

《心理学报》审稿意见与作者回应

题目：空间路线学习中的前向测试效应

作者：马小凤 李甜甜 贾瑞红 魏婕

第一轮

审稿人 1 意见：

本研究考察了被试在虚拟路线记忆中的前向测试效应。被试在同一个小区（实验 1）或不同小区（实验 2）学习 4 条路线，对于前 3 条路线，一半被试学习后测试，另一半被试学习后再次重复学习；对于第 4 条路线，两组被试均学习后进行测试。结果发现在第 4 条路线上，测试组比重复学习组的正确率更高，干扰率更低。结果证明了在虚拟路线记忆中同样存在前向测试效应。总体来说，本研究的实验设计合理，数据分析规范，结果有一定的创新性，但实验细节的陈述有待增强，在理论创新性上也存在不足。具体意见如下：

意见 1: 在创新性贡献上，作者只提到了“首次在视觉空间路线信息上探索了前向测试效应”，以及“提供了关于测试增强三维视觉空间信息学习的重要的新发现”。如能进一步凝练本研究的理论贡献，提出在理论上有何创新（而非仅仅是本实验结果可以用前人的理论来解释），将进一步提升本研究的价值。

回应： 非常感谢专家对本研究的价值肯定和恳切建议，关于凝练研究的理论贡献，我们结合审稿专家的建议和意见，对本研究两个实验的逻辑性及结果重新进行了梳理和分析，指出两个实验所设计的重复场景路线信息（实验 1）和累加场景路线信息（实验 2）能够区分前向测试对于新旧路线的“隔离”难度，而前置测试对新旧信息的“隔离”正是前摄干扰减少理论所提出的前向测试效应的起效机制。我们目前的实验结果可以为前摄干扰减少理论（Release from PI）提供直接的实验证据，关于这一理论贡献我们在引言中增加了段落（第五段）进行论述，也在讨论中对实验结果进行了补充分析，并在文中标红，引言中增加的内容如下：

目前，前摄干扰减少理论（Release from PI）被用来解释前向测试效应的内在机制。前摄干扰是指记忆当前信息会受到先前所学信息的影响。前摄干扰减少理论认为，学习过程中的测试会引发语境变化，Szpunar (2008)等人假设前向测试的效果主要是由于测试引起的上下文变化减少了前摄干扰的积累并提高了新信息的回忆，称为前摄干扰减少理论。例如对学习

过的项目的测试更新了这些项目的心理环境,由测试引起的心理环境的差异增加了学习或测试路线信息和新信息之间的差异,有助于区分先前信息和后续学习的新信息,即增强非目标和目标信息之间的“隔离”。当需要回忆目标项目时,这种增强的“隔离”可以减少心理搜索集的大小,允许对目标信息进行更集中的记忆搜索(Bäuml & Kliegl, 2013; Aslan & Bäuml, 2015)。许多有关前向测试效应的研究都用这一理论来解释其研究结果。但是,鲜有直接的实验证据表明对已学习的项目进行回忆的确可以有效“隔离”接下来新学习材料的提取背景,从而降低前摄干扰。在路线学习中,同一场景不同方向路线信息的学习在提取时场景是重复的,被试对空间信息的熟悉性很高,重复背景下相关联的信息使其记忆恢复的效果在具体性和清晰性上不如独特线索和场景条件下的效果(Robin, Garzon, & Moscovitch, 2019)。因此,相比于不同场景的路线信息的累加学习与回忆,前者因学习后进行提取而对新旧材料进行“隔离”处理的难度更大。依据前摄干扰减少理论的阐释,可以推断“隔离处理”的难度越大,产生的干扰率将越高。那么,当我们在路线信息学习中检验前向测试效应时,最终发现隔离处理难度更高的同一场景的路线学习在多次测试过程中的干扰率更大,那将成为前摄干扰减少理论的有力证据。

意见 2: 作者提到 Bufo 和 Aslan (2018)使用九个不同物体组成的 3×3 的阵列图的空间位置记忆检验了前向测试效应,且认为他们的“空间物体阵列学习的空间概念较为抽象,与特定空间的直接体验联系较少,空间学习中的前向测试效应还需要在更丰富的材料中去检验”,因此提出本研究的路线学习方法。除了作者提出的理由之外,还有一点关键差异,即 Bufo 和 Aslan (2018)的阵列图是小尺度空间,而本研究涉及的是大尺度空间,二者在认知机制上存在本质不同,参见(Montello, 1993)。

回应: 非常感谢审稿专家给本研究提供的参考文献,使得本文在研究材料上的创新点更为聚焦,经过对此篇参考文献的深度阅读,我们在前言的问题提出部分(前言中第三段段尾)新增了以下内容:

根据 Montello (1993)对空间尺度的范围概念区分,这种物体阵列是小的三维空间材料,属于小尺度空间信息。而日常所见到的建筑、社区、校园和城市的空间等属于大尺度空间信息(环境空间),两者在认知机制上存在本质的不同。小尺度空间信息的测试通常采用传统的心理测量纸笔测试,包括知觉测验、表象、小物体或可操作物体的心理转换表征等形式。大尺度环境的空间能力测试任务包括学习新环境下的布局,如建筑物或城市布局,路径导航等。因此,空间学习中的前向测试效应还需要在更丰富的材料中去检验。

（第四段）路线学习是与特定空间的直接体验联系密切的大尺度空间信息学习，在实际生活中被广泛应用。

意见 3：实验一，在材料呈现时，最好有路线视频的截图，以及 4 条路线的平面图，便于读者了解 4 条路线的总体情况（拐弯方向、数量等）。

回应：根据建议，我们在文章的实验一中添加了路线视频的截图和平面图，文章的附录部分包含了所有建筑物的图片。如图 1A 所示，并将其补充在原文中。



图 1A 建筑物示例



图 1B 小区平面图

实验一小区的平面图如下图所示，平面图中有四个出入口，形成四条路线信息。因为此平面图是简易版，为方便理解，我们在图中进行了相关建筑物的简要标识。

意见 4：实验二，什么叫“同一方向的路线学习”，文中需要进一步解释说明清楚。且实验一、二除了表面的实验材料不同之外，深层次的的对前向测试效应的潜在影响也需要说明，以显得两个实验间更存在理论上的逻辑联系。

回应：非常感谢专家提出的实验材料以及潜在影响促进实验间逻辑联系的问题，对于目前我们所做出的修改至关重要。因此，结合您提出的意见 1，我们除了在引言中进行了修改外，在讨论中也进行了详细解释。

（1）关于表述的问题：我们“同一方向的路线学习”表述是与实验一“同一场景不同方向”的区别表达。实验一是在某一住宅小区内四个不同的出入口为路线信息起始点而形成的四条路线信息，即同一场景中学习四条路线信息。我们在实验二中设置了不同场景的路线学习，即学习四个不同场景的路线信息，为了与实验一的表述相对应就表述为不同场景同一方向，实则这里的同一方向没有实际意义，为避免引起误解，我们将实验二的题目改为不同场景下的路线学习。

（2）关于两个实验的材料影响及理论逻辑问题：除了在前言中的补充外（意见 1），结合实验数据结果，我们在总讨论部分也进行了详细解释。因此在原文总讨论中第四自然段

增添了以下内容：

从前向测试效应的理论机制来讲，本研究通过场景信息操纵了路线信息间的“隔离”难度，发现前面信息的不同干扰程度对后续新信息的学习影响不同。对比两个实验的结果，实验 2 中路线信息的整体回忆率好于实验 1，且干扰率相比实验 1 更低。即同一场景建筑物位置信息的混淆导致的前摄干扰较不同场景信息负荷量增大的前摄干扰更大，回忆率更低。根据线索过载效应(Berntsen et al., 2013; Watkins & Watkins, 1975)，与线索的关联越多，记忆提取率越低，原因是受到项目之间的干扰或线索与其关联目标之间的独特性的丧失(Moscovitch & Craik, 1976)。由于相关联的记忆之间的干扰，或线索和相关记忆的独特性降低，存储在记忆中的大量关联的更熟悉的背景可能会导致较差的记忆效果 (Moscovitch & Craik, 1976; Talmi & Moscovitch, 2004; Robin, Garzon, & Moscovitch, 2019)。实验 1 是同一场景不同方向的空间信息学习，8 个地标信息在同一场景下被反复学习。背景中关联信息过多导致被试在回忆时容易对建筑物顺序混淆，即相关联的记忆之间的干扰增强，场景或背景信息的独特性降低，干扰率增大。而在实验 2 中不同场景的信息学习中，空间背景似乎更具有“独特性”，项目之间的干扰较小，正确回忆率更高。另外，从两个实验各自的四条路线信息的正确回忆率和干扰率的趋势来看，当被试学习第三条路线信息之后，实验 1 的干扰率开始降低，正确回忆率开始上升。而实验 2 中的干扰率开始上升，正确率也随之下降。根据编码特异性原则，线索和存储的记忆之间更大程度的匹配将增加提取成功的概率(Tulving & Thomson, 1973)。因此，在实验 1 中虽然场景重复出现使得四个方向的路线信息的“隔离”难度增大，整体的干扰率较高，但是随着熟悉的背景下线索呈现次数的增多，信息提取的匹配性增强，记忆效果有了向好的趋势，因此干扰率随着测试次数的增多逐步下降。而实验 2 中由于每次场景信息都是新的，场景背景的新异性使得四个场景路线信息的“隔离”难度相对较小，整体干扰率较低，但信息提取的匹配性减弱，干扰率随着测试次数的增多逐步上升。总的来说，这种表现在由“隔离”难度造成的干扰率的不同，以及两个实验各自表现出的干扰率上升则正确率下降，干扰率下降则正确率上升的趋势，都直接揭示了前向测试效应对抗前摄干扰的重要性，为前摄干扰减少理论提供了直接的实验证据。

.....

审稿人 2 意见：

该论文主题具有较强的理论意义与实用价值，同时仍有些问题有待完善：

意见 1：实验方法部分显示屏多大？被试距离屏幕多远？视角多大？这些数据关乎三维场景

显示效果，还望作者补充说明。

回应：非常感谢审稿专家悉心提出的每一条意见和建议。我们对照您的建议做了逐一修改，具体如下：

在实验方法部分我们补充了以上信息。修改为：

实验材料呈现在 14 英寸笔记本电脑显示屏上（分辨率 1366×768），屏幕亮度与对比度以避免引起被试不适为度。被试距离显示器约 60cm，正面相对。

意见 2：结果分析部分（1）关于干扰率的界定，回忆错误可能只是建筑物先后顺序混淆，如何能确定即是来自前一线路的干扰？（2）实验一的结果中，如何解释 block1 正确率很高，而 block2 正确率显著降低为最低？（3）实验二的结果讨论中，认为是实验二的信息量比实验一大导致结果没有明显一致规律，但从图 2 和图 4 看，实验二中四次测试的正确率并未比实验一低；且三个干扰率也不比实验一高，甚至还要低，这两个结果又如何解释？

回应：（1）本研究中前摄干扰的计算以上一条路线信息的正确顺序为主，而非单纯的建筑物先后顺序混淆。如文中举例，路线 1 中建筑物的顺序为 A-B-C，路线 2 的建筑物正确顺序为 C-A-B，当被试试图回忆路线 2 的顺序时，错误的回忆为 C-B-A，则 B 为来自路线 1 的干扰。即被试对路线 2 的测试回忆结果为先经过 C，再经过 B，再经过 A。而 B 为路线 1 中经过的第二个建筑物，则视为来自路线 1 的干扰。若不是上条路线信息同一位置的建筑物，或其他位置单纯的先后顺序混淆，则不是干扰，而是回忆错误。

原文修改为：在这里前摄干扰率是指被试在回忆当前路线信息时回忆出上一条路线信息中出现的建筑物顺序的比率（例如：路线 1 中建筑物的顺序为 A-B-C，路线 2 的建筑物正确顺序为 C-A-B，当被试试图回忆路线 2 的顺序时，错误的回忆为 C-B-A，而 B 为路线 1 中经过的第二个建筑物，因此 B 为来自路线 1 的干扰。即被试错误地将路线 1 中某一建筑物的正确顺序放置在了路线 2 中某一建筑物的同一位置，但其他都正确，则干扰率为 $1/8=0.125$ 。若非上条路线信息同一位置的建筑物，或单纯的先后顺序混淆，则不是干扰，而是回忆错误）。

（2）实验一的结果中，被试对路线 1 的回忆正确率高，因为被试在学习路线 1 后进行测试，所需回忆的内容仅有 8 个建筑物，且没有来自先前信息的干扰或混淆。而在路线 2 的测试中，被试既需要记住路线 2 的正确内容，又需要防止路线 1 的干扰，首次进行这种有前摄干扰的回忆测试，难免会引起很大程度的记忆干扰。同样，根据对干扰率的统计，路线 2 的干扰率高于其他路线的回忆干扰。这里正确率和干扰率的变化也反应出前向测试起到了作用，即减少前摄干扰，促进新信息的学习。

(3) 对于此问题, 我们将其归因于两个实验材料本身的不同带来的不同实验结果。实验一为同一场景不同方向的四条路线信息, 回忆每条路线的建筑物顺序不同给被试带来更大的混淆和干扰, 因此正确率低, 干扰率高。而实验二是不同场景的路线信息, 虽然学习的信息量明显增大, 但不同场景间的建筑物的区分度更好一些, 因此被试在回忆四个场景的路线信息时正确率并未比实验 1 低, 干扰率也未高于实验 1。

非常感谢审稿人提出的两个实验结果数据的差异, 据此我们再次查阅了相关文献, 并找到了相关的理论支撑。同时, 这两种不同场景下回忆率和干扰率的比较, 让我们重新审视了两个实验之间的逻辑和结果分析, 并梳理了整篇文章, 使得文章思路更加清晰。因此在原文总讨论中第四自然段增添了以下内容:

从前向测试效应的理论机制来讲, 本研究通过场景信息操纵了路线信息间的“隔离”难度, 发现前面信息的不同干扰程度对后续新信息的学习影响不同。对比两个实验的结果, 实验 2 中路线信息的整体回忆率好于实验 1, 且干扰率相比实验 1 更低。即同一场景建筑物位置信息的混淆导致的前摄干扰较不同场景信息负荷量增大的前摄干扰更大, 回忆率更低。根据线索过载效应(Berntsen et al., 2013; Watkins & Watkins, 1975), 与线索的关联越多, 记忆提取率越低, 原因是受到项目之间的干扰或线索与其关联目标之间的独特性的丧失(Moscovitch & Craik, 1976)。由于相关联的记忆之间的干扰, 或线索和相关记忆的独特性降低, 存储在记忆中的大量关联的更熟悉的背景可能会导致较差的记忆效果(Moscovitch & Craik, 1976; Talmi & Moscovitch, 2004; Robin, Garzon, & Moscovitch, 2019)。实验 1 是同一场景不同方向的空间信息学习, 8 个地标信息在同一场景下被反复学习。背景中关联信息过多导致被试在回忆时容易对建筑物顺序混淆, 即相关联的记忆之间的干扰增强, 场景或背景信息的独特性降低, 干扰率增大。而在实验 2 中不同场景的信息学习中, 空间背景似乎更具有“独特性”, 项目之间的干扰较小, 正确回忆率更高。另外, 从两个实验各自的四条路线信息的正确回忆率和干扰率的趋势来看, 当被试学习第三条路线信息之后, 实验 1 的干扰率开始降低, 正确回忆率开始上升。而实验 2 中的干扰率开始上升, 正确率也随之下降。根据编码特异性原则, 线索和存储的记忆之间更大程度的匹配将增加提取成功的概率(Tulving & Thomson, 1973)。因此, 在实验 1 中虽然场景重复出现使得四个方向的路线信息的“隔离”难度增大, 整体的干扰率较高, 但是随着熟悉的背景下线索呈现次数的增多, 信息提取的匹配性增强, 记忆效果有了向好的趋势, 因此干扰率随着测试次数的增多逐步下降。而实验 2 中由于每次场景信息都是新的, 场景背景的新异性使得四个场景路线信息的“隔离”难度相对较小, 整体干扰率较低, 但信息提取的匹配性减弱, 干扰率随着测试次数的增多逐步上升。

总的来说，这种表现在由“隔离”难度造成的干扰率的不同，以及两个实验各自表现出的干扰率上升则正确率下降，干扰率下降则正确率上升的趋势，都直接揭示了前向测试效应中对抗前摄干扰的重要性，为前摄干扰减少理论提供了直接的实验证据。

意见 3：总讨论部分第五段的内容，是否无论前向测试还是传统测试，只要是测试都会有这种促进效果？如果是，本研究前向测试的独特价值是什么？

回应：无论前向测试还是传统测试，测试本身比重复学习或没有策略的学习能够提高材料的记忆效果。但本研究中前向测试与传统测试的最大区别在于前向测试既能减少前摄干扰，又能促进对后续学习新信息的记忆，其中临时测试对记忆效果起到了大的作用，干扰率和正确率的变化是对前向效应的验证。经过本次审改意见的修改，我们对本研究的独特价值也进行了进一步思考和凝练，在意见 2 的相关回答中得以呈现。

原文：本研究两个实验的结果均表明，尽管已学习信息对新信息的干扰始终存在，但是与重复学习相比，测试是更能够降低干扰的一种学习策略。

在这句话中的测试指的是前向测试，我们将这一表述进行了补充。

修改为：前向测试是更能够降低干扰的一种学习策略。

意见 4：建议增加“总结论”部分

回应：根据您的建议，我们增加了第五部分：研究结论。分两点对本研究结果做了总结。修改如下：

5 研究结论

（1）在虚拟住宅小区路线的学习中，相比于重复学习，前置测试能够有效减少前摄干扰，增强了对新的路线信息的记忆保持。

（2）路线学习之间“隔离”难度更大的同一场景比不同场景的前向测试产生了更大的前摄干扰率，支持前摄抑制减少理论。

意见 5：本论文的文字表达尚有较大的提升空间，部分不通顺或不当的语句、字词已在文中标识出（不仅限于已标识出的）。

回应：非常抱歉由于文字表达欠佳带来的阅读影响。除了对已标出的地方全部进行了修改外，我们对全文也进行了表达上的检查与修改，力求语言通顺、表达精简。修改的部分在原文中

用红色字体已标出。同时，为了便于阅读，我们将文中几处表述也进行了统一。（1）将标题“实验 1：同一小区不同方向路线学习的前向测试效应 实验 2：不同小区同一方向路线学习的前向测试效应”中的“小区”一词统一表述为“场景”，与引言及讨论中表述一致。”（2）考虑到本研究是中文投稿，我们将图文中的英文表述都修改为中文表述。如将文中“block1-4”的表述改为“路线信息 1-4”，所对应的图中“block”的表述均改为“路线”，新的图已呈现在原文中。（3）对于修改中新添加的参考文献已补充在原文中。

意见 6：以下为与作者的探讨，不作为修改意见：关于前向测试效应的成因，有没有以下这种可能：？基于加工水平理论，测试本身即相当于对已学内容的再次深度加工，较之于简单的重复学习，测试时被试对于已学内容的加工水平更深，对于前一阶段已学内容的掌握就更牢固，也就更不易与后一阶段所学内容产生混淆，亦即前摄干扰就少，因而正确率就更高。

回应：感谢审稿专家对于前向测试效应理论机制提出的可能性探讨，对于前向测试效应的理论机制，目前主要有两个角度的探讨，即强调编码过程（编码重置, 激活促进, 编码策略, 测试期望, 失败-编码努力）或提取过程（前摄干扰的减少, 提取策略, 提取努力），这些理论之间并不互相排斥，相反会在某些情况下，可能同时存在并产生重叠的前向测试效果（Yang, Potts, & Shanks, 2018）。由于篇幅问题，本研究中没有进一步展开论述各类理论机制。这种基于加工水平理论的机制，可能与编码过程有一定关系，如果可以，我们会作为理论机制的一个角度开展以后的相关研究。

第二轮

审稿人 1 意见：

在修改稿中，作者较好地回答了前一轮审稿中提出的修改意见，在某些问题上，还需要进一步澄清：

意见 1：作者提供了图 1A 和 1B 来展示实验的场景，但是缺少选取的 4 条路线的具体信息，建议在图 1B 上标注出 4 条路线或者另外作图展示 4 条路线。此外，还需说明 4 条路线的先后顺序是随机呈现给被试的，还是全部被试采用相同的顺序，4 条路线的难度是否相同。同样的，实验 2 也应说明 4 条路线的难度是否相同以及测试顺序是否随机。

回应:非常感谢第二轮专家恳切的意见,根据专家的建议我们对每条路线信息进行分别作图,图中箭头方向表示每条路线的行径方向。并在图中右下角详细写了每条路线中建筑物顺序。如下图所示:



图 1A: 路线信息 1



图 1B: 路线信息 2

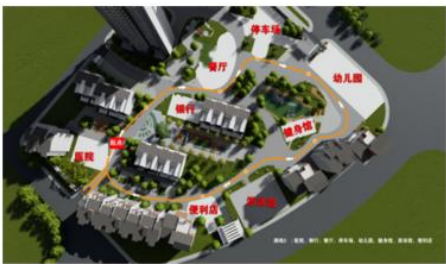


图 1C: 路线信息 3



图 1D: 路线信息 4

关于路线呈现的顺序我们采取的是固定顺序,即全部被试采用相同的路线学习顺序。四条路线的顺序如下:

- 路线 1: 幼儿园-健身馆-游泳馆-便利店-医院-银行-餐厅-停车场;
- 路线 2: 便利店-游泳馆-健身馆-幼儿园-停车场-餐厅-银行-医院;
- 路线 3: 医院-银行-餐厅-停车场-幼儿园-健身馆-游泳馆-便利店;
- 路线 4: 银行-医院-便利店-游泳馆-健身馆-幼儿园-停车场-餐厅。

实验 1 是同一场景不同方向中学习建筑物的顺序, 需要避免相邻的两条路线的路径重复。例如, 路线 1 中后半段建筑物医院-银行-餐厅-停车场的顺序和路线 3 中开始的建筑物顺序会一致。如果随机呈现, 可能会有路线场景重复影响最终结果的问题。因此本研究中路线的学习顺序没有进行随机呈现, 而是固定顺序呈现避免相邻路线有重复路径。在设置每条路线中建筑物的路径顺序时, 也避免了前后两条路线中建筑物的先后位置重复, 即保证 4 条路线中某一建筑物不会在同一位置出现两次, 且四条路线的难度是一致的。在实验过程中, 对被试是否决定测试所学路线信息, 采用的是伪随机设置, 即控制组在学习完信息后进行重复学习, 测试组学习完路线信息后进行测试。同样, 实验 2 也采用了相同设置, 以保证两个实验的操作设置相同。所有被试学习路线的顺序是相同的。由于实验 2 的建筑物增多, 在设计

每条路线信息所包含的建筑物时，主要考虑到建筑物的名称字符长度，因此尽可能按照不同字符长度平均分配到每条路线信息中，以保证四条路线信息的难度一致。感谢专家细致的意见和建议，据此我们在原文中进行了相应的补充，第二轮具体修改在原文用蓝色字体标出。在原文中的 2.1.3 仪器与材料部分进行修改和补充：

四条路线信息的难度一致。为了避免相邻的两条路线的路径重复以及前后两条路线中建筑物的先后位置重复，保证 4 条路线中某一建筑物不会在同一位置出现两次。因此路线呈现的顺序是固定的，即全部被试采用相同的路线学习顺序。在实验过程中，对被试是否决定测试所学路线信息，采用伪随机设置，即控制组在学习完信息后进行重复学习，测试组学习完路线信息后进行测试。

原文 3.1.3 设备和材料段尾处进行修改和补充：

保证了实验材料的难度一致。路线信息的呈现同实验 1 一致，即采用固定顺序呈现。

意见 2：关于干扰的计算，作者进行了补充说明，但还有一个困惑之处：是否只是针对前一个路线计算干扰？比如回忆路线 3 出现的错误，只有当这个错误与路线 2 一致时才被计算为干扰，与路线 1 一致时不会被算为干扰，只会被算为回忆错误？如果是这样的话，为何仅将上一条路线信息当作干扰，而更远测试间隔的路线信息不算做干扰？这样处理有何理论或方法依据？

回应：感谢审稿专家提出的意见，在本研究中，前摄干扰主要来自于上一条路线信息的干扰，这样的处理主要是依学习材料和任务而定的。本研究要求被试进行路线学习并且记住位置信息。路线学习是程序性知识，相比列表词汇，对记忆的错误更加敏感（Kelly, Carpenter, & Sjolund, 2015）。场景相比文字材料更具有整体性，且场景构建是记忆情景的必要条件。因此场景或路线更换的间隔性要比文字材料信息的间隔性大，如回忆一个场景的路线建筑物顺序比回忆或再认单词带来的记忆难度要大。在这种情况下，被试对位置信息记忆的干扰主要来自于上一条路线，更远测试间隔的路线信息对当前的干扰较小，如果被试回忆出更远线路的位置，猜测或者说错误回忆的概率要远大于干扰的概率。因此，本研究对路线信息学习的干扰率的计算主要来自于上一条路线。本研究是首次探索这种前向测试效应在视觉空间材料信息中的拓展，如果有机会，我们会在以后的研究中更深入细致的探索视觉空间信息材料中前向测试效应。

意见 3：作者在文中提到实验 2 是“不同场景同一方向”，这个“同一方向”具体指的是什么文

章中似乎没有很好地说明。而且既然场景已经不同了，方向线索怎么体现为相同或不同呢？是视频中会呈现东南西北方向吗？还是说实验 2 的 4 条路线的空间结构是完全相同的？（在此同样建议像实验 1 一样图片呈现 4 条路线的详细信息）如果是这样的话，那实验 2 的 4 组学习材料间的干扰是在空间结构层面（即路线的空间布局相同），实验 1 的 4 组学习材料间的干扰是在视觉层面，这样的话，又将涉及到空间表征的 visual 和 spatial 两种属性差异的问题，并再次影响到如何对当前研究进行理论解释与贡献讨论。

回应：非常感谢专家的提醒。关于“同一方向”的问题，由于我们的表述不佳，非常抱歉给读者带来了困扰。因为实验一是同一场景，所以采用了东西南北四个不同方向。即同一场景不同方向。实验二是不同场景，四条路线都是从北门进入。写作时为了区别于实验一，我们表述为“不同场景同一方向”。为了准确表述，在原文中我们统一修改表述为“不同场景”。根据审稿专家的建议，如图所示，我们在原文中也补充了实验 2 的路线平面图。且实验 2 是不同场景，路线的空间结构不是完全相同的。



图 4A：路线信息 1



图 4B：路线信息 2



图 4C：路线信息 3



图 4D：路线信息 4

审稿人 2 意见：

还有一点与作者讨论，关于干扰率的界定，“路线 1 中建筑物的顺序为 A-B-C，路线 2

的建筑物正确顺序为 C-A-B，当被试试图回忆路线 2 的顺序时，错误的回忆为 C-B-A，则 B 为来自路线 1 的干扰。”关于 B 回忆的错误，有可能来自路线 1 的干扰，但亦无法排除其单纯顺序颠倒的可能。

回应：非常感谢审稿专家的提示，在本实验中，路线信息的学习主要以经过的建筑物顺序为主，序列记忆中单纯的顺序颠倒本身就属于回忆错误，如果该顺序恰好是上一条路线信息中同一位置的两个建筑物的顺序，则说明上一条路线信息的学习影响了当下路线信息的学习。在这里，若不是同一位置，则并非前摄干扰。据此，我们又进行查阅了目前已有的前向测试效应相关文献，在目前的研究中，对于物体序列的前摄干扰的计算是依据实验材料提供的序列为准（Bufe & Aslan, 2018）。如果要干扰和单纯的顺序颠倒完全区分的话，可能还需要实验过程中其他的设置，如被试进行自我报告是否受到上一条路线信息还是单纯记忆错误。由于该文章是将一个新的记忆效应扩展至新的实验材料，这种探索性研究一定会存在不够完善的地方。在后续的研究中，我们一定会继续努力，争取完善此类研究。

第三轮

编委复审修改意见：

建议作者适度精简内容后再发表，图的说明建议加到图的标题中，为什么两个实验的路线图风格不一样？清晰图也差别比较大，建议把每个实验中的路线图整合起来形成一个大图，能够清晰说明实验中设计路线的差异。中文摘要也建议再改改，现在有点像写实验报告，被试数不太重要，应该重点强调方法、结果和理论发现上的内容和意义。另外对抗前摄干扰可以改为隔离前摄干扰吗？对抗和文中提到的隔离是一个意思吗？

回应：非常感谢编委老师的肯定和支持，我们已经将稿件反复阅读，适度精简。使得前言和讨论部分字数都符合投稿要求。并且根据您的细致意见和建议进行了修改。本次修改均用紫色字体标出。

意见 1：建议作者适度精简内容后再发表，图的说明建议加到图的标题中，为什么两个实验的路线图风格不一样？清晰图也差别比较大，建议把每个实验中的路线图整合起来形成一个大图，能够清晰说明实验中设计路线的差异。

回应：根据您的建议，对文章内容做了精简，删除了非必要连接词以及较口语化的词汇。重新绘制了实验的路线图，使得路线图风格统一。并且对所有路线图的布局进行了调整。修改

如下（实验一：图 1A-D；实验二：图 4A-D）：



图 1A：路线信息 1



图 1B：路线信息 2



图 1C：路线信息 3



图 1D：路线信息 4

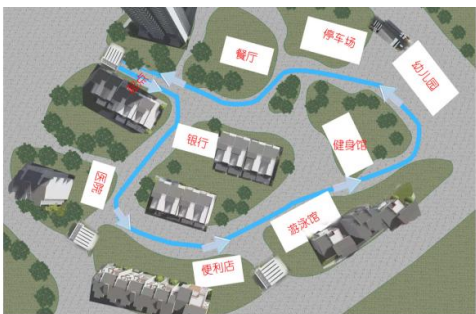


图 4A：路线信息 1



图 4B：路线信息 2

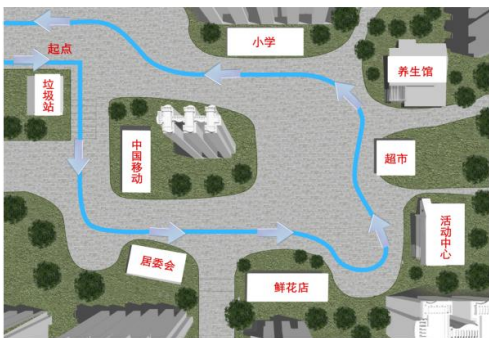


图 4C：路线信息 3

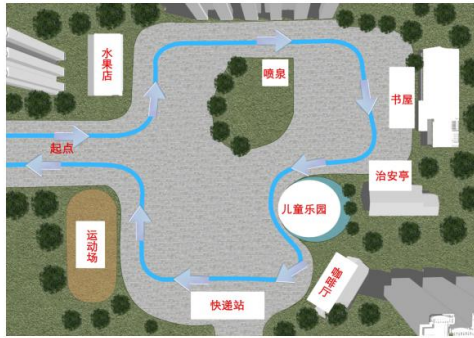


图 4D：路线信息 4

意见 2：中文摘要也建议再改改，现在有点像写实验报告，被试数不太重要，应该重点强调方法、结果和理论发现上的内容和意义。

回应：感谢编委老师的建议，我们重新撰写了本研究的中文摘要，期望能够给读者带来更好的阅读体验。

修改：

摘要 空间路线信息学习中的前向测试效应及其机制有待检验。研究以虚拟背景下的住宅小区为实验材料，要求被试学习同一场景四个方向的路线信息（实验 1）以及四个不同场景（实验 2）的路线信息。结果表明，在路线 1-3 的测试中，同一场景下路线信息相似性高，“隔离”干扰的难度大，在测试过程中的干扰率高于不同场景的路线信息。在路线 4 的测试中，两个实验中测试组的回忆正确率均显著的高于重学组，干扰率则显著的低于重学组，出现了前向测试效应。这些发现表明，测试可以通过“隔离”来自先前学习信息的前摄干扰来增强后续空间信息的学习。研究结果揭示了空间路线学习中的前向测试效应及其机制，支持前摄抑制减少理论，证实了前向测试效应在生活中具有广泛的应用性。

意见 3：另外对抗前摄干扰可以改为隔离前摄干扰吗？对抗和文中提到的隔离是一个意思吗？

回应：在本研究中，对抗前摄干扰意同于隔离。根据您的建议，我们在原文中改为隔离前摄干扰，这种表达对于本研究材料的描述也更为贴切。

修改如下：

1 前言：这些发现表明，测试可以通过**隔离**来自先前学习信息的前摄干扰来增强空间信息的后续学习。

4 总讨论：总的来说，这种表现在由“隔离”难度造成的干扰率的不同，以及两个实验各自表现出的干扰率上升则正确率下降，干扰率下降则正确率上升的趋势，都直接揭示了前向测试效应中**隔离**前摄干扰的重要性，为前摄干扰减少理论提供了直接的实验证据。

此外，在本次修改中，依据修改内容的变化，按照《心理学报》英文摘要的写作要求，我们对英文摘要也进行了重新修订，并由专业 SCI/SSCI 论文编辑公司修改润色。

第四轮

主编意见：

根据审稿人及编委的意见，结合稿件修改情况，建议修改后发表。此外，建议：（1）将“总讨论”按理论逻辑加上小标题，以帮助作者了解研究的具体理论或机制。（2）结论中“（1）在虚拟住宅小区路线的学习中，。。。”的描述是实验刺激，较为具体；建议将“虚拟住宅小区路线”改成“空间线路”，以表示它是一类刺激，而不是一个具体刺激。