

《心理学报》审稿意见与作者回应

题目：虚拟环境中大尺度空间定向能力的地域差异

作者：宋晓蕾，李宜倩，张凯歌

第一轮

审稿人 1 意见：

在选题上，该论文具有一定的现实意义。采用生态效度更高的虚拟现实技术探究大尺度空间中空间定向能力的地域差异，可以进一步澄清空间定向能力中的地域差异，为空间定向导航界面设计提供思路，优化导航软件。该论文通过设计三个实验，使用由虚拟现实技术创设的环境及空间导航任务探究了大尺度物理环境中空间定向的地域差异、产生的原因和提高南方被试大尺度空间定向能力，有助于进一步了解空间定向能力的地域差异和原因，为提升不同地域人群空间认知能力、改进导航软件提供理论基础。具体问题如下，供作者参考：

意见 1：综述部分。大尺度的概念不是特别明晰，建议在文献综述里再次澄清。

回应：

非常感谢审稿专家的意见。我们添加了关于大尺度空间的定义。

空间定向可分为大尺度和小尺度空间定向两大类。大尺度空间定向指个体在大尺度物理空间环境中定位并导航的过程（郭俊鹏等, 2016），在此过程中，观察者的视角相对于大尺度空间环境发生了变化，但个体物体之间的空间关系保持不变（Hegarty & Waller, 2004; Wang et al., 2014; Jansen, 2009; Höfler, 2010）。小尺度空间定向主要指定向可视化和单一视角空间关系定向能力（Höfler, 2010; Li et al., 2019）。

见第 9 页引言第一段标蓝部分。

Hegarty, M., & Waller, D. (2004). A dissociation between mental rotation and perspective-taking spatial abilities. *Intelligence*, 32(2), 175-191.

Wang, L., Cohen, A. S., & Carr, M. (2014). Spatial ability at two scales of representation: A meta-analysis. *Learning and Individual Differences*, 36, 140-144.

Jansen, P. (2009). The dissociation of small-and large-scale spatial abilities in school-age children. *Perceptual and motor skills*, 109(2), 357-361.

Höfler, T. N. (2010). Spatial ability: Its influence on learning with visualizations—a meta-analytic review. *Educational psychology review*, 22, 245-269.

Li, Y., Kong, F., Ji, M., Luo, Y., Lan, J., & You, X. (2019). Shared and distinct neural bases of large-and small-scale spatial ability: a coordinate-based activation likelihood estimation meta-analysis. *Frontiers in neuroscience*, 12, 1021.

意见 2：综述部分。另外有个小问题，综述中提到的“在平原下网格状城市中长大的人在试图记住非网格状环境时处于劣势，而那些在非平原地带不规则路径的城市中长大的人则有优势，但记住大尺度空间中的网格状路径可能存在困难”这句话不是特别好理解。

回应：

非常感谢审稿专家的意见。已在文中修改为：

在平原地区网格状城市中长大的个体和在非平原地区不规则路径居多的城市长大的个体有其各自适应的城市道路环境，当两类个体去适应对方生活环境时，对空间方位的理解记忆会存在困难。

见第 11 页引言第六段标蓝部分。

意见 3：设计部分。G*Power 计算的结果和具体被试的数量差异比较大，建议引用合适的文献进行一定解释。

回应：

非常感谢审稿专家的意见。我们再次核查了 G*Power 计算和以往的文献：原本我们计算的是对于满足 0.95 功效的交互作用（ANOVA: Repeated measures, within-between factors）所需的被试量，但由于我们存在被试间变量，因此对于中等效应量的被试间变量（ANOVA: Repeated measures, between factors），需要 50 个被试才能达到所需的功效（effect size $f = 0.25$, $\alpha = 0.05$, $1-\beta = 0.95$ ）。

计算参考 <https://core.ecu.edu/wuenschk/StatsLessons.htm#power>

此外，类似的空间定向任务（Friedman et al., 2020; Wiener et al., 2020），每个组别的人数在 20-45 之间不等，因此在本研究中，被试每个组别尽量保证 30 人以上，共收集 70 名被试数据。

见第 12 页 2.1.1 被试，蓝色部分。

Friedman, A., Kohler, B., Gunalp, P., Boone, A. P., & Hegarty, M. (2020). A computerized spatial orientation test. *Behavior research methods*, 52, 799-812.

Wiener, J. M., Carroll, D., Moeller, S., Bibi, I., Ivanova, D., Allen, P., & Wolbers, T. (2020). A novel virtual-reality-based route-learning test suite: Assessing the effects of cognitive aging on navigation. *Behavior Research Methods*, 52, 630-640.

意见 4：设计部分。被试中虽然区分了地域，但是都是在哪里取的样呢？如果都居住在同一地区，生活经验是否产生影响？建议此处再说明一下。

回应：

非常感谢审稿专家的意见。我们的被试大多来源于研究者就读的大学，收集样本时在同一居住圈，但招募的被试多为大一到大三的学生，个别被试为研究生一年级或二年级学生，由于本研究团队所处北方，长期在南方的被试短期换地区生活还并不能改变其长期的空间认知习惯。招募南北方被试时均说明，需要自幼至义务教育阶段在南方或北方持续生活学习。

已补充至第 12 页 2.1.1 被试部分，用蓝色标明。

意见 5：设计部分。实验一中为什么要用路线做自变量，实验二为什么要用不同路线视角设置做自变量，没有看得特别明白。

回应：

非常感谢审稿专家的意见。该问题由于我们未描述清楚变量设置的研究问题和关注点，造成阅读误解。实验 1 与实验 2 的任务不同，设置 3 条路线的意义也不同。

实验 1 中的重走和回溯中，并未出现地标，被试走的 3 条路线，每条路线起点终点均不同，每条路线有 8 个拐弯、9 条路径。分开 3 条路线本意是想看是否会出现以往研究提到的

路线学习效应，即随着重走或回溯次数的增加绩效变好的趋势，但本文并未发现这一效应。

但实验 2 定向渐进任务是与重走和回溯不同性质的任务，基于其十字路口判断的任务特性，会存在跟学习阶段接近路口方向一致情况，以及跟学习阶段接近路口方向不一致的情况。相同方向任务与不同方向任务被试的认知过程不同，不同方向任务存在我们常说的视角变换过程，也是空间视角更新后的再定向过程，所以分了相同与不同的方向视角做变量。另外，实验 2 中 3 条路线的设置目的审稿专家 2 也提出了相似意见，均已补充见第 16 页 3.1.3 实验材料和程序。

意见 6: 数据分析和解释部分。实验一发现了交互作用，但是只讲了回溯的结果。重走是不显著吗？建议补充。

回应:

非常感谢审稿专家的意见。不同地域被试重走任务绩效边缘显著， $F(1, 66) = 3.49, p = 0.066, \eta_p^2 = 0.50$ ，北方被试在重走任务中绩效边缘显著高于南方被试。

由于 $p = 0.066 > 0.05$ 我们上一版写明了交互作用不显著，目前已重新补充为边缘显著，见第 15 页 2.2 结果标蓝部分。

意见 7: 数据分析和解释部分。实验三中，结果究竟是地标的的作用（注意的结果、编码的深度）？还是视角转换灵活性产生的影响，怎么能够更好地将两者分开，可以再考虑一下。

回应:

非常感谢审稿专家的意见。

考虑任务提供的空间知识，如被试对地标或路线知识注意或者编码的作用，我们再次对结果进行解释，来确定到底是地标和路线知识对绩效的提高，还是因为激活环境参照增强转换灵活性对绩效有提高。

通过对实验数据结果进一步分析，实验 3 中 3 条路线的地标设置并不相同，如果是地标作用，那么在控制组中也应该发现 3 条路线的显著差异，这样才能说明不同类型地标对任务绩效存在积极作用。但我们结果发现，在控制组中，3 条不同地标设置的路线差异并不显著，而在激活组中我们却发现了路线 1 绩效最好，这说明，对于南方被试，只有在激活环境参照且让被试具有可进行空间转换的全局知识的情况下，额外的空间知识才会对南方被试完成任务产生积极影响。

并且，该类任务性质决定了如果仅依靠单一地标线索，是无法正确完成任务的（Wiener et al., 2013），我们需要明确在哪个地标物转弯，如何转向，二者合一才能做出正确的选择，否则在不同接近方向的任务中，会导致错误转向。这也再次说明了对单一地标的注意或深度加工，都无法决定性地正确完成任务。

见第 22-23 页 4.3 讨论标蓝部分。

Wiener, J. M., de Condappa, O., Harris, M. A., & Wolbers, T. (2013). Maladaptive bias for extrahippocampal navigation strategies in aging humans. *Journal of Neuroscience*, 33(14), 6012-6017.

审稿人 2 意见:

该论文具有较强现实意义与理论价值，研究构思逻辑严谨。

有部分问题还需要补充完善一下：

意见 1：各实验的实验方法部分建议再细化明确一下，比如实验 1 中学习阶段是呈现全局路线图还是仅场景图；实验 3 中控制组和激活组是如何处理的？

回应：

非常感谢审稿专家的意见。所有的实验，包括实验 1 在内，学习阶段都是呈现主试提前录制好的第一视角路线视频，并非为静态的图片形式，也并未提供全局路线，此点在 2.1.3 实验材料和程序进行了补充说明，详见 13 页绿色字体标注。

实验 3 对于环境参照的激活，主要是在学习阶段，参照以往文献的环境参照激活方式 (Lei & Mou, 2021) 先让被试通过对环境充分学习以在头脑中形成外环境的布局来激活环境参照。具体过程为：被试先进入虚拟环境中自由行走（此时没有任何路口的地标线索），观察三个建筑及树木群的相对位置，随后退出虚拟环境完成四面远端环境图片的相对位置摆放，被试正确率达到 100% 视为成功激活环境参照。

见文中第 19 页 4.1.2 实验设计和 4.1.3 实验材料和程序，用绿色标明。

意见 2：实验 2 和实验 3 都设置了 3 条路线，目的是什么，希望能有所补充说明或解释。

回应：

非常感谢审稿专家的意见。在定向渐进任务中，完成 3 条路线的环境一致，但每条路线路口处的地标物不一致，且任务阶段路口出现的顺序在 3 条路线中也不同。路线 1 任务阶段的路口判断完全按照学习阶段的顺序呈现，该任务呈现顺序能够为被试提供路线知识，地标的颜色形状均不同；路线 2 任务阶段路口随机出现，路口物体颜色相同、形状不同，突出形状地标的的作用；路线 3 任务阶段路口随机出现，路口物体颜色不同、形状相同，突出颜色地标的的作用。综上，设置 3 条不同路线目的是为被试提供路线和不同类别的地标知识，探究提供的空间知识类型对绩效的影响。

已补充至第 16 页 3.1.3 实验材料和程序。

在实验 2 中，我们没有发现 3 条路线的显著差异，但是在实验 3 中激活组发现了路线 1 中路线知识对于绩效有积极影响，因此也进一步说明，路线知识只有在激活环境参照后才会有积极作用，对于未激活环境参照的控制组来说，额外的路线知识并没有特别帮助。见第 22-23 页 4.3 讨论部分。

意见 3：一般说来，能力相对稳定，所以实验 3 建议考虑改成是空间导航定向任务绩效的提升。

回应：

非常感谢审稿专家的意见。我们在文中修改了关于能力提升的相关表述，以更为严谨的导航定向任务绩效提升作为代替。详见第 19 页实验 3 部分，全文类似表达均已修改。

意见 4：另有部分文字表达方面的细节问题可参见论文批注。

回应：

非常感谢审稿专家对论文的仔细批注，批注意见均已修改。

(1) 建议全文中相应翻译还是用国人熟悉的“空间参照系”吧；文中“空间参照框架”已改为“空间参照系”，全文统一。

(2) 定向渐进这个任务术语有无更达意的译法? 不一定要字面的直译, 可以考虑根据任务的本身内容来意译;

目前改成了定向接近任务。

(3) 部分语句的问题;

以上问题全文已修改并标绿色。

第二轮

审稿人 1 意见:

意见 1: 作者的回答和补充基本没有问题, 但关于大小尺度的解释建议再慎重, 可以参考地理学的文献。

回应:

非常感谢审稿专家的意见, 作者再次斟酌了大尺度空间的定义, 地理学上的尺度空间完全按照地图比例尺来划分, 例如在全球范围内的地带性结构为大尺度, 区域系统结构为中尺度, 地理景观单元结构为基本尺度为景观生态学的部分(鲁学军等, 2004)。不同学科关于尺度空间的定义各不相同, 考虑到本文的大尺度空间, 强调的是人在物理空间中的认知, 因此直接采用地理学的尺度定义与本文想要切入的点略有出入。我们采纳专家建议, 更换了关于目前大小尺度的定义, 本文不聚焦于小尺度空间, 因此删除了小尺度空间的定义。

目前引用了心理学而非地理学科的原始文献中关于大尺度空间的定义:

我们日常定向导航均在大尺度空间中, 大尺度空间是单一视角无法感知全貌的一个物理空间(Kuipers & Levitt, 1988), 它由探索空间的感知机制定义, 并非严格由其物理尺寸大小定义。大尺度空间定向是个体在大尺度物理空间环境中定位并导航的过程, 该过程若要得到大尺度空间的全局结构, 则需根据随着时间和路径的增加而收集到的空间信息来建立(Siegel & White, 1975)。例如, 通过一个可移动的小洞逐步观察整个迷宫图是一个大尺度空间视角, 而飞机上俯瞰的城市空间则是小尺度空间视角。

见第 10 页引言第一段绿色部分。

鲁学军,周成虎,张洪岩,徐志刚.(2004).地理空间的尺度—结构分析模式探讨. *地理科学进展*(02),107-114.

Kuipers, B. J., & Levitt, T. S. (1988). Navigation and mapping in large scale space. *AI magazine*, 9(2), 25-25.

Siegel, A. W., & White, S. H. (1975). The development of spatial representations of large-scale environments. *Advances in Child Development and Behavior*, 10, 9-55.

第三轮

编委意见:

同意发表, 建议表达更加简练一些

回复: 已将全文语言检查修改, 尽可能表达简练。

主编意见：

- 1) 结果中描述统计的图和表不用重复。
- 2) 引言的最后一段中，应该先提出研究假设，再说明如何验证假设。

回复：主编两条意见均已修改。