算术策略进行实验研究，选题具有重要意义。作者在研究报告中提到用了改进的 PRP 模式，在哪些方面作了改进？改进设计比传统设计有哪些优势？在文中没有很好说明。特别是文中对于重要的自变量——策略类型：无选/下调，无选/上调——在实验中的操作定义没有很好的说明。建议作者对此进行较详细的说明，修改后再送审。

**回应:**

感谢审稿专家的建议。

首先，关于 PRP 范式的介绍，本文在引言部分进行了补充和修改，优势在于通过控制任务呈现序列、反应顺序和数量，有效的将双任务协调从转化、刷新和抑制功能中分离出来。具体修改如下：

“本研究采用 PRP 双任务范式，同时借鉴分支双任务范式的思想，通过控制任务呈现序列、反应顺序和数量，分别将 PRP 范式中的 S2 拆分为 S2a 和 S2b，采用 S1–S2a–S2b–R2–R1 和 S2a–S2b–S1–R2–R1 的顺序，考察在保持双任务中一个任务加工的同时，如何进行另一任务加工的双任务协调，即如何先对一个任务进行抑制延迟的同时，灵活地进行另一个任务

的双任务协调。采用任务呈现方式和任务反应序列逆序或中断引起刺激二反应的任务，让双任务中其中的一个刺激先进入，并处于工作记忆保持状态，同时需要对另一任务进行加工与操作。在此阶段，既要求我们对先前任务进行工作记忆保持，同时要求先对第二任务（估算）操作加工，此阶段为双任务协调阶段，以此考察双任务协调对估算策略运用的影响。Lussier 等（2012）的研究中，采用双反应的策略执行效能（RT, ACC）减去对应的单反应的策略执行效能（RT, ACC）衡量双任务协调代价。该计算公式是基于控制了双任务中的反应顺序和反应数量。在 Lussier 等人的研究中，其单双任务是按照反应数量区分的，即单任务指双任务单反应，双任务指双任务双反应两种。而并不是单任务只呈现一种任务，而是两种任务都呈现，但要求被试只对其中的两位数加法估算任务反应。如此，两种任务中均存在任务间的转化、刷新和抑制，而双任务协调代价用双反应的执行效能（RT、ACC）减去相应的单反应的执行效能，从而控制了单任务和双任务在转化、刷新和抑制上的差异。本研究借鉴了 Lussier 等人的设计思想，探讨了双任务协调对策略执行的影响。”（见引言第 3 页第 2 段第 9 行）。

其次，对于策略类型的操作性定义，我们在修改稿引言部分已有详细介绍，文中相应的修改如下：

“无选/下调指在两位数加法中，将两个操作数下调到与其最近的整十数或整百数，然后相加，如  $45+23$ ，下调为  $40+20$ ，和为 60；无选/上调指在两位数加法中，将两个操作数上调到与其最近的整十数或整百数，然后相加，如  $45+23$ ，下调为  $50+30$ ，和为 80。”（见引言部分第 2 页第 1 段 5 行）。

再次感谢三位审稿专家对本文提出的宝贵修改建议！

---

## 第二轮

**意见：**文章探讨了双任务协调、任务呈现方式对成人算术策略执行的可能影响，为我们了解个体在运算过程中策略执行的相关机制提供了一个窗口，同时也启发了我们个体在加工不同抽象程度刺激时涉及到的可能机制，有助于我们深入了解人类个体如何加工数学符号这类概念化刺激。同时文章在格式上很规范，框架结构完整。但论文的写作还需要进一步修改完善，如前言和问题提出部分。前言论述的逻辑在作者加入了一些补充内容后显得充实了很多，但是需要调整其中的逻辑，现在很多地方都显得是“答疑补丁”。问题提出部分也显单薄，建议补充说明为何要用估算这个特异的任务来验证这个一般性的加工策略，并加强对“算术策略执行”研究价值的论述，以让读者体会到本研究的必要性。

**回应：**

衷心感谢主编提出的修改建议。

1.对于问题提出部分我们修改如下：

“基于已有研究，本研究拟探究双任务协调、任务呈现方式（随机或固定）对算术策略执行的影响。结合选择/无选法中的无选择条件和改进的 PRP 范式，通过控制任务呈现方式和反应数量，将任务呈现方式划分为随机与固定两种序列，来考察双任务协调对第一估算反应的策略执行效能的影响。实验一探讨随机呈现方式下，双任务协调对算术策略执行的影响；实验二则在固定呈现方式下，考察双任务协调对算术策略执行的影响，并比较随机和固定方式下的策略执行效能。Töllner, Strobach, Schubert 和 Müller (2012)等研究发现刺激序列的可预测性与否（固定呈现还是随机呈现）会影响到反应一，而 Leonhard(2013)的研究发现中央加工序列是由准备与期待影响，刺激序列的可知与否对反应一的影响差异不大。根据认知冗余理论，本研究假设，较随机呈现方式，在固定呈现方式中，由于各刺激的认知冗余重合，被



试有一定的准备和期望，使得估算的策略执行效能更好。”（见引言第 5 页第 3 段第 1 行）

2.关于选择估算任务的原因，在文中增加了估算和一般策略加工的描述，具体如下：

“估算作为数学估计中常见估计形式之一，是重要的数学认知活动，日益受到研究者的重视。估算指个体一般未经过精确计算而只借助原有知识对问题提出粗略答案的一种估计形式，是心算、数概念和算术计算技巧之间相互作用的过程(司继伟, 2002)。国内教育研究者从 90 年代起开始关注个体估算能力的培养，探讨估算能力和估算的意识是如何发展的，其影响因素有哪些，是如何影响的。而估算表现依赖于策略运用（司继伟, 杨佳, 贾国敬, 周超, 2012）。因此，对估算策略心理机制的考察，可深化对人类一般数学能力的认识，甚至为数学概念、一般问题解决能力及策略的一般性理解的认识提供重要途径，有助于提高个体的数学估计甚至一般问题解决能力。与精算相比，估算这一算术形式的策略加工过程较简单(Kalaman & Lefevre, 2007;Lemaire, Lecacheur., & Farioli, 2000; LeFevre, Greenham, & Waheed, 1993)，且在不同数学任务形式中，已有大量研究使用估算这种算术计算形式来研究策略运用(加法: Lemaire & Lecacheur, 2010; Uittenhove&Lemaire,2012;司继伟,徐艳丽,封洪敏,许晓华,周超,2014;乘法: Thomas,St éphane &Lemaire, 2014;Julien, El éonore, Lemaire,2015)。本研究拟选用估算这一算术形式，来考察策略执行效能的具体变化，有助于深入探讨影响估算策略中认知因素的重要作用。”（见引言第 5 页第 2 段第 1 行）

3.关于算术策略研究价值的论述，本文在第一段中增加的部分内容，具体如下：

“策略选择指个体根据给定的任务或环境，合理选择策略，有效解决问题，即如何选择策略来解决已知问题(Mata, Josef & Lemaire, 2015)，一般会将策略的变化视为不同情境（如：指导语中要求速度还是准确性）和不同问题（如：简单的题目或复杂的题目）与不同的个体差异因素（如：年龄，性别，算术技能等）的函数。而策略执行考察策略执行效能(Imbo, & LeFevre, 2009)，指个体使用某种策略解决问题的速度和准确性，即在适当的时间,以合适的顺序，正确执行所有步骤的能力(Mata, Josef & Lemaire, 2015)，可考察某一具体策略的内部加工过程。它可以体现出不同策略本身在使用速度和准确性上所具有的相对优势，及个体有效执行策略的能力。因此，策略执行较策略选择简单，反映策略本身的特性（速度和准确性）及个体执行策略的能力，是考察算术策略运用的一种良好指标。探讨策略执行，有助于深化对算术策略的认知，验证和丰富已有的策略理论。”（见引言第 1 页第 1 段第 10 行）

4.对于本文的逻辑性，已对文章引言部分的结构进行了修改和调整。引言部分的整体思路如下：

首先，阐述策略执行的相关理论及其考察策略执行的研究价值；其次，已有研究发现的策略执行的影响因素，深入探讨被试是如何执行策略的，内部的影响因素有哪些；再次，在已有的影响因素上，本研究认为存在三个重要因素影响策略执行：策略自身特征（反应时和正确性）、双任务协调和任务呈现方式。

接下来分别阐述以上三个因素为什么影响策略执行，其理论和相关研究的依据。针对双任务协调对策略执行的影响，由于研究较少，因此本研究重点阐述了双任务协调的定义、研究范式及其与策略的相关研究；而双任务协调的研究需两个任务，则存在任务呈现方式和任务呈现序列的问题，冲突监控理论和认知资源理论均认为在基于试次的分析中，以上两个因素会影响策略执行。因此，本研究详细阐述了任务呈现方式对策略执行的影响。

最后，就本研究所采用的任务进行解释，即为什么要选择估算而非其他的算术形式——估算与一般策略加工。在相关研究和理论论述的基础上，在问题提出部分对本研究的假设和实验设计进行概括性的论述。

再次感谢主编对本文提出的宝贵修改建议！

---

### 第三轮

**意见：**作者对文章进行了补充和修改，但还是需要进一步完善，具体建议如下：1、摘要 1) 一定要包含四个要素“问题、方法、结果、结论”。2) 尽量避免缩写。3) 改正错别字，如“由于”应为“优于”。2、问题的提出部分 1.1 之前的部分建议精简罗列的文献，并建议增加承上启下的表达。1.2 中建议对双任务协调介绍简化，充实双任务与算数策略关系的论述。1.3 中的第 2 句话明显有误，请确认。1.1 和 1.4 只有一段，建议与其他部分合并。1.5 与 1.1-1.4 并非并列关系，请修改。3、结果部分 1) 所有  $\eta^2$  方都应注意上标问题。2) 表 1-表 5 中的  $M(SD)$  建议放到标题中，表内可以去掉一行。4、总体意见：建议所有作者认真通读全文，避免一些简单的文字错误。

#### **回应：**

衷心感谢主编提出的修改建议。

1.对于摘要部分根据主编的意见，我们进行的修改如下：

“中央执行影响算术策略的执行，而双任务协调是中央执行的执行功能之一，是否会个体的策略执行？采用选择\无选法与改进的心理不应期范式，探讨随机/固定呈现方式下，双任务协调对算术策略执行的影响。结果表明：双任务协调影响策略执行，双反应策略执行效能显著差于单反应；任务呈现方式影响策略执行，固定方式优于随机方式；任务呈现序列影响策略执行反应时，数字先呈现的估算策略执行效能显著差于图形先呈现。总之，双任务协调、任务呈现方式影响算术策略执行，随机方式引起更明显的双任务协调代价。”(详见摘要部分，P1)

2.对于问题提出部分，根据主编的意见，我们简化了文献的罗列，增加了部分承上启下的表达，简化了双任务协调的介绍，但由于双任务与算数策略关系的研究较少，而本研究也旨在丰富该方面的研究，因此未再进一步丰富两者关系的论述。对于表达有误的部分，斟酌后进行了修改。将引言中的 1.1 与前一段合并，1.4 和 1.5 合并（详见引言部分，P1-5 页）

3.对于文章中的一些格式等细节性的内容，本文根据心理学报的要求，进行了修正。

再次感谢主编对本文提出的宝贵修改建议！