

《心理学报》审稿意见与作者回应

题目：空间距离 视觉工作记忆巩固的影响

作者：李腾飞 马楠 胡中华 刘强

第一轮

审稿人 1 意见：研究采用变化觉察范式，通过控制 2 个目标刺激的呈现方式和呈现间距，探讨了空间距离对视觉工作记忆巩固的影响。结果发现视觉工作记忆巩固的过程和方式会受到空间距离的影响，被试在同时呈现条件下的正确率会随着两个目标刺激之间空间距离的增大而降低。论文中所采用的研究方法适当，实验逻辑较清晰。与先前研究相比，研究具有创新性。但有以下几个小问题需要进一步改进和完善：

意见 1：在讨论部分需要对视觉工作记忆巩固的作用以及巩固的过程进行更加细致的阐述和解释，否则无法使读者更好地对其进行理解。

回应：感谢审稿专家的意见。前言部分确实没有将该问题表述得特别清晰。当个体面对大量的外界输入信息时，视觉信息作用于视网膜上的视觉感受器并形成了感觉表征，然而这种感觉表征是以一种极不稳定的形式存在的，并极易受到后续感觉刺激的干扰而衰退，因此个体必须及时选择其中最重要的视觉信息并将其编码进入视觉工作记忆当中以形成稳定的工作记忆表征，该阶段的编码过程就被称为视觉工作记忆巩固（consolidation）过程，因此巩固就像连接感觉记忆与视觉工作记忆的通道，任何感觉表征都必须经由这个巩固通道才能进入视觉工作记忆系统当中，从而由不稳定的感觉表征转换为稳定的视觉工作记忆表征，以保证个体可以顺利完成各项认知加工活动。我们已将该部分重新表述并添加到文中（请见 P9 页 22 行）。

意见 2：前言中的问题提出方面稍显仓促，需要进一步阐述研究的原因和动机。

回应：感谢审稿专家的意见。由于与视觉工作记忆其他研究领域相比，目前关于视觉工作记忆巩固的研究仍然较少，而且当前的研究重点主要集中于个体是以何种模式对视觉信息进行巩固的（序列模式或者并行模式）。先前的研究普遍认为个体只能以一种固定的模式对某一类刺激进行巩固，如个体是以并行模式对颜色信息进行巩固（Mance, Becker & Liu, 2012），而以序列模式对方向信息进行巩固（Becker, Miller & Liu, 2013）。但是近期 Rideaux, Apthorp 和 Edwards（2015）则第一次将视觉注意维度引入到对视觉工作记忆巩固的研究中，并发现视觉注意可能会对巩固的过程产生一定的影响。他们观察到当在固定的两个位置向被试呈现两个方向信息时，被试是可以对方向信息进行并行巩固的，他们推测个体可以进行高精度的序列巩固和低精度的并行巩固，将方向信息的呈现位置固定可以提升被试对方向信息的巩固精度，使被试可以对两个方向信息进行高精度的并行巩固。然而我们认为在其研究中存在两点问题可能导致其研究结果出现偏差：首先，被试在实验过程中可能存在组合记忆两个方向信息的可能。研究者选取 0°、45°、90°和 135°四种方向作为记忆材料，并将两个记忆项目只以水平对齐的方式呈现在注视点上方的固定位置，它们之间的相对位置及相对距离始终都是固定的。在这种设置条件下，被试可以较容易地对两个方向信息进行组合记忆，例如当靠左的记忆项目是 45°方向而靠右的记忆项目是 135°方向时，被试可以将两者组合记忆为“八”字，而当这两个角度的呈现位置互换后则可以将其记忆为倒“八”字；而对于 0°和 90°的水平

排列则是一垂直关系组合更容易记忆；其次，阈限时间的测算可能存在问题。研究者采用阶梯法（staircase method）选取被试在预实验中序列呈现条件下 79% 正确率所对应的记忆项目呈现时间作为个体巩固一个方向信息的最小时间（阈限时间），但是正式实验中被试在序列呈现条件下的记忆正确率却达到了 95% 左右。因此，研究者所测算的“阈限时间”极有可能严重高于实际的阈限时间，使被试在同时呈现条件下可以有较充足的时间对两个方向信息进行序列巩固。产生这一问题的原因可能是由于研究者采用阶梯法估算阈限时间时是从 8ms 开始以每步变化 8ms 的方式向上增加记忆项的呈现时间，而实验中被试的平均阈限时间是 32ms，因此通过较少的实验试次就可以达到被试的“阈限时间”，然而在较少的试次下，被试对于实验的熟悉度较低，这可能导致测量的“阈限时间”比实际的阈限时间偏大。而当被试在正式实验中熟悉实验之后，采用该“阈限时间”就导致了较高的正确率。因此，Rideaux 等（2015）的研究结果还不能完全证实注意资源是否真的能够影响视觉工作记忆的巩固模式。但不可否认的是，当前在研究者对视觉工作记忆巩固机制仍缺乏深入了解的大背景下，该研究为我们对巩固机制的探究提供了一个新的研究思路。因此本研究的主要目的就是在现有研究基础上对视觉注意与视觉工作记忆巩固之间是否存在联系进行一系列探究。基于视觉注意的相关模型（如探照灯模型），我们通过控制记忆项的空间距离以调控记忆项在巩固阶段所能获得的注意加工资源，以探究视觉工作记忆的巩固阶段是否依赖于注意资源的调配。前言中的表述可能并不十分明确，现已更正（请见 P9-P11 页）。

意见 3: 在 2.1.3 实验程序中“两个记忆色块间的视角距离有三种情况：4.6°（如位置 1 与位置 3）、8.5°（如位置 1 与位置 5）、11.1°（如位置 1 与位置 7）”，这句话与表 1 所列情况不同，请检查此处是否存在笔误。

回应: 感谢审稿专家的悉心审查。此处确实存在笔误，现已更正。

意见 4: 测量阈限时间的实验中所选取的 80% 正确率所对应的刺激呈现时间是如何计算和选取的？需要进一步做出说明。

回应: 本研究采用了与 Becker, Miller 和 Liu（2013）相同的计算阈限的方法。在阈限时间测量实验中，记忆色块的呈现时间共有 8 种可能（8 毫秒、16 毫秒、33 毫秒、66 毫秒、133 毫秒、266 毫秒、533 毫秒和 800 毫秒）等概率随机呈现，每种呈现时间各 18 次。分别计算被试在 8 种呈现时间条件下的反应正确率，并将其代入函数： $pc = \delta + \gamma(1 - e^{-\beta t})$ ，其中 pc 为反应正确率，t 为呈现时间， δ 、 γ 和 β 均为自由参数。通过参数拟合并选取能够使被试达到 80% 正确率所对应的时间（t）作为正式实验中的记忆色块呈现时间。已将该部分添加到文中（请见 P13 页）。

意见 5: 在 2.1.5 数据统计中“在 4.6° 距离上序列呈现与同时呈现的正确率之间没有显著差异， $t(26)=0.04$ ”，按照论文中的描述，此处应当有 14 对数据比较，其自由度与文中所写的 $t(26)$ 不符，需要进一步检查此处，同时需要报告 t 检验的效应量和 p 值。

回应: 感谢审稿专家的细致提问。我们对 14 对数据进行配对样本 t 检验，自由度 $df=13$ ，非常抱歉此处出现了笔误将自由度错写为 26，我们已在相应位置作出了改正，同时我们也已经将 p 值补充报告，在结果显著的部分均已对方差分析的 η^2p 和 t 检验的 d 值进行了补充。

意见 6: 在 2.1.5 数据统计中“我们又计算了被试的序列巩固理论正确率（序列巩固理论正确率=序列巩固正确率 $\times 0.5+0.25$ ），序列巩固理论正确率指的是被试在同时呈现条件下采用序列巩固方式对两个刺激进行巩固的理论正确率”，关于序列巩固理论正确率的描述不够清楚，

如何计算得出序列巩固理论正确率？

回应：非常抱歉，在稿件中没有描述清楚。如果只对序列呈现和同时呈现条件下的正确率进行对比，我们能够简单地得出被试在同时呈现条件下是否是按照并行模式对两个视觉信息进行巩固，然而我们推测是否存在另一种可能，当序列呈现条件下的正确率显著高于同时呈现条件下的正确率时，在同时呈现条件下被试在部分试次中仍然是按照并行模式对两个颜色信息进行巩固的，只是在另一部分试次中是以序列的模式进行巩固的，两部分试次综合起来得到了该条件下正确率下降的结果。为了验证这一猜想，我们提出了序列巩固理论正确率（*accuracy'*）的概念，如在实验 1 中：如果被试只能按照序列模式对同时呈现的两个颜色信息进行巩固，那么在 *mt* 呈现时间下，被试每次只能巩固记住一个颜色信息，当探测色块为新异颜色（占 50% 试次），被试只能判断出已被巩固的记忆色块与探测色块的颜色不相同，对于另一个没有记住的记忆色块则只能猜测是否与探测色块相同，因此此时被试的反应正确率应为 50%；当探测色块的颜色曾出现在记忆项时（占整个实验次数的 50%），这一颜色 50% 的可能性是被试记住的颜色（占整个实验 25%），此时反应正确率约为 80%（由被试在序列呈现条件下的实际正确率所决定），50% 可能性为被试没有巩固记忆的颜色（占整个实验 25%），此时被试只能猜测，正确率为 50%。因此 $accuracy' = 0.575$ （ $50\% \times 50\% + 25\% \times 80\% + 25\% \times 50\%$ ，该值为理论数值，实际计算时将 80% 替换为被试在序列呈现条件下的实际正确率）。如果被试在同时呈现条件下的正确率与 *accuracy'* 之间不存在差异则说明被试在该条件下采取了序列巩固；如果被试在同时呈现条件下的正确率高于 *accuracy'* 则说明在部分试次中被试仍是并行巩固记忆了两个颜色信息。在本研究中我们发现在一些条件下单纯分析序列呈现与同时呈现的正确率可以得出被试是按照序列模式对刺激进行巩固的，但是再对同时呈现条件下的正确率与 *accuracy'* 进行对比后，则发现此时被试仍可以按照并行模式进行巩固。

审稿人 2 意见：基于 Rideaux, et al. (2015) 的研究发现，作者提出，在记忆编码阶段，记忆项的空间距离可能对视觉工作记忆的巩固有影响，并通过用两个来实验验证该假设。结果发现，同时呈现时，记忆项的空间距离会影响记忆成绩，但是序列呈现时空间距离无影响。该研究所探讨的问题有一定理论意义，实验的实施和报告也规范严谨。但是，当前的研究设计存混淆因素。比如，空间距离最大时记忆项只可能出现在邻近 vertical meridian 的 4 个位置，距离较小时记忆项则可能出现在所有 8 个位置。另外，作者对实验结果给出的解释并不是唯一的。比如，空间距离也可能影响编码阶段注意的分配，而非影响记忆巩固本身。我倾向于建议编辑退稿。但是如果作者能够解决这些问题，我不介意再次评审。

意见 1(a)：引言部分的逻辑需要理清。本研究的主要研究问题是记忆项的空间距离是否对视觉工作记忆的巩固有影响。但是，引言部分并没有给出令人信服的理由。为什么空间距离就会对视觉工作记忆巩固产生影响？作者引用了 Rideaux, Apthorp 和 Edwards (2015) 来支持自己的猜测，但是该论文主要说明的是注意会提高视觉信息加工的效率，跟“空间距离与记忆巩固的关系”并无关联。

回应：感谢审稿专家的提问。Rideaux, Apthorp 和 Edwards (2015) 的研究则首次证明视觉注意可能会对巩固的过程产生一定的影响。然而，我们经过分析认为 Rideaux 等 (2015) 的实验设计还存在问题，其研究结果还不能完全证实视觉注意是否真的能够影响视觉工作记忆的巩固模式（请见 P10 页 33 行），但是我们认为有必要对该问题进行更进一步的探究，因此本研究的主要目的是通过调控记忆项目所能获得的注意资源来对此问题进行探讨。在本研

究中我们通过调控记忆项目之间的空间距离来调控视觉注意资源的分配。根据现有视觉注意资源分配模型中的探照灯模型 (spotlight model)、聚焦模型 (zoom-lens model) 和空间梯度模型 (spatial-gradient model) 所提出的观点, 它们均认为视觉注意资源及其分布范围是有限的, 如果视觉信息的分布范围越小, 被试就可以更加有效地集中注意资源对记忆项目进行加工 (Malcolm & Shomstein, 2015; Posner, Snyder & Davidson, 1980; Eriksen & St. James, 1986; Hüttermann, Memmert & Simons, 2014; Ruzzoli et al., 2011; LaBerge & Brown, 1986), 因此控制记忆项之间间距的大小就可以调控记忆项在巩固阶段所能获得的注意加工资源。我们假设如果注意资源能够影响记忆巩固的模式, 那么两个记忆项目之间的距离越远, 两个项目被并行巩固的概率将越低, 巩固成绩也将越差; 如果注意资源对记忆巩固模式没有影响, 那么记忆项目之间的距离将不会对记忆巩固成绩产生影响。前言中的表述不太明确, 现已添加更详细的描述 (请见 P11 页 18 行)。

意见 1(b): 作者在引言部分大段讨论了 Rideaux, et al. (2015) 的研究, 认为该研究存在两个问题: (1) 序列呈现条件下的记忆成绩 (95%) 高于预先设定的 80% 阈限 (原文为 79%); (2) 被试知道“位置固定-同时呈现”条件下记忆项的方向和位置恒定不变, 因此可能诱使被试采用组块化的记忆策略。然而, 作者在自己的实验设计中并无针对性的改进, 也不清楚本研究与 Rideaux et al. (2015) 有何关联。此外, 固定位置和方向如何就导致了“组块化”?

回应: 感谢审稿专家的意见。之前对 Rideaux 等(2015)实验中可能存在的问题(组块化记忆)以及本实验中关于防止组合记忆的表述和解释不够清晰, 我们已经在前言部分对 Rideaux 等(2015)的实验可能存在的两个问题进行了详细分析。实际上本研究中所采用的新的阈限时间测量法和记忆项目呈现位置的设置正是针对这两个问题进行的改进, 这一点我们也在文章前言中进行了说明 (请见 P10-P11 页)。

在 Rideaux 等 (2015) 的实验中, 研究者选取 0°、45°、90° 和 135° 四种方向作为记忆材料, 并将两个记忆项目只以水平对齐的方式呈现在注视点上方的固定位置, 它们之间的相对位置及相对距离始终都是固定的。在这种设置条件下, 被试可以较容易地对两个方向信息进行组合记忆, 例如当靠左的记忆项目是 45° 方向而靠右的记忆项目是 135° 方向时, 被试可以将两者组合记忆为“八”字, 而当这两个角度的呈现位置互换后则可以将其记忆为倒“八”字; 而对于 0° 和 90° 的水平排列则是一垂直关系组合更容易记忆。而在本研究中为了防止被试采取组合记忆策略, 我们将两个记忆项目随机呈现在虚拟圆周的 8 个不同位置上, 两个项目之间会有 12 种相对位置关系以及 3 种相对距离关系, 所以任意两个项目之间都具有极其复杂的相对关系, 而且被试无法对项目的呈现位置、项目之间的相对位置以及项目之间的相对距离做出有效预测, 因此可以最大程度上防止被试通过组合记忆的策略完成实验任务。

意见 2(a): 实验设计存在问题。在实验 1 中, 探测刺激是呈现在屏幕中央, 而记忆项从不出现在该位置, 因此记忆项的位置与任务无关。在实验 2 中, 探测刺激始终呈现记忆项的位置, 因此位置信息是任务有关的。在实验 2 中, 任何一种空间距离条件下, 序列呈现的记忆成绩都高于同时呈现, 这很可能是由于位置信息是任务相关或无关造成的。

回应: 感谢审稿专家的意见。我们这样设计的目的是为了可以把所得结果和以往的相关研究进行比较, 以排除我们的研究结论是由于实验范式差异所导致的可能性。先前研究者对视觉工作记忆巩固模式的研究所采用的实验设计中在探测方式上存在一定差异。因此在实验 1 中我们采用与 Mance, Becker 和 Liu(2012)相一致的变化觉察范式, 而在实验 2 中则采用与 Becker, Miller 和 Liu (2013) 相一致的回忆报告范式, 以便进行更直接的比较。但这一差异不应该是导致两个实验间存在结果差异的原因, 在 Becker 等 (2013) 的研究中已经明确证实研究范式的变化并不会对被试的巩固过程产生影响, 同时有研究指出个体在记忆目标项目

的同时也会将目标项目的位置信息自动存储进入视觉工作记忆当中 (Chen & Wyble, 2015), 因此无论采用以上两种实验范式中的哪一种, 被试都会自动将记忆项目的位置信息存储进工作记忆当中, 两种实验范式之间并不会存在记忆负载的变化。

意见 2(b): 作者对记忆项空间距离的操纵引入了一个混淆因素。作者强调把记忆项呈现在同侧视野的重要性, 但是忽视了距离最大 (11.6°) 时, 两个记忆项均靠近 vertical meridian, 而距离较小时, 记忆项出现在距 vertical meridian 较远位置的可能性很高 (见表 1)。所有关于“距离”的结论可能都有问题。

回应: 感谢审稿专家提出的这一关键问题。与 vertical meridian 的距离因素确实存在条件间差异, 可能是导致结果差异的一个因素。但由于我们控制的是距离变量, 因此我们难以通过实验设置来排除这一差异。但经过思考后, 我们认为可以通过对结果的统计分析来排除这一问题。我们将被试在探测项指向靠近中线的四个位置 (1、4、5 和 8 号位置) 时的响应正确率与指向远离中线的四个位置 (2、3、6 和 7 号位置) 时的响应正确率进行了对比。如果被试的记忆成绩受 vertical meridian 距离的因素影响, 那么被试对不同位置记忆项目的相应正确率将存在差异。结果发现两者之间并不存在显著性差异, 这可以说明目标刺激与 vertical meridian 之间的距离并不会对本研究结果造成干扰。这些分析讨论都已经补充到相应实验的结果与分析部分中。

意见 2(c): 作者对序列呈现时记忆项 80% 正确率阈限的估计存在问题。每个实验条件 (距离 x 呈现时间) 下只有 6 个试次, 如何能准确估计 80% 阈限。另外, 为何不使用更高效的 staircase 方法, 比如 QUEST, 来估计阈限?

回应: 在阈限时间测量实验中, 记忆项目间的三种视角距离各呈现 48 试次 ($48 \times 3 = 144$), 在每种视角距离条件下, 同时记忆项目的呈现时间共有 8 种可能 (8 毫秒、16 毫秒、33 毫秒、66 毫秒、133 毫秒、266 毫秒、533 毫秒和 800 毫秒) 等概率随机呈现, 因此每个实验条件下 (距离 x 呈现时间) 只有 6 个试次。但是在计算阈限时间时, 我们只考虑 8 种呈现时间而不考虑 3 种视角距离, 因此只计算 8 种呈现时间分别所对应的正确率, 因此每种呈现时间条件下均有 18 试次 ($18 \times 8 = 144$)。而在本研究的正式实验中被试在序列呈现条件下的正确率均在 80% 左右, 这可以充分说明我们对阈限时间的测算与选择是有效的。

Rideaux 等(2015)的研究采用了阶梯法 (staircase method) 对被试的巩固阈限时间进行了测量, 然而正如我们认为这一方法对于视觉工作记忆巩固的研究可能存在问题: Rideaux 等(2015)采用阶梯法选取被试在预实验中序列呈现条件下 79% 正确率所对应的记忆项目呈现时间作为个体巩固一个方向信息的最小时间 (阈限时间), 但是正式实验中被试在序列呈现条件下的记忆正确率却达到了 95% 左右。因此, 研究者所计算的巩固阈限时间极有可能严重高于实际的阈限时间, 使被试在同时呈现条件下可以有较充足的时间对两个方向信息进行序列巩固。我们认为产生这一问题的原因可能是由于 Rideaux 等 (2015) 从 8ms 开始, 每步变化为 8ms, 而通常被试的平均阈限时间是 50ms 左右, 通过较少的实验试次就可以达到“阈限时间”, 而在较少的试次下, 被试对于实验的熟悉度较低, 这可能导致测量的阈限时间偏大。进而在正式实验中, 当被试熟悉实验以后, 应用该“阈限时间”导致了较高的正确率。为了避免在本研究中出现与之相类似的问题, 我们采用了与 Becker, Miller 和 Liu (2013) 相同的计算阈限的方法, 多个研究表明该方法同样可以有效测算出被试的巩固阈限时间 (Becker, Miller & Liu, 2013; Mance, Becker & Liu, 2012; Miller, Becke & Liu, 2014)。

意见 2(d): Huang et al. (2007) 和 Liu & 同事 (2013, 2014) 操纵“序列 vs. 同时呈现”的目的是区分序列和同时“巩固”, 作者的目的是探讨记忆项间距离的影响。审稿人始终不理解作者操纵

这一变量的目的为何。

回应：感谢审稿专家的提问。序列-同时呈现是当前关于视觉工作记忆巩固研究的主要研究方法，通过分析被试在两种呈现条件下的正确率就可以判断出被试的视觉工作记忆巩固模式。如果序列呈现和同时呈现的成绩完全一样则可以说明被试对两个记忆项目进行的是并行巩固，如果序列呈现的成绩高于同时呈现的成绩则说明被试的巩固模式是序列巩固或者部分并行巩固。设置序列呈现，我们一方面可以根据序列呈现的成绩推算出“序列巩固理论正确率”，以确定是否可能存在部分并行巩固的可能；另一方面我们也可以通过对比不同距离条件下的序列呈现的记忆成绩，来排除距离因素导致在记忆维持阶段存在差异的可能性。

意见 3：结果的分析 and 解释存在问题。(a) 作者对“序列巩固理论正确率”的描述令人费解。(b) 作者发现，在实验 1 中，大距离条件下序列呈现准确率更高；在实验 2 中，所有距离条件下序列呈现的准确率均更高（图 3&5）。按照 Huang et al. (2007) 的逻辑和结论，作者的发现支持“序列巩固”理论，为何作者一再强调自己的结果支持“并行”加工。详细说明“序列巩固理论正确率”可能有助于读者理解背后的逻辑。

回应：感谢审稿专家的提问。非常抱歉我们没有将“序列巩固理论正确率”解释清楚，**我们将一并对 3a 与 3b 进行回答**。如果在实验的某些条件下只对序列呈现和同时呈现条件下的正确率进行对比，我们能够简单而直接地得出被试在同时呈现条件是否是按照并行模式对两个方向信息进行巩固，然而我们推测是否存在另一种可能，在该条件下被试仍然在部分试次中是按照并行模式对两个颜色信息进行巩固的，只是在另一部分试次中是以序列的模式进行巩固的，两部分试次综合起来得到了该条件下正确率下降的结果。为了验证这一猜想，需要在三种间距水平上对被试的巩固模式做出进一步的分析。如在实验 1 中：如果被试在 11.1° 间距条件下只能按照序列模式对同时呈现的两个颜色信息进行巩固，那么在 mt 呈现时间下，被试每次只能巩固记住一个颜色信息，当探测色块为新异颜色（占 50% 试次），被试只能判断出已被巩固的记忆色块与探测色块的颜色不相同，对于另一个没有记住的记忆色块则只能猜测是否与探测色块相同，因此此时被试的反应正确率应为 50%；当探测色块的颜色是两个需记忆色块中的一个时（占整个实验次数的 50%），这一颜色 50% 的可能性是被试记住的颜色（占整个实验 25%），此时响应正确率约为 80%（由被试在序列呈现条件下的实际正确率所决定），50% 可能性为被试没有巩固记忆的颜色（占整个实验 25%），此时被试只能猜测，正确率为 50%。因此 $accuracy' = 0.575$ （ $50\% \times 50\% + 25\% \times 80\% + 25\% \times 50\%$ ，该值为理论数值，实际计算时将 80% 替换为被试在序列呈现条件下的实际正确率）。如果被试在 11.1° 间距条件下，记忆同时呈现的两个颜色信息的正确率与 $accuracy'$ 之间不存在差异则说明被试在该条件下采取了序列巩固模式；如果被试在同时呈现条件下的正确率高于 $accuracy'$ 则说明，被试在 11.1° 间距条件下，有部分试次是并行巩固记忆了两个颜色信息。通过分析比较我们发现被试在 11.1° 间距条件下，记忆同时呈现项目的正确率显著高于 $accuracy'$ ， $t(13) = 13.13$ ， $p < 0.01$ ， $d = 2.99$ 。因此在本研究中我们通过引入“序列巩固理论正确率”这一概念，不再是简单地对两种呈现条件下的正确率进行均值检验，而是更加细致地对被试的巩固模式进行比较分析，进而发现在一些条件下虽然被试在序列呈现条件下的正确率显著高于同时呈现条件下的正确率，但被试仍是按照并行模式对两个记忆项进行巩固的。我们已经重新对“序列巩固理论正确率”做出了更完善的表述并补充到相应实验的分析部分中。

意见 4：结果存在多种可能解释。要得出距离影响记忆巩固的结论，作者首先要排除给出审稿人在 2(a) 中列出的混淆因素。其次，作者的结论均基于同时呈现条件下记忆成绩随着空间距离变化这一发现，而序列呈现条件下，记忆成绩并不受距离影响。也有可能，空间距离只是改变了同时呈现时任务的难度，而不是影响了记忆巩固。再则，要得出距离影响记忆“巩

固”的结论，作者需要以实验方法证明，距离的影响确实发现在记忆“巩固”阶段，而不仅仅影响了记忆项的编码（如 Rideaux 给出的基于注意的解释）。

回应：审稿专家所提的问题对于我们的实验非常重要。关于审稿专家所提出的第一个问题我们在 2（a）中已作出相应的解释。关于第二个问题，在本实验中我们的理论假设是基于注意的聚光灯理论。具体到实验过程中，随着刺激间空间距离的变化，被试需要将有限的注意资源分配到相应的区域当中，空间距离增大时被试必然需要将注意资源分配到较大的区域，此时必然造成任务难度的提升。因此本实验中不同刺激间距条件下任务难度的变化实质对应的就是注意资源分配范围的变化。关于第三个问题，我们在实验 1 之后又补充了实验 2，在实验 2 中我们要求被试在阈限时间内完成一个知觉比较任务，实验 2 的结果可以说明被试在三种空间距离水平上对目标刺激的感知觉编码水平是相等的，由此表明实验中所观察到在同时呈现条件下被试正确率会随着空间距离的增大而降低的结果并不是由感知觉编码水平的差异造成的。我们已将实验 2 的具体流程、结果及讨论添加到文中（请见 P15-P17 页）。

第二轮

审稿人 2 意见：小修后再审。经过一轮修改，作者很好地回答了我在实验方法方面的一些问题。我这里再提几个建议，供作者修改论文时参考。

意见 1：本研究并没有使用 retro-cueing 等方法在保持阶段操纵注意，在引言部分过多讨论注意可能不妥。建议把相关的讨论放论文的最后一部分，指明注意资源的分配是本研究发现的一种可能的解释。

回应：感谢审稿专家提出的宝贵建议。我们已经根据意见进行了修改，在前言中将不再讨论注意。

意见 2：序列加工的理论正确率。个人理解，当探测刺激为记忆项之一时，应该使用每个被试测得的序列呈现正确率，而不是固定在 80%。

回应：感谢审稿专家提出的建议。非常抱歉该部分原有的表述可能不是特别清晰，本研究中对序列巩固理论正确率（accuracy'）的计算和分析正如审稿专家所说，通过使用每个被试在序列呈现条件下的实际正确率计算而来。先前例如实验 1 当中所表述的“accuracy'=0.575（50%×50%+25%×80%+25%×50%，该值为理论数值，实际计算时将 80%替换为被试在序列呈现条件下的实际正确率）”，其中所写 80%的主要目的是为了便于读者理解此处的数值由序列呈现条件下的实际正确率所决定的，但是这种表述反而更容易引起读者的误解，因此我们将该部分重新进行了表述并添加至文中（请见 P14 页 22 行及 P19 页 11 行）。

意见 3：简单效应的分析，我认为应该聚焦在距离因素上的比较，没有必要在实验条件（序列 vs. 同时呈现）间比较。如果上述第 2 点建议是对的话，序列呈现更多是一个计算理论正确率的参照条件，更没有必要与同时呈现条件进行比较了。

回应：感谢审稿专家提出的建议。通过将同时呈现条件下的正确率与序列巩固理论正确率（accuracy'）进行比较，我们可以得出个体是否在部分试次中能够进行并行巩固，但是无法得出个体在所有试次中都可以对记忆项目进行并行巩固的结论。而通过直接对比序列呈现条件和同时呈现条件的正确率，如果两者之间没有显著差异，则可以得出个体完全是以并行模式对记忆项目进行巩固的结论。因此，我们认为比较分析序列呈现和同时呈现的正确率对于精确判断被试的记忆巩固模式是有必要的。如果两个呈现条件正确率无显著差异，则可以得出并行巩固的结论，相比于序列巩固理论正确率分析也更简洁易懂。而如果同时呈

现条件下的正确率显著低于序列呈现条件下的正确率,则需要进一步对比序列巩固理论正确率以判断巩固过程是否存在并行模式的成分。

第三轮

审稿人 2 意见: 结果部分的简单效应分析 (P. 14 & P19, 高亮部分) 建议使用 t 检验。两个水平的单因素 ANOVA 和 t 检验是等效的, $t\text{-value} = \sqrt{F}$ 。个人认为用 ANOVA 也可以, 但是部分读者可能会有疑问。无其他建议, 可以接受发表。

回应: 感谢审稿专家的意见。实验一和实验三结果部分的简单效应分析已改为 t 检验并添加至文中。