

第二轮审稿意见

审稿专家 1

作者根据审稿意见进行了较好的修改，但仍存在几个问题需要考虑。

1. 题目“视觉干扰下的小数值加工机制”过大，建议更加准备提炼研究题目；

感谢审稿专家的宝贵意见，我们进行了修改，请进一步审阅。修改后的题目为：“感数机制向数量机制的转变：视觉干扰下的小数值加工”。

2. 摘要中的四要素体现不明显，特别是问题提出。研究结论是否能够涵盖题目中提到的小数值加工机制？

感谢审稿专家的宝贵意见，我们修改了摘要，强调了问题提出过程，细化了对研究方法和结果的描述，请专家进一步审阅。

本文的研究结论为：干扰物会破坏感数机制，此时小数值的加工依赖数量机制。关于小数值的加工机制问题：目前，相关研究者普遍认为小数值依赖感数机制来加工，有少量研究也指出感数机制在注意负荷等情况下会被破坏。我们的研究则提示，感数机制被破坏后，小数值是依靠数量机制来加工的。从这个角度来说，结论还是对“小数值的加工机制”问题给出了具体的回答。

3. 引言中最后一段中的问题提出部分不明确，应该体现出如何从前面的综述凝练出本研究的问题。

感谢审稿专家的宝贵意见，我们对引言进行了修改，在归纳前文的基础上，引出了本文的研究设想，上述改动请审阅。

4. 诸如文章中图 2 这样的结果图需要画成矢量图。

感谢审稿专家的宝贵意见，我们重新处理了所涉及的图片，请审阅。

5. 总讨论中的第一部分其实是研究的总结，不需要用小标题。第三部分“干扰条件下感数加工会被数量机制取代”，这个说得过于绝对。

感谢审稿专家的宝贵意见，我们按照要求进行了修改，避免了上述过于绝对化的描述，上述改动请审阅。

6. 文章总体字数超心理科学 2000 字，需要再不影响读者理解文章的前提下进行删减。

感谢审稿专家的宝贵意见，我们按照要求进行了修改，目前 8070 字，请审阅。

Psysci21-289 第一轮审稿意见

审稿专家 1

修改意见：数量感知的研究对于数字学习有重要作用。该论文考察干扰物对感数机制影响，发现干扰物存在会破坏感数机制，并且小数加工依赖数量机制。实验方法有一定创新，结果对于数量认知和数学学习等领域有一定意义。文章中存在一些不清晰问题需要作者回答和修改。

1.练习的多少是否对结果有一定影响？

答：感谢专家提出的宝贵意见，大量练习可能降低被试数值估计的错误率，例如实验 2b 的错误率相比实验 1a 的错误率有所下降。但在经历了 1000 余次的数值估计后（无反馈练习），实验 2b 仍然揭示了同样的 SD 变化规律（SD 随着目标刺激值 1-4 线性增长），这说明大量练习后，被试仍无法排除干扰物的影响，在干扰条件下实现感数加工。在相关研究中有类似的结果：如果刺激-目标在每次都变化颜色（实验 1b），那么大量练习后被试仍无法排除干扰物的影响进行感数加工；只有当刺激-目标的颜色在每个试次中保持恒定时，被试才逐渐学会在干扰条件下实现感数加工（Liu et al., 2020; Trick & Pylyshyn, 1993）。

2.实验 1a 的干扰线数量为何直接从 5 跳到 12？

答：感谢专家的宝贵意见，干扰条件从 1 条线增长到 5 条线，比较稳定地揭示出干扰效应随着干扰线增加而增加的规律，以及 SD 随着标准刺激（目标）线性增长的规律；在总试次的限制下，我们进而测试了一个比较强的干扰条件（12）作为某种“上限”，这个条件展现出最强的干扰效应；类似的，实验 1b 也省略了

1-4 条干扰线的条件（少量测试可知，这些条件下干扰效应不稳定），完整测试了 5-8 条干扰的条件，继而完整测试了 10 条干扰线的条件，并发现这个“上限”条件中，干扰效应已经显著下降了，和实验 1a 形成了对比。我们推测，在实验 1b 中，10 条干扰线的影响力骤降，可能是因为被试在目标-干扰不同色的情况下，总是能够同时分辨两个刺激集的数量（Halberda et al., 2006），经过若干试次后，被试意识到干扰线段（10）总是比目标点（1-7）数量更多，干扰线段失去了对注意资源的竞争性，观察者可以选择性地注意数量较少的那个刺激集，从而促进了对目标的感数加工。

3.实验一中目标数量为 1-7 随机出现，根据以往研究 4 个以下和以上在识别上机制不太一样，结果中只有 4 以下数值，4 以上结果如何？

答：感谢专家的宝贵意见。本文主要分析小数值 1-4 的加工机制，为避免意识到刺激数值规律，测试 1-7 的数值范围。分析现有数据可知，被试对目标 5-7 估值的 SD 比 1-4 有所增加，W 分数仍在 0.1-0.3 之间取值。从实验 1a 到实验 2b，5-7 的估值 W 变化比 1-4 的 W 变化更稳定，练习效应较小。在基线（无干扰）条件下，5-7 估值的 W 分数仍大于 0.1。总的来说，在基线条件下，加工 1-4 和 5-7 的 W 有间断性，有差异；在干扰条件下，1-7 的 W 基本保持恒定。

一般认为 5 个以上的数值分析可激活数量机制，也有研究者指出，数值 5-10 可能引发介于感数机制和数量机制之间的另一种加工，它们的 W 分数比加工 10 以上数值的略低。当然，这也可能是由于不同被试具有不同的感数广度所导致的，感数广度大的被试，他们加工 5-6 个点的误差也可以接近“0”。研究者一般会选择 10 以上的数值来激发数量机制。

4.计算机如何模拟需要介绍清楚。

答：感谢专家提出的宝贵意见，我们在原文中进行了补充和修改：

（1）占用理论即占用效应的理论解释：每个刺激周围都存在一个区域，当其它点进入该区域时，两个点就被识别为一个，对数量产生低估（Allik & Tuulmets, 1991）。

（2）依据占用理论建模：①按照占用理论（Allik & Tuulmets, 1991），以每

个点为圆心的区域会被其“占用”，当另一个点进入该区域时，视觉系统就会把2个点识别为1个，低估数量，产生误差。即：当两个刺激的间距小于一定标准时，第二个刺激就不再被计数。按照占用原则，当某个目标点接近其他目标点、或者干扰线时，它都会被“忽略”，点引起的占用效应和线条引起的占用效应，都会导致观察者出现计数错误（使估计的SD升高），从而使计算机反应的SD和W呈现相似模式（例如：SD随着目标数值增加而增加；SD随着干扰数值增加而增加）。由于本研究主要目的是考察干扰线对目标点数值判断的影响，我们简化了模型，只考察干扰线的占用效应对目标点计数的影响，而不考虑目标点之间的占用效应对目标点计数的影响。需要说明：目标-目标之间的占用效应对计数活动的影响是不容忽略的，但是如前所述，目标和干扰对某个点产生的占用效应是相似的，忽略部分占用效应，不会影响目标数值估计的SD模式和W模式。

②提取干扰线的中心位置坐标，以此为圆心设置“占用半径”，进行少量模拟后，设定其半径值为60像素（同样的，半径大小会影响占用效应大小，但却不会影响数值判断结果的SD和W的分布模式），即：编写一个“kill”程序，提取每个目标点中心的坐标，规定任何与干扰线条中心的距离小于60像素的点将不再被计数。最后，统计“幸存”的目标点的个数，作为该试次的结果输出，我们用这个输出结果来模拟人类被试每一次进行数值报告的结果。

③我们对实验1a的每个干扰条件、目标数值1-4分别进行2000次模拟运行，即：分别在每一个给定的目标数值条件下，输出2000次“幸存点个数”。最后，用目标数值作为横坐标，2000个模拟结果的SD作为纵坐标，进行线性回归，并计算W分数（和实验1的处理方式相同），与人类被试的观测结果进行比较。

5.随机线条大小是否也会对结果产生影响？

答：感谢专家的宝贵意见，干扰线条的大小会对结果产生影响，我们选择了和目标尺寸接近的干扰刺激。与目标差异过大的干扰会失去竞争力，影响力下降。我们推测，这主要是因为两者差异大，被试容易“过滤”掉干扰物，更有效地把注意力集中在目标物身上。在经典研究（Trick & Pylyshyn, 1993）中，干扰总是白色，目标总是黑色，被试就很快学会了把注意集中在目标上，实现了感数加工。实验1b的“不同色”条件中，干扰和目标都在不断变化颜色，使被试不能形成稳定

的“过滤”策略，因此感数加工受到了破坏。当然，该结果也不能解释为“颜色变化导致被试错把干扰集当成目标集”，因为在这种情况下，被试估值的 SD 不会随着目标物的数值而线性增加。

6.口头报告中可能存在快慢问题。

答：感谢专家提出的宝贵意见，口头报告确实不能敏锐反映反应时的变化。我们主要依据错误率来分析，是感数机制还是数量机制得到了激活。感数机制按照其定义是指：加工小数时，精确（错误率接近 0）、迅速且反应时变化平缓的加工所依赖的机制。目前较为认同的是：当快速的数值加工活动体现出精确性时，即可认为该加工所依赖的是感数机制。

总体来说，文章撰写较为流畅，只是其中一些实验细节需要补充介绍清楚，便于读者清晰阅读。

感谢专家提出的宝贵意见，我们进行了相应的增补，请专家审阅。

审稿专家 2

修改意见：

1、需要阐述清楚感数加工与小数加工是什么关系。否则无法理解引言倒数第二段最后两句话的意思。

答：感谢专家提出的宝贵意见，我们在引言中进行了补充修改。“感数加工”按照其定义指的是：精确、迅速且反应时平稳地报告出目标数值的加工活动所依赖的机制（Kaufman & Lord, 1949），一般说来，成人的感数范围是 1-4。小数值加工是指：对 1-4 个刺激的数量进行认知的加工活动。原文中的“小数”易产生混淆，我们在这个版本中使用了“小数值”。简单地说，小数值加工指的是对 1-4 的数值加工，但实现这种加工的机制却不一定是感数机制，也可能是数量机制（传统观点认为数量机制只处理大于 4 的数值加工）。

2、问题提出部分需要明确实验之间的逻辑关系，首先为什么实验 2 要在实验 1

的基础上分析是否存在占用效应，如何支持实验 1；其次，实验 1a 依靠形状线索区分干扰和目标刺激；实验 1b 依靠形状加颜色来区分两种刺激。

答：感谢专家提出的宝贵意见，我们在文中进行了补充和修改。

（1）**实验 2 对实验 1 的支持：聚合证据。**数量机制具有两个典型特征，其一，加工错误率符合数量感知的“韦伯定律”， W 约为 0.2（实验 1）；其二，加工展现出“占用效应”，可以被占用模型解释（实验 2）。实验 1 和实验 2 分别分析了小数值加工是否符合韦伯定律，以及是否体现占用效应，两个实验提供了聚合证据，支持“数量机制在小数值加工活动中被激活”的研究假设。

韦伯定律和占用模型有不同的理论支撑，“韦伯定律”假说认为恒定的 W （典型值为 0.2）反映了特定加工机制的活动（ANS 机制、数量机制），占用理论则通过“占用”来解释数值加工中的错误。这两种现象都被认为是数量机制下的典型现象，即：如果一种数值加工活动符合数量感知的韦伯定律，则认为它激活了数量机制（Anobile et al., 2014）；在中等数值加工活动中，能普遍揭示出占用效应（Allik et al., 1991）。

（2）**实验 1a 和实验 1b 的关系：排除“视知觉干扰”解释。**实验 1a 是本文的主要实验，只依靠形状线索区分目标-干扰物，实验 2 中的计算机模拟也只采用了形状参数。实验 1b 增加了颜色作为分组线索，有助于更详细地分析干扰物是如何影响目标数值加工的，完善我们的研究主题（视觉干扰下的小数加工机制）。实验 1b 中的干扰效应有所下降，但同样的模式仍然存在，这说明了两个问题：其一，干扰效应受到目标-干扰之间相似性的影响，相似性越高，竞争性越大，干扰效应越强。其二，干扰物破坏感数机制，不是简单地因为干扰物导致了低级的视知觉混淆（分不清目标和干扰），否则实验 1b 不应出现干扰效应，因为颜色分组线索是难以产生知觉混淆的。干扰物主要是分散了观察者的注意力，从而破坏了感数机制。在实验 1b 中，干扰物恒定为 10 的条件，比干扰物为 6-8 的条件来说，反而产生了更弱的干扰，就是因为被试在经历几个试次之后很快觉察到了规律（数量更多的那一组是干扰物），从而有策略地集中在目标物（较少的那组）上，干扰物失去了对注意资源的竞争力。在实验 1a 的同色条件（干扰物为 12）下，被试没有外显地学会上述策略，因此 12 个干扰线条产生了最大的干扰效应。

3、方法中的被试部分选用了 8 名被试作者称之为参照前人研究，这不足以说明问题。作者也需要阐述清楚为什么 W 分数的模式，不适合用 G-power 等软件分析样本量。样本量的计算除了 G-power 还有其它方法。

答：感谢专家提出的宝贵意见，下面对样本量进行一个阐述，如有不足或错漏之处恳请专家指出，我们进一步改正。

(1) 本研究的假设是：干扰会破坏感数机制，使小数值加工依赖数量机制完成。检验假设的主要依据是 SD 和目标值的线性关系是否成立，即线性回归方程的斜率是否显著大于 0。如果斜率大于 0，认为数值加工的错误率（JND 或者 SD）随着目标值增长而增长，符合数量感知的韦伯定律，数量机制被揭示；如果不显著大于 0，认为 JND 和目标数值的线性关系不成立，数量机制未被激活，错误的来源可能是干扰物产生的随机噪音，数值加工激活的是“带有噪音的感数机制”。在现有的观测量下，干扰条件下 SD 随着目标线性增长的规律被重复地验证（实验 1a、2b 各验证 6 次，实验 1b 验证 3 次），因此现有数据量较稳定地验证了假设“在视觉干扰下，小数值的加工会依赖数量机制，而不是感数机制”。

(2) W 分数是 SD 和目标数值 PSE 的比值，各结果图的右侧描述了各种条件下的 W 值。本研究对 W 值的假设为：数量机制激活，则 W 值接近 0.2（数量机制下的典型值；现有研究提示数量加工的 W 可能为 0.1-0.4）而非接近 0（感数机制下的典型值）。W 值在本研究中是一个描述性质的统计值，在各个实验中，每种实验条件下均计算了 4 个目标数值的 W 值，采用大量 W 的描述统计量（各图右侧）来辅助证明数量机制被激活的观点。我们用虚线框来描述 W 的取值范围，辅助说明此时是哪种机制被激活，但该范围不对应准确的概率分布理论，即使 W 在虚线外，也不能在某个具体的概率水平上，否定该机制是数量机制，不适合用 g-power 等软件计算样本量。学者 Anobile 等人（2014）采用了类似方法，招募了 8 名被试，通过描述多个 W 值来分析数值加工活动背后的机制。另一个采用 W 作为因变量的类似研究（Liu et al., 2020）表明，50 个 trial 的测试量（例如：10 名被试，每人在每个条件下重复 5 次）可以在 90% 的检验力水平下区分 $W=0.2$ 和 $W=0.05$ 的总体，本研究的试次（128）则大于该理论值。

(3) 数据分析方法：本文在每种条件、每种目标数值下，统计所有被试的报告值，据此计算该点的 SD。由于实验长度限制，在每种条件、目标数值下，单个

被试的反应次数较少，据此计算的 SD 波动很大。因此本研究没有对各种情况下的 W 或者 SD 进行均值差异检验。根据研究主题，断定哪种条件下的错误率（SD 或者 W）更大并非研究重点；如前所述，干扰影响目标数值加工的机制主要是通过韦伯定律——“SD 随着数值增加而线性增长”的规律来考察的。

（4）郭秀艳老师（2004）在《实验心理学》中指出，类似心理物理学、费时且个体差异较小的研究可以采用小样本设计。考虑到实验 1a、1b、2b 采用了基本相同的实验、流程和数据分析方法，所得到的结果也可以相互印证，我们招募了较少的被试完成实验研究，这些被试在类似条件下进行了大量重复测试。8 名被试完成了实验 1a 和实验 2b，每位重复了约 2000 次判断。每个实验中被试进行约 1000 次判断，在每一种干扰条件下、在每个观察点（1-4）处，被试提供了 128 个数据，依据这 128 个观测值分别计算 SD，揭示 SD 随着目标数值线性增长的规律（韦伯定律）；在实验 1a 中，该线性变化规律被重复考察了 8 次（7 个实验条件，1 个控制条件）；实验 2b 再以相同观测量重复验证了上述规律。实验 1b 招募了 12 名被试，以几乎相当的观测量重复揭示了上述规律。综上，我们推测本研究的观测量较稳定地反映了小数值加工中的错误率变化规律。

4、实验材料参数部分关于刺激大小这部分，要么用像素，要么用视角；干扰线的数量根据实验组而变化，但在每一次实验中保持恒定，实验组、每一次实验是指什么意思；实验程序部分描述的不清楚，很多内容无法理解，比如每个数值判断 16 次是指什么，多少个 Block，实验设计是什么，实验多少种条件，每种条件多少 trial 等。

答：感谢专家提出的宝贵意见，已进行相应修改。

（1）刺激大小统一表示为像素。

（2）实验组：此处不准确，应该是“实验条件”，每种条件对应不同数量的干扰线段。我们改写了原文易混淆的表达：*干扰线的数量根据实验条件而变化，但在每一种实验条件中保持恒定，实验 1a 有 7 种实验条件，干扰线数量为 0（基线），1，2，3，4，5，以及 12。*

（3）实验设计及试次参数进行了如下改写：

在每种条件下，干扰线数量恒定，如图 1 的条件下总为 3 条干扰线；每次随

机出现 1-7 个目标圆点，要求被试报告目标的数量，每个数值（1-7）的目标判断 16 次，共 112 个试次，在 1 个 block 内完成。实验为被试内设计，考察不同数量的干扰线条（不同实验条件）对目标数值判断的影响，在 7 种实验条件（7 个 block）下，每人完成 784 次测试，各个条件的顺序在被试间平衡。最后，要求被试完成一个控制条件，即报告点和线条的总数（干扰为 1-3 条线），不需区分目标和干扰物，与实验条件形成对照。每个条件完成后短暂休息以避免疲劳。正式实验前进行简短练习。

5、实验结果部分，举例如实验 1a，很多关键概念交代不清晰，如简单韦伯定律（常数项为 0）和修正韦伯定律（常数项为正数）模型需要交代，Origin 软件中的 F 检验决定较优拟合模型（Barlow, 1957），如何决定？结果表明简单模型更优，怎么体现出来的？相对于其他数值来说，对“1”进行判断的错误会被放大，是指什么意思？

答：感谢专家的宝贵意见，我们在文中进行了补充和修改，请专家进一步指正。

（1）简单韦伯定律为： $W = \Delta I/I = SD/PSE$ （Anobile et al., 2014; Liu et al., 2020），即 $SD = W * PSE$ ；此为不带常数项的线性回归方程 ω_1 。

修正后的韦伯定律为： $W = \Delta I / (I + a')$ 或 $SD = W * PSE + W * a' = W * PSE + a$ ，其中常数 a 为正数，它可能反映了感知系统的背景噪音（Balow, 1957; Gescheider, 1997），此为带常数项的线性回归方程 ω_2 。

（2）依据 F 检验，origin 软件可以比较两个模型中哪一个更可能成立。基本原理是：不带常数项的方程（ ω_1 ）和带常数项的方程（ ω_2 ）的残差平方和 RSS

（Residual Sum of Squares）均遵从卡方分布，从而 $F = RMS(\omega_1 - \omega_2) / RMS \omega_2$ ，其中 RMS 为残差均方， $RMS(\omega_1 - \omega_2) = (RMS \omega_1 - RMS \omega_2) / (df \omega_1 - df \omega_2)$ ； $RMS \omega_2 = RSS \omega_2 / df \omega_2$ 。如果两个模型的预测结果相差较大，即 F 值较大，则常数项对模型预测的影响显著， ω_2 更优；反之则常数项可以舍去， ω_1 更优。Origin 可以计算出 F 值，以及分布大于该 F 值的概率。据此，在 0.05 的显著性水平上，确定哪一个方程更可能成立。

（3）“1”处的错误被放大：相对于数值 2-4 来说，观察者在判断目标“1”的数值时，所犯的任何一个错误都会引起总体 SD 的波动。例如，把 1 当成 2 会使 SD 增加

100%，而把 2 当成 3 会增加 50%的错误，把 3 当成 4 会增加 33%的错误，把 4 当成 5 只会增加 25%的误差。这会使回归线（图 2）出现两种误差，其一，因为判断目标 1-4 的错误引起的误差波动递减，因此回归线的估计斜率（0.16-0.22）比真实斜率更小，我们可以假设真实斜率更大，即在干扰条件下，SD 和标准刺激间的线性关系更可能成立，这支持我们的实验假设；其二，因为目标“1”处存在误差的剧烈波动，图 2 右中，目标“1”处的韦伯分数 W 远超典型值 0.2（位于矩形范围外），这解释了我们的实验结果。

参考文献：

Gescheider, G. A. Psychophysics: The fundamentals. 3rd ed. Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates, 1997.

6、根据占用理论建模，考察实验 1a 是否可以被占用效应解释；实验 2b 减小刺激呈现面积，考察干扰线对目标数值判断的影响是否变强，验证该影响是不是“占用效应”。首先，占用理论建模具体是什么；其次为什么单独考察实验 1a 是否可以被占用效应解释；再次，为什么 2b 要减小呈现面积。

答：感谢专家的宝贵意见，我们在文中进行了补充。

（1） **占用理论即占用效应的理论解释：**每个刺激周围都存在一个区域，当其它点进入该区域时，两个点就被识别为一个，对数量产生低估；低估的原因并不是“看不清”，而是“忽略”，占用半径不是确定数值，它描述了两个刺激在整体中相对接近的特征（Allik& Tuulmets, 1991）。

（2） **依据占用理论建模：**①按照占用理论（Allik & Tuulmets, 1991），以每个点为圆心的区域会被其“占用”，当另一个点进入该区域时，视觉系统就会把 2 个点识别为 1 个，低估数量，产生误差。即：当两个刺激的间距小于一定标准时，第二个刺激就不再被计数。按照占用原则，当某个目标点接近其他目标点、或者干扰线时，它都会被“忽略”，点引起的占用效应和线条引起的占用效应，都会导致观察者出现计数错误（使估计的 SD 升高），从而使计算机反应的 SD 和 W 呈现相似模式（例如：SD 随着目标数值增加而增加；SD 随着干扰数值增加而增加）。由于本研究主要目的是考察干扰线对目标点数值判断的影响，我们简化了模型，

只考察干扰线的占用效应对目标点计数的影响，而不考虑目标点之间的占用效应对目标点计数的影响。需要说明：目标-目标之间的占用效应对计数活动的影响是不容忽略的，但是如前所述，目标和干扰对某个点产生的占用效应是相似的，忽略部分占用效应，不会影响目标数值估计的 SD 模式和 W 模式。

②提取干扰线的中心位置坐标，以此为圆心设置“占用半径”，进行少量模拟后，设定其半径值为 60 像素（同样的，半径大小会影响占用效应大小，但却不会影响数值判断结果的 SD 和 W 的分布模式），即：编写一个“kill”程序，提取每个目标点中心的坐标，规定任何与干扰线条中心的距离小于 60 像素的点将不再被计数。最后，统计“幸存”的目标点的个数，作为该试次的结果输出，我们用这个输出结果来模拟人类被试每一次进行数值报告的结果。我们对实验 1a 的每个干扰条件、目标数值 1-4 分别进行 2000 次模拟运行，即：分别在每一个给定的目标数值条件下，输出 2000 次“幸存点个数”。最后，用目标数值作为横坐标，2000 个模拟结果的 SD 作为纵坐标，进行线性回归，并计算 W 分数（和实验 1 处理方式相同），与人类被试的观测结果进行比较。

（2）**只考察 1a 是否可以被占用模型解释：**实验 1a 和 1b 都能被占用理论解释，两个实验也体现出相同的模式（SD 随目标数值线性增加）。实验 1a 考察了干扰物为 1-5、12 的多种条件，占用模型逐个模拟了该实验的条件。实验 1b 中，干扰物=10 的条件无法被占用模型所解释。占用模型可以描述数量机制下的加工特征，但不能解释非数量机制（基线条件，以及干扰物效力下降时）的加工特征。

（3）**实验 2b 减小呈现面积：**占用效应的一个重要性质是，出现这种效应不是因为观察者看不清，而是因为两个或多个刺激相对接近，导致大脑把它们识别为 1 个。如前所述，占用半径不是确定的值，它描述的是部分刺激在整体中相对接近的状态。为了验证实验 1a 中，干扰对目标的影响体现了占用效应，而不是由于干扰接近目标导致目标“看不清”（低级的知觉干扰），我们在实验 2b 中把刺激的呈现面积显著地缩小，重复实验 1a。如果实验 1a 的错误来源于“干扰接近目标，导致目标看不清”，那么在实验 2b 中，更小的呈现面积会引发更严重的知觉干扰，可以预期被试的 SD 和 W 都会升高。根据实验 2b 的结果，上述情况没有发生，SD 和 W 反而有所下降，该结果支持：在干扰条件下，小数值加工也出现了占用效应——传统研究认为在中等数值的数量加工中才会出现的典型效应。

7、讨论部分内容目前较为泛泛，缺乏对研究中涉及到的具体结果进行点对点的分析与讨论。

答：感谢专家提出的宝贵意见，我们对讨论部分进行了补充和修改。

首先，我们新增了一个标题，总结所有行为实验的结果。其次，在两个讨论的主题下，大致按实验 1a、1b、2a、2b 的顺序讨论了实验结果，并结合前人研究，分析其理论意义和创新。新的讨论框架如下：

(1) 干扰物影响小数值加工的规律（新增）。

(2) 感数加工对注意资源的依赖性。

前人曾提出该观点，相关研究为双任务范式；我们指出本研究的干扰范式更具优势，排除工作记忆和决策阶段的干扰，只分析知觉阶段的干扰。

在知觉阶段，干扰物对感数的影响可能来自于知觉复杂性，可能来自于注意资源竞争。我们分析了**实验 1a**和**实验 1b**的结果，排除了前者，支持“干扰物通过竞争注意资源，从而破坏感数加工”的观点。

(3) 干扰条件下，数量机制取代感数机制，完成小数值加工。

前文证实感数机制被干扰破坏了，进而需证明假设：干扰条件下，小数值加工依赖数量机制完成。干扰条件下，**实验 1**证实，小数值加工符合数量知觉的韦伯定律；**实验 2a**证实，实验 1 的结果可以被占用模型解释；实验 2b 证实，实验 1 中的“错误”不是低级知觉干扰导致的，而是由于刺激点相对接近而被“忽略”其个体特征，当成 1 个个体来计数，换言之，实验 2 证实小数值加工体现了占用效应。实验 1 和 2 共同证实了上述假设：感数机制受到干扰，小数值加工就由数量机制完成。

感谢专家提供的上述宝贵意见，它们对文章质量提升有重要作用。限于篇幅，原文有多处内容省略、表达不清晰，我们按照专家意见进行了增补和修改，请专家进一步审阅，再次诚挚感谢！

