

《心理学报》审稿意见与作者回应

题目：数学焦虑个体符号数字加工的神经机制

作者：刘洁 姚晓欢 林悦帆 严佩卿 韩尚锋

第一轮

审稿人1意见：

这一研究关注不同数学焦虑水平的群体在加工三种类型刺激上的脑电差异。对于揭示数学焦虑的神经机制、焦虑影响加工的时间进程具有重要理论价值。研究设计基本合理，发现两种群体在 N170、P2P 上的差异，以及多变量模式分析中能够区分加工任务等，这些结果具有一定的新颖性。尽管该论文具有上述优点，但是还有一些重要问题需要作者认真解决。

1、三个任务的命名问题。三个加工任务的命名不是十分准确，没有抓住它们之间的主要区别。数字颜色判断任务中实际上知觉的是数字的颜色，数字的形音义加工不是加工的目标，可能会涉及到自动化加工；非数字加工任务中也是以数字为刺激内容之一，也会存在一定的自动化数字加工；

回应：感谢您的细致审阅和宝贵意见，敏锐地指出我们在任务命名上的不够准确之处。这一指正触及了本研究的关键细节——任务的命名应该直指其认知本质而非表面操作，这对于准确呈现研究机制至关重要。我们意识到原有的命名方式掩盖了三个任务之间的关键差异，不仅容易误导读者对任务设计的理解，也可能削弱我们理论机制阐述的说服力。我们将“非数字知觉”改为“视觉基线任务”，理由是条件作为视觉加工的参照基线，刺激为非标准数字形态；“数字知觉任务”改为“颜色判断任务”，依据是任务目标为颜色判断，数字仅作为刺激载体；“数字概念任务”改为“数量判断任务”，理由是任务目标为数量大小的外显比较。该命名方案聚焦于“任务要求”而非“刺激属性”，避免了混淆。而且不对数字的自动化加工程度做过度断言。根据这一命名方案，并在正文中补充对数字自动化加工的讨论。这一修改将使论文的概念体系更加清晰，也更准确地反映了实验设计的真实意图。具体修改内容如下：

“其中视觉基线任务使用旋转了一定角度的两位数字作为实验材料做颜色判断任务，这种呈现方式因进入视网膜时形状不同于常规数字，不会在视觉识别的早期激活数字的视觉表征，虽然我们不排除被试会使用心理旋转的策略进行数字知觉，但由于本研究主要关注早期的脑电成分，因此将该任务用以做基线测量；数字颜色判断任务的侧重点在于视知觉判断，该任务虽然也涉及数量的自动化加工，但相对外显的数量判断任务其数量加工的参与较低，用以激发的数字的视知觉加工过程，数量判断任务用以激发数字的数量加工过程。”

2、针对三个任务的行为数据建议采用表格呈现，这样更清晰；此外，发现了焦虑（分组）与任务类型之间的交互作用，需要报告不同任务类型上的焦虑组之间的差异，这种简单分析更为重要；

回应：感谢您的宝贵意见。我们在论文修改稿中增加了表格来呈现三个任务的行为数据。同时在后续的交互作用中，增加了组间差异的简单效应分析结果报告。在论文中用红色字体标示。修改部分也可见如下内容：

表 1 HMA 和 LMA 组在三个任务中的平均准确率和反应时描述统计结果

| | HMA | | | | LMA | | | |
|--------|-----|-----|--------|-----|-----|-----|--------|-----|
| | ACC | | RT(ms) | | ACC | | RT(ms) | |
| | 均值 | 标准差 | 均值 | 标准差 | 均值 | 标准差 | 均值 | 标准差 |
| 视觉基线 | .92 | .05 | 527 | 130 | .93 | .03 | 541 | 141 |
| 数字颜色判断 | .94 | .05 | 532 | 131 | .95 | .04 | 532 | 127 |
| 数量判断 | .94 | .05 | 583 | 159 | .95 | .04 | 551 | 158 |

“对反应时的进一步简单效应分析发现，在三个任务中均无显著的组间差异 ($p > .05$)。”

3、作者提到刺激阶段、预期阶段的脑电成分，实际上在方法部分并没有提出它们之间的差别，没有相关的说明与论证；

回应：感谢您的宝贵意见。刺激阶段主要关注的脑电成分是 N170 和 P2P，即刺激出现后所诱发的脑电成分。预期阶段主要关注的脑电成分是 P300，即刺激出现前的脑电成分。我们已在论文修改稿的方法和结果部分中增加了相应的内容，用红色字体标示。

4、作者发现预期阶段 P3 能够中介两组 N170 等脑电成分的组间差异，如果理解正确，P3 是晚于 N170、P2P 成分的，晚期成分如何可以中介早期加工成份组间差异；

回应：感谢您的宝贵意见。这里预期阶段的 P3 是在刺激出现前，早于刺激阶段的 N170、P2P 成分。抱歉由于书写不够清楚导致您的误解。我们在论文的方法和结果部分做了相应的修改并用红色字体标示。

5、预期阶段 P3 成分的典型波形图没有呈现出来。

回应：感谢您的宝贵意见。论文修改稿中增加了 P3 成分波形图、地形图及相应的结果报告。具体修改内容如下：

“预期阶段 P3 成分。通过计算预期 P3 成分 (280-500ms) 的平均波幅, 纳入分析的电极点包括 Pz、P1、P2 和 POz (见图 2)。2(数学焦虑分组)×3(任务类型)重复测量方差分析结果显示: 数学焦虑组主效应显著($F(1, 56) = 6.71, p = 0.01, \eta_p^2 = 0.11$), 即高数学焦虑组的 P3 波幅($M = 1.28, SE = 0.33$)显著小于低数学焦虑组($M = 2.49, SE = 0.33$)。任务类型主效应显著($F(2, 112) = 3.25, p = 0.04, \eta_p^2 = 0.06$)。视觉基线任务的 P3 波幅($M = 1.91, SE = 0.25$)与数字颜色判断任务($M = 2.01, SE = 0.25$)和数量判断任务($M = 1.74, SE = 0.23$)无显著差异, 数字颜色判断任务的 P3 波幅显著大于数量判断任务 ($p = .03$)。数学焦虑分组与任务类型交互作用不显著($F(2, 112) = 0.90, p = .41$)。”

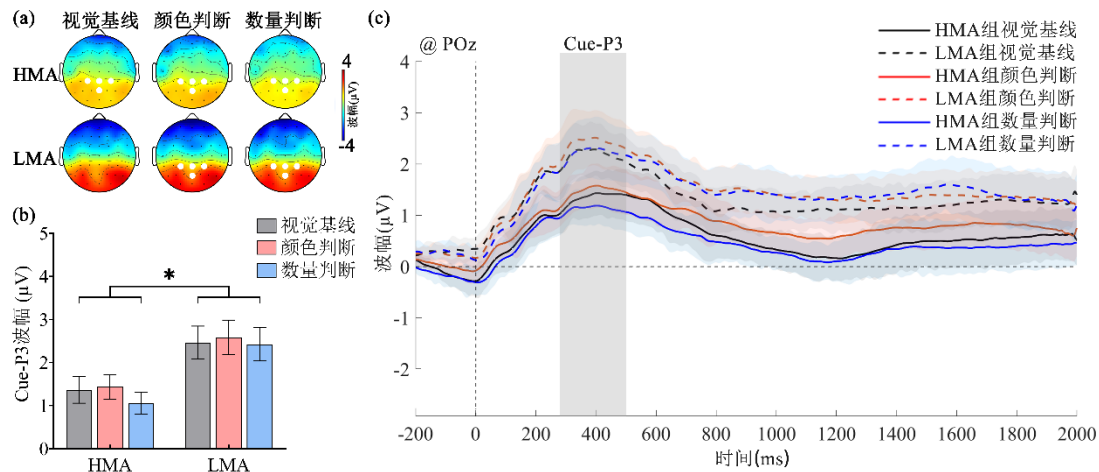


图 1 预期 P3 成分波形图及地形图

审稿人 2 意见:

“数学焦虑个体符号数字加工的神经机制”一文聚焦数学焦虑个体在符号数字加工中的神经机制, 采用 ERP、MVPA 与中介模型相结合的多种分析方法, 系统探讨了从预期准备到视觉识别再到概念加工的过程。提出预期阶段认知控制缺陷是数学焦虑影响符号数字加工的关键机制, 并区分视觉识别与数量表征不同阶段考察数学焦虑的影响机制, 具有一定理论创新意义。文献综述较为全面, 逻辑清晰, 方法可靠, 结果合理。在理论深度与数据分析和结果解释的严谨性方面还可进一步提升。

修改意见及建议:

1. Lyons & Beilock (2012) 的研究已揭示了高数学焦虑对于数学任务加工的影响在预期阶段就已出现, 如何理解作者提出的本文是“首次提出其加工缺陷并非仅源于刺激后的处理, 而是根植于预期阶段的认知/情绪控制不足”。作者需要在已有类似研究的基础上, 客观明确地阐述本研究在该问题上新的贡献。

回应: 感谢您的精准点评。相较于 Lyons & Beilock (2012) 的研究, 本研究的发现从以下几个方面深化和推进了对数学焦虑认知神经机制的理论理解, 做出了独特的贡献:

(1) 本研究揭示了从“何时影响”到“如何影响”。Lyons & Beilock (2012) 的突破性发现在于确定了数学焦虑的影响起点——预期阶段。这回答了“何时”开始影响的问题。而本研

究在此基础上进一步追问：这个信息加工的起点是如何在后续认知加工中传递和演变的？我们发现在数字颜色判断任务中，预期阶段 P3 波幅的降低（反映注意资源准备不足），完全中介了焦虑对刺激早期 N170 波幅（反映视觉结构编码）的影响。这建立了一条清晰的影响路径：焦虑 → 预期资源准备不足 → 早期符号识别编码效率下降。链式中介模型进一步揭示，这种早期编码的异常（N170）又会进一步导致后续 P2P 波幅（可能反映更精细的知觉分析或早期语义接触）的增强。这回答了“如何影响”的问题，构建了一个从预期、到知觉识别、再到概念加工的动态神经通路模型。

(2)本研究揭示了高数学焦虑对数学任务加工的影响在时间信息上的锚定。Lyons & Beilock (2012)是一项 fMRI 研究，能定位到在数学任务预期阶段，高焦虑个体前额叶-顶叶网络激活降低。但 fMRI 的血氧动力学响应滞后数秒，且时间分辨率低（秒级），无法精确回答预期阶段的神经差异具体发生在刺激前的哪个时间点、是早期准备还是晚期准备的问题。本研究锁定时于预期线索刺激，明确识别出在线索呈现后 280-500 ms 出现了一个与预期相关的 P3 成分，其波幅在焦虑组中降低。这直接将“预期阶段缺陷”锚定到一个特定的、与认知资源动员和背景更新相关的神经事件上，提供了毫秒级的时间标签。本研究利用 ERP 的连续时间序列，通过中介与链式中介模型，实证检验了“预期 P3 波幅降低 → 刺激早期 N170 波幅降低 → P2P 波幅升高”的传导路径。这首次在神经信号层面证明了，数学焦虑在预期阶段的资源不足，会在时序上损害后续 150-300 ms 内的视觉与知觉加工。本研究不仅识别了预期 P3，还分离了刺激后 N170（150-250 ms，视觉结构编码）和 P2P（250-300 ms，知觉-概念转换）这两个在时间上紧邻但功能不同的成分，并发现它们受到焦虑的差异化影响（N170 波幅减小，P2P 波幅增大）。这揭示了焦虑对早期加工的影响是多阶段的、异质性的。

(3)本研究对数字加工进行了层级分离，试图定位高数学焦虑个体的功能损伤。通过构建“非数字颜色判断—数字颜色判断—数字概念”三级任务，实现了对数学认知加工层级的系统性分离。从一般的感知觉处理，到领域特异的符号识别，再到抽象的数量概念操作，逐级演进的层级化过程。基于这一实验设计，使得我们能够在一定程度上将数学焦虑的损伤沿着认知层级进行定位：早期视知觉可能存在一般性的损伤，进而导致数字颜色判断的困难，并有可能传导至数字概念加工（数量表征），从而在行为上导致了高数学焦虑在数字概念任务上反应时的延长。

我们已经将这些观点重新融入论文的引言与讨论部分，用蓝色字体标示。

参考文献

Lyons, I. M., & Beilock, S. L. (2012). Mathematics anxiety: separating the math from the anxiety. *Cerebral Cortex*, 22, 2102-2110.

2. 如果已经假设了焦虑在预期阶段就对数学任务的加工产生了影响，那区分焦虑对后续的数学加工中的不同阶段（数字识别和数字概念加工）影响的理论思考和意义是什么？

回应：您提出的这一问题至关重要，它直接指向了本研究的核心研究动机与理论贡献。区分数字加工不同阶段影响的理论思考和意义如下：

第一，本研究试图对高数学焦虑个体的数字加工损伤进行精确定位，探讨数字识别和概念加工是否存在单独损伤。**行为证据上**，高、低数学焦虑组的行为模式不同。反应时上显著的“组别 × 任务类型”交互作用及简单效应分析揭示，高焦虑组仅在数字概念任务上表现出反应时的特异性增加(相比于数字颜色判断)，而在数字知觉与非数字知觉任务上则无显著差异，但低焦虑组在三个任务上反应时均无显著差异。这意味着由预期和早期知觉缺陷(在神经层面已证实)所奠定的脆弱性，在低层级的知觉任务中尚不足以引发高数学焦虑组行为上反应时的延长，但在高级概念整合与数量操作的任务中问题被放大从而导致反应时的显著延长。这精准地将数学焦虑最核心的行为瓶颈定位在了高级概念加工阶段，而非基础的识别阶段，即无需假设 HMA 在数字视觉识别阶段的独立损伤。**脑电的链式中介结果上**，我们发现当任务仅涉及数字颜色判断时，存在显著的链式中介数学焦虑 → 预期 P3 波幅降低 → N170 波幅降低 → P2P 波幅升高，该证据直接表明，数学焦虑对数字颜色判断加工的影响，由预期阶段的资源动员不足所中介。这种影响是传导性的，而非独立的。焦虑并未造成一个孤立于预期过程的“数字颜色判断表征模块”的损伤。N170、P2P 的异常是预期缺陷的直接后果。而涉及更复杂的数字概念加工时，该链式中介不成立，这一结果进一步验证了从行为证据上推测的结论：HMA 人群在数字识别中不存在单独损伤，而在数字概念加工中存在单独损伤。

第二，本研究厘清了焦虑对后续数字加工阶段影响的动态的演进过程。数学概念相对于数字识别是更高层级的加工，区分这两个层次可以帮助我们厘清预期阶段注意资源的不足如何影响不同的数学加工成分，即影响的同质性问题：预期阶段的资源不足或功能失调，是会均等地削弱所有后续认知操作，还是会选择性地、不同程度地损害某些特定类型的加工。例如，它对自动化、知觉级的加工(如数字视觉加工)与控制性、概念级的加工(如数量比较)的影响模式和强度是否相同？在数字概念任务中链式中介效应消失，这一关键差异表明，当任务升级为复杂的数量加工时，焦虑的影响机制发生了转变。预期阶段的缺陷不再直接线性传导，而需要引入单独的概念损伤。

3. N170 和 p2p 成分在数学焦虑分组与任务类型交互作用皆不显著，结果是否未显示出高数学焦虑人群在完成数学任务时的特异性损伤？这个结果如何解释？是否测量了高焦虑组与低焦虑组在一般认知能力、智力或则其他学业任务，两组被试在认知功能或智力方面是否存在差异。

回应：感谢您深刻且富有建设性的意见，这促使我们对研究结果进行更深入的思考和阐释。首先，我们认为 N170 和 P2P 上未出现显著的组别 × 任务交互作用，并不能等同于“没有特异性损伤”。相反，我们提供了行为、MVPA 和中介模型三个方面的证据支持 HMA 数字相关的特异性损伤：

首先，在行为层面发现，在数学概念任务上有显著的组别 × 任务类型交互作用，简单效应分析显示，仅在高数学焦虑组内，数字概念任务的反应时显著长于其他两项任务，而对于 LMA 则没有这种差异。这表明，其行为代价在需要深度数量加工的任务上体现出来。

其次，多变量模式分析(MVPA)提供了全新的视角，揭示了神经信息解码的特异性缺陷。我们发现，高数学焦虑组在区分数字与非数字知觉时，其神经解码的发生时间窗显著晚于低数学焦虑组，且在某些时间窗解码准确性更低。这提示高数学焦虑组大脑在处理数字相

关信息时，其神经表征的区分效率更低、更迟缓。这种时间进程上的延迟，是早期成分波幅无法完全捕捉的、更具功能意义的特异性损伤。

最后，我们的中介模型揭示了一条仅在数字知觉任务中才完全成立的传导链：数学焦虑 → 预期阶段 P3 波幅降低 → N170 波幅异常。这条任务特异性的神经路径表明，数学焦虑的损害并非在所有情境下均等地显现，而是当其认知系统面临“数字”这一特定领域时（对比非数字知觉任务），其早期的脆弱性才通过预期资源不足的机制被特异性地放大。因此，特异性损伤体现在机制的特异性，而非简单的波幅调制特异性上。

另外，本研究未测量一般认知能力、智力或其他学业任务。但我们恳请您结合本研究的被试群体特征和任务本质，考量以下解释，以评估此局限对结论可能产生的影响：

(1) 本研究的被试群体的同质性较高，参与者均为在校大学生，处于一般认知能力的峰值期，且经过高等教育选拔。在这一群体中，基本的感知速度、简单反应时、颜色辨别等基础认知能力个体差异较小，且在简单的实验任务中极易达到表现天花板。因此，即使存在微小的组间差异，也很难在我们设计的非数字颜色判断等基础任务中转化为可观测的、有统计学意义的行为或神经差异。事实上，我们的行为数据也支持这一点：在非数字颜色判断任务上，两组在反应时和正确率上均无差异。这表明，可能存在的、与焦虑无关的一般能力差异并未在本研究范式中产生系统性影响。

(2) 数学焦虑的领域特异性理论与本研究任务的设计的角度来看，大量权威文献表明，数学焦虑与一般智力或流体智力的相关性很弱，它主要是一个领域特异性的结构（Ashcraft & Krause, 2007; Dowker et al., 2016）。本研究旨在探讨的，正是这种特异性如何影响从知觉到概念的数学信息加工流。我们的任务（尤其是数字知觉与概念任务）的核心负荷在于对符号化数量信息的处理，而非一般性的推理或记忆。如果两组的主要差异在于一般智力，我们应观察到其在所有需要认知努力的任务上的普遍性劣势，但这与我们在非数字任务上无组别差异的结果不符。

(3) 研究结果中“特异性”而非“普遍性”缺陷的神经证据。最有力的论据来自于我们发现的神经机制的特异性。如前所述，中介效应仅在数字颜色判断任务中存在。如果组间差异的根本驱动力是普遍性的认知能力不足，那么这种神经中介路径理应出现在所有具有一定认知要求的任务中，而非唯独锁定在“数字知觉”这一环节。这种精确的任务特异性神经路径模式，很难用笼统的“一般能力差异”假说来解释，却与“数学焦虑损害数字特异性加工”的理论契合。

但是，将在论文的“局限性”部分明确指出未测量一般认知能力这一事实，并坦诚讨论其潜在影响。我们也将把审稿人的宝贵建议纳入未来的研究计划中，例如在后续实验中纳入简短的认知能力筛查测验（如瑞文测验、知觉速度测验等），以进行协方差分析或匹配分组，从而在方法上更彻底地排除这一混淆因素，进一步强化结论的稳健性。

总之，基于当前高度同质的大学生样本、数学焦虑的领域特异性理论、以及我们发现的具有高度任务选择性的神经中介效应和 MVPA 模式，本研究的核心结论（即数学焦虑通过影响预期阶段资源分配，特异性损害数字加工）是可靠且成立的。未测量一般认知能力是本研究一个可能的局限，我们在讨论中增加了这部分的内容，用蓝色字体标示。

参考文献

Ashcraft, M. H., & Krause, J. A. (2007). Working memory, math performance, and math anxiety. *Psychonomic bulletin & review*, 14(2), 243-248.

Dowker, A., Sarkar, A., & Looi, C. Y. (2016). Mathematics anxiety: What have we learned in 60 years?. *Frontiers in psychology*, 7, 508.

4. 单变量分析中为何没有预期阶段 p300 的分析？要探讨焦虑在预期阶段的作用。需要了解预期阶段 p300 的表现，而不仅仅是通过中介模型来体现。

回应：感谢您的宝贵意见。我们在论文中增加关于预期阶段 P300 成分的所有分析和结果，在论文修改稿的方法和结果部分中用红色字体标示。

5. 不知理解是否正确，首先需要确认预期阶段的 p3 波幅分析是否只纳入了顶叶部分的电极？如果是，为什么不纳入额部电极进行分析？因为以往文献提出的是额顶网络，顶部的电极只能获取顶叶部分的脑电特性，无法代表额顶网络的特征。

回应：感谢您的宝贵意见。我们根据预期阶段地形图在 280-500ms 的时间窗上所对应波幅最大值的位置选取了顶叶区域的 Pz、P1、P2 和 POz 电极，而额区并未出现一个具有显著组间效应或任务主效应的、地形上独立的峰电位，因此没有纳入相应的分析。这与前人相关研究结果一致，分布于顶叶的 P3 成分的功能主要是为即将到来的、任务相关的认知操作动员注意和记忆资源（Polich, 2007）。基于此我们推测高数学焦虑人群的数字加工缺陷始于预期阶段的注意资源分配时期。如审稿人所言，顶叶部分电极无法完全代表额顶网络的特征，这是脑电技术手段的局限，但本研究的证据也从不同的技术手段印证了预期阶段认知控制资源不足的假说，同时相比于前人使用 fMRI 技术得到的额顶网络激活不足证据，也提供了更高时间分辨率的证据链。

参考文献

Polich, J. (2007). Updating P300: an integrative theory of P3a and P3b. *Clinical neurophysiology*, 118(10), 2128-2148.

6. 行为、单变量和模型分析中焦虑对于数字颜色判断与数学概念加工影响的结果似乎并不完全一致，讨论部分需要更细致的综合分析，请考虑得到数学焦虑对数字识别和概念加工的影响同时存在的结论是否流于简单？

回应：您提出的这一问题非常关键且极具洞察力。我们完全同意，如果讨论部分仅将研究发现概括为“数学焦虑对数字识别和概念加工都有影响”，确实是流于简单化，未能充分整合与解释多层次证据之间复杂的、非线性的关系。感谢审稿人给予我们机会，在此对结果进行更深入、更细致的综合分析。

| 证据层面 | 核心发现 | 解释 |
|--------------------|--|---|
| 行为结果 | 仅在数字概念任务上出现显著的组间反应时差异（交互作用）。 | HMA 存在数字概念加工的独立损伤 |
| 单变量 ERP (N170/P2P) | 在所有任务中均存在显著的组间主效应（N170 波幅更小，P2P 波幅更大）。 | 焦虑导致的神经层面普遍性脆弱，这是所有后续影响的基础。 |
| 多变量 ERP | 区分非数字和数字加工时 HMA 发生更晚，准确率更低 | HMA 在数字知觉上存在独立于数字的特异性损伤 |
| 中介模型 | 链式中介（焦虑→预期 P3 →N170→P2P）仅在数字颜色判断任务中显著。 | 焦虑损害神经传导路径的任务特异性：在知觉任务中为线性传导，在复杂任务中引入了概念的单独损伤而无法传导。 |

我们认为，行为、单变量 ERP 和多变量 ERP 及中介模型的结果呈现的“不一致”，可以有如下解释，我们试图将这些解释整合到一个理论模型下，尝试提出“双路径”模型：

路径 A（传导性损伤路径）：作用于数字视觉识别层级。焦虑损害预期准备（P3↓），进而导致对数字符号的早期编码与加工（N170， P2P）效率低下。此路径在需要快速、自动化识别的任务中占主导。

路径 B（独立性损伤路径）：作用于数量概念加工层级。数学焦虑直接损害了抽象数量信息的表征、操作或比较过程。此路径在需要语义提取和复杂认知操作的任务中占主导，其神经机制独立于由预期 P3 发起的早期传导链。

我们的数据显示，在数字知觉任务（即单纯的数字符号识别）中，数学焦虑的影响表现为一条清晰的、由预期缺陷驱动神经传导链：数学焦虑 → 预期阶段 P3 波幅降低 → N170 波幅降低 → P2P 波幅增加。这条链式中介路径的完全显著性表明，高数学焦虑者在数字识别任务中表现出的早期加工异常，可以完全归因于其预期阶段认知资源动员的不足。这支持了数字视觉识别本身不存在独立于预期系统的特异性损伤的观点。其困难来源于“准备不足”导致的信息输入质量全面下降，是一种自上而下的传导性效率损失。

在数字概念任务（即涉及数量大小比较）中，上述清晰的传导链条不再显著。这一关键差异无法用“传导效应减弱”简单解释，而需要引入对抽象数量表征系统存在相对独立的损伤。

行为证据的方面，高焦虑组仅在数字概念任务上表现出反应时的特异性剧增，这表明其核心行为瓶颈在于数量操作本身，而非一般的符号处理。

神经传导路径方面，链式中介在概念任务中的消失，提示数量加工环节的异常并非主要源于预期阶段 P3 缺陷的线性传导。数量比较可能调用了与单纯符号识别部分分离的认知系统（如涉及顶内沟的核心数量网络），而焦虑对这一系统的损害机制，可能独立于前文所述的“预期-知觉”传导通路。它可能涉及工作记忆中对数量信息的保持、数量表征的稳定性或比较决策的效率等更为后期的过程。

多变量模式分析结果方面，高焦虑组区分数字“知觉”与“概念”任务的神经解码发生较晚，这进一步说明，其数量概念相关的神经表征在形成时间与效率上与低焦虑组存在本质差异，这更符合一个独立加工环节存在缺陷的特征，而非单纯早期输入延迟的后果。

我们认为结合了传导路径和独立数量损伤路径的模型能够更精确地解释本研究的全部发现：在数字知觉任务中，我们主要观测到路径 A 的效应（链式中介显著）；在数字概念任务中，路径 B 的效应表现为在反应时上的显著延长，而由于路径 B 的独立性，源自路径 A

的传导链在该任务中变得不显著或让位于更复杂的干扰模式。这一论述将研究从现象描述提升至机制阐释，构成了本研究的核心理论贡献。

在修改稿中我们已经将上述讨论重新融入到讨论中，用蓝色字体标示。

第二轮

审稿人 1:

作者对提出的问题进行了仔细思考并提供了细致的反馈，在文中进行了认真仔细的修改，补充了数据。对于研究贡献的定位和结果解释与讨论都更为合理。文章对于该研究问题的进一步探讨提供了一些可参考的初步思路，没有更多修改意见了，同意发表。

回应：衷心感谢审稿人细致的评阅和鼓励性的意见。我们很高兴修订与补充分析已回应相关问题，并提升了稿件的清晰度与研究定位。感谢审稿人对本研究贡献的认可，以及对论文发表的宝贵支持。

审稿人 2:

该论文作者已经比较好地回答了审稿人提出的问题。目前论文篇幅过大，有 13000 多字，建议大幅度压缩，精简论文。

回应：感谢审稿人的宝贵意见。我们已对论文进行了整体压缩，目前字数已经符合杂志的投稿要求。

编委意见：我同意两位审稿人的意见，建议作者按学报要求进行调整后，提交主编终审。

主编意见：同意外审和编委意见，建议按外审要求精简后录用。