

《心理学报》审稿意见与作者回应

题目：注意促进运动知觉判断的时间进程

作者：丁锦红 汪亚珉 姜扬

第一轮

审稿人 1 意见：

《注意调节整体运动知觉的时间进程》一文选题具有一定的价值，采用眼动追踪技术探讨注意对运动知觉调节的时间进程，具有一定的创新性。但是本文的当前版本的以下几个方面还存在问题：

意见 1：

1、本研究的目的是探讨注意调节运动知觉的时间进程，但是在问题提出部分存在较大的问题：

(1) 关于运动知觉的时间进程研究未有进行深入梳理和分析，从而导致本文没有基于已有研究的争论角度提出问题，就无法体现本研究的科学性和先进性；

(2) 关于注意与运动知觉加工的相关文献没有综述，因此，就无法从内在逻辑和研究必要性角度提出“注意影响运动知觉”

(3) 采用眼动追踪技术探讨时间进程，需要经过严密的逻辑论证，需要体现出该技术在探讨时间进程的有效性和科学性。

(4) 一些具体问题如下：

a、问题提出的第一段的逻辑还需要梳理，不聚焦，提及了运动知觉的发展、人工智能等，但是没有提出清晰的问题，应该通过简明扼要的叙述，直接引出关键问题，也不需要呈现过多的信息，然后充分展开文献综述即可。

b、在对知觉运动分阶段的叙述中，“上述两个“两阶段”观点主要描述了广义的运动知觉过程；它们未必能完全解释更为复杂的 SFM 知觉过程。”文中得出此结论，需要对两个观点进行较为充分的分析，并有相应的文献支撑；

c、问题提出的最后一段的逻辑需要梳理；

回应：

(1) 在引言第 2 段最后部分，增加了有关运动知觉的事件相关电位（ERP）研究。在第 3 段中增加了注意时间进程的观点以及目前研究存在的问题。

(2) 在引言的第 2、3 段中着重讨论了“注意影响运动知觉”的研究现状和存在问题。

(3) 引言第 4 段详细论述了眼动追踪技术在探讨时间进程方面的作用，增加了相关文献。尤其加强了对微眼跳在研究注意中作用的论述。

(4)

a. 根据专家意见，在引言的最后一段中提出研究的问题、假设和实验预期。

b. 原来的描述不够严谨，已经删除。对研究问题的描述在引言最后以段中。

c. 重新整理了问题提出的思路，在引言的第 3 段最后和第 5 段都涉及研究的问题、假

设和实验预期。

意见 2:

研究方法部分:

(1) 缺少实验设计信息、实验设备的详细信息、眼动数据处理的详细过程等,尤其是运动材料的眼动数据分析,是本研究的关键,需要详细说明。

(2) 作为一个行为实验,被试人数没有达到大样本要求,那么就需要用统计数据说明当前取样符合实验要求;另外,还需要报告根据眼动数据质量是否有剔除数据

回应:

(1) 实验设计在“2.3 实验设计与过程”中、实验设备的详细信息在“2.2 实验材料与设备”、眼动数据处理的详细过程在“3 结果”中分别进行了描述。

(2) 样本量确定方法:根据 Cohen (1988, p26) 对 t 检验中 Cohen's $d=0.8$ 为高效应量的定义,采用 G*Power3.19 软件计算 Cohen's $d=0.8$ 、 $\alpha=0.05$ 、 $n=22$ 时, $1-\beta\approx 0.95$ 。因此,共招募 22 名被试参加实验。(Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences*. Hillsdale, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.)。眼动数据剔除:在计算微眼跳时,按照相关文献选择符合标准的数据,在“3 结果”中第 3 段说明“并将微眼跳定义为幅度在 3 视角以内(占 99.7%)、峰速度小于 150% (占 97.3%) (Bonneh, Adini & Polat, 2015)。”

意见 3:

研究结果部分

(1) 对于以反应时和正确率为指标的研究中,需要进行速度-准确率的权衡分析。

(2) 微眼跳指标在本研究中的意义是什么?作为本研究的因变量,其有效性和敏感性是如何体现的?如何体现时间进程的?一些眼动研究的文献表明,眼跳过程中不会发生信息加工,因此,本研究采用微眼跳的系列指标来反映时间进程,需要充分论证。

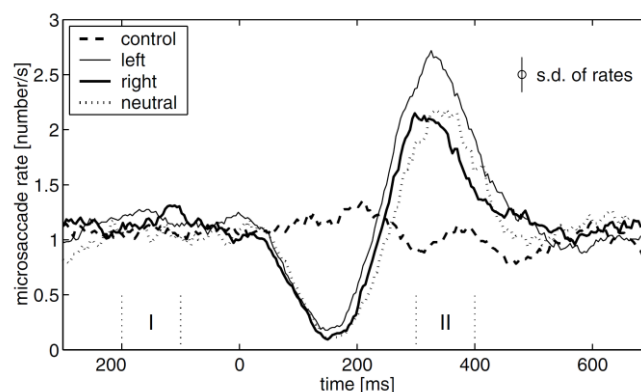
回应:

(1) 在 CW 和 CCW 刺激的方向判断中,正确率都非常高(分别为 91.60%和 93.16%),并未出现速度-准确性权衡。由于 AMB 条件是一个 bistable 刺激,对的判断并不存在对错,因此,没有速度-准确性权衡问题。

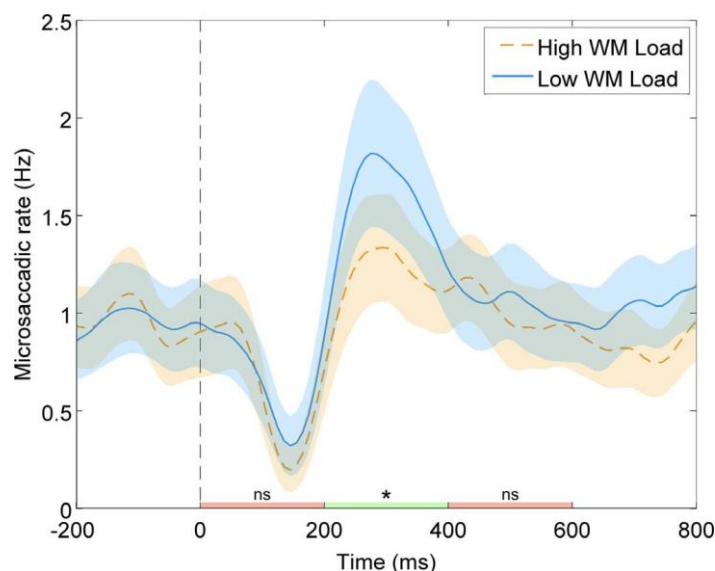
(2) 传统的眼动研究认为,眼跳过程中视觉系统处于抑制状态(saccadic suppression),不会发生信息加工。然而,近年来,大量研究证明,眼跳过程中视觉系统并非处于完全抑制状态,而是在整合眼跳前后从注视点中获得的信息,例如,颜色(Oostwoud Wijdenes et al., 2008 年)、(Wittenberg et al., 2015 年。2008)、形状(Demeyer et al., 2010)、朝向(Ganmor et al., 2015) Wolf & Schütz 2015 年)、运动信息(Karl, De Troy, & Van Rensbergen, 1995)以及数字(Hübner & Schütz, 2017)等。因此,眼跳中的信息整合是一种普遍的加工机制,用于整合注意位置上眼跳前后的任务相关信息(Stewart, & Schütz, 2019)。

与眼跳相比,微眼跳具有幅度小、存在于注视点中以及持续时间短等特点。许多研究都采用微眼跳频率随时间变化,描述心理加工过程。例如,空间线索呈现对微眼跳方向的影响(Engbert & Kliegl, 2003)(下图)。在图中,微眼跳频率随时间变化,产生了对刺激的快速反应,导致微眼跳频率从每秒 1 次下降到该基线水平的 20%(在线索出现后 150 毫秒左右)。

在线索出现 350 毫秒左右后，微眼跳频率增加到基线水平的两倍以上（微眼跳增强）。



再如，微眼跳频率与工作记忆负荷之间的关系（Dalmaso, Castelli, Scatturin, & Galfano, 2017）（下图）。图中结果显示，微眼跳频率随工作记忆负荷增加而增加。x 轴上方的红色和绿色线段区域表示用于统计检验的三个时间窗口（0~200ms、200~400ms、400~600ms）。“*”表示两个实验条件之间的差异显著（即 $p < 0.05$ ），而“ns”表示差异不显著。



由于内容较多，未能在文中详细论述，仅在引言的第 4 段增加了有关微眼跳的内容：“微眼跳作为注视过程中的微小跳动，与空间注意密切相关（Meyberg, Sommer, & Dimigen, 2017; Meyberg, Sinn, Engbert, & Sommer, 2017）。它的频率变化反映了视觉注意的转移（Engbert & Kliegl, 2003）与注意强度（Kaneko, Itakura, & Inagami, 2011）变化，随注意需求增加而增加（Krueger, Schneider, Sawyer, Chavaille, Sonderegger, Groner, & Hancock, 2019）；微眼跳方向与注意方向也密切相关（Hafed & Clark, 2002; Rolfs, Engbert & Kliegl, 2004）。因此，微眼跳可以作为研究视觉空间注意时间分布的手段，用来追踪空间注意随时间持续分配特点（Ryan, Keane, & Wallis, 2019）。”

Dalmaso, M., Castelli, L., Scatturin, P., & Galfano, G. (2017). Working memory load modulates microsaccadic rate. *Journal of Vision*, 17(3):6, 1–12, doi:10.1167/17.3.6.

Demeyer M, De Graef P, Wagemans J, Verfaillie K. Parametric integration of visual form across saccades. *Vision Research*, 50, 1225–1234. 2010. doi:10.1016/j.visres.2010.04.008.

Engbert R. & Kliegl, R. (2003). Microsaccades uncover the orientation of covert attention. *Vision Research*, 43(9), 1035-1045.

- Ganmor E, Landy MS, Simoncelli EP. (2015). Near-optimal integration of orientation information across saccades. *Journal of Vision*, 15(8). doi:10.1167/15.16.8.
- Hübner C, Schütz AC. (2017). Numerosity estimation benefits from transsaccadic information integration. *Journal of Vision*, 17, 12–16. doi:10.1167/17.13.12.
- Karl, V., De Troy, A., & Van Rensbergen, J. (1995). Transsaccadic integration of biological motion: Overview and further evidence based on reaction times. *Eye Movement Research - Mechanisms, Processes, and Applications*, 363–377. doi:10.1016/s0926-907x(05)80031-5
- Meyberg, S., Sinn, P., Engbert, R., & Sommer, W. (2017). Revising the link between microsaccades and the spatial cueing of voluntary attention. *Vision Research*, 133, 47–60. doi:10.1016/j.visres.2017.01.001.
- Meyberg, S., Sommer, W., & Dimigen, O. (2017). How microsaccades relate to lateralized ERP components of spatial attention: A co-registration study. *Neuropsychologia*, 99, 64–80. doi:10.1016/j.neuropsychologia.2017.02.023.
- Oostwoud Wijdenes L, Marshall L, Bays PM. (2015). Evidence for optimal integration of visual feature representations across saccades. *Journal of Neuroscience*, 35, 10146–10153. doi:10.1523/JNEUROSCI.1040-15.2015.
- Stewart, E. E. M., & Schütz, A. C. (2019). Transsaccadic integration benefits are not limited to the saccade target. *Journal of Neurophysiology*. doi:10.1152/jn.00420.2019
- Wittenberg M, Bremmer F, Wachtler T. (2008). Perceptual evidence for saccadic updating of color stimuli. *Journal of Vision*, 8(9). doi:10.1167/8.14.9
- Wolf C, Schütz AC. (2015). Trans-saccadic integration of peripheral and foveal feature information is close to optimal. *Journal of Vision*, 15, 1. doi:10.1167/15.16.1.

意见 4:

讨论部分:

(1) 讨论中，首先从外源线索角度展开讨论，在经典的注意研究中，外源性线索有些清晰的界定，本研究中，由于是运动知觉任务条件下，在这种条件下，将颜色和亮度作为外源性线索，需要充分地论证。

(2) 关于运动知觉的加工阶段讨论中，在实验材料呈现开始后，一般情况下，眼跳潜伏期 200-300 之间，其长度取决于视野中刺激的知觉特征复杂性，其内在心理加工主要是获取当前知觉信息，决定眼跳方向，启动眼跳。这个阶段是有注意参与的。根据知觉两阶段论的观点，“低水平”阶段是没有注意参与的，也就是前注意阶段。当前的实验设计是将两个阶段混合在一起的，无法有效实现对两个阶段的控制和探讨。眼动的左右视野分布，反映了被试在运动知觉判断过程中的参考信息随时间变化的情况。

(3) 由于讨论的内在逻辑不严谨，因此，本研究的设计无法得出本研究的结果。另外，本研究中，对近几年的文献引用较少。

回应:

(1) 在经典的注意研究中，外源性线索有清晰的界定。Egeth, & Yantis (1997) 认为，捕获外源注意 (stimulus-driven) 的刺激有两类，一类是某一特征 (如颜色、朝向或运动) 与背景形成鲜明对比的刺激；另一类是突然出现的刺激。本研究中，在有线索条件下，通过两组亮度不同、运动方向向反的点产生深度线索；即深度线索主要是通过亮度标记的运动信息，即 Egeth, & Yantis (1997) 所说的第一类刺激。因此，将深度线索看成是一种具有外源特征的线索。

讨论部分已经重写。

Egeth HE, Yantis S. (1997). Visual attention: Control, representation, and time course. *Annual Review of*

(2) 本研究所用的眼跳指标是微眼跳，它主要是在注视点内微小的眼跳。实验被试眼睛注视刺激的中心，不需要眼跳就可以完成判断。虽然它也有潜伏期，但在一个注视点内一般有若干个微眼跳，分析它们并不能反应注意特点。通过比较两个方向上（左和右）微眼跳频率的变化才能够反应注意随时间变化的过程（Engbert & Kliegl, 2003）。

本研究中两个阶段的划分并不是通过实验设计实现的，而是根据眼动反应（微眼跳）随时间变化的特征实现的。当两个方向（左与右）上的微眼跳频率接近，就意味着在这两个方向上的注意分配是均衡的。相反，则说明注意偏向了某一个方向（Engbert & Kliegl, 2003）。

由于实验任务要求，不需要被试在左右视野中进行眼动，被试注意聚焦的位置应该是左右视野重叠的中心视野。

(3) 我们对讨论部分进行了比较大的修改，首先，根据 Andersen & Bradley (1998) 和 Treue, Husain & Andersen (1991) 的两过程观点，SFM 知觉：第一阶段主要完成刺激基本特征（颜色、亮度、运动）登记；第二阶段则从两组方向相反的运动点中做出选择，同时抑制另一个方向刺激；注意从局部运动转移到整体；构建 3d 结构，并进行知觉验证。其次，以 Egeth, & Yantis (1997) 提出的注意时间进程（指向、驻留和移动）的三个部分为基础，对实验结果（尤其是微眼跳频率随时间变化）进行分析。重点讨论第二阶段中注意时间进程三个部分的作用。

有无深度线索产生的主要差异是对“无关”运动流的抑制难度不同，反映出注意的选择与抑制程度差异。有深度线索时，由于 SFM 刺激中两组运动方向相反的点之间差异明显，不需要花费资源抑制另一组较暗的点，只需要选择较亮的那组点，因此，不同知觉判断过程中微眼跳频次之间的差异反映了更早的注意投入。相反，在无线索时，由于 SFM 刺激中两组运动方向相反的点之间存在竞争，既要选择，也要抑制，注意选择较为困难，不同知觉判断时微眼跳频率之间的差异主要反映晚期的注意投入。

增加一些文献，见“参考文献”中蓝色字体部分。目前，2015 年以后的文献共有 21 篇。

审稿人 2 意见：

这篇文章作者试图采用眼动追踪技术考察了 SFM 运动知觉的时间进程。同时通过不同线索条件来操控注意的卷入程度进一步看注意对运动知觉的影响。结果发现了有线索条件相比于无线索条件有更高的知觉正确率，眼动指标也有更高的追踪正确率和更快的眼跳，同时在微眼跳指标上表现出了时程上的一些空间分布分离。作者试图通过眼动指标上的时程分离定论出 SFM 运动知觉的不同加工阶段的时程分离。实验设计相对合理完整，表述清晰，具有一定的创新的意义。但是仍存在一些问题，建议修改后再审。主要有以下几个问题，供参考：

意见 1：

这种两个阶段分离是如何确定出来的？进一步阶段细分，又是如何划分出来的？

回应：

首先，根据 Andersen & Bradley (1998) 和 Treue, Husain & Andersen (1991) 的两过程

观点, SFM 知觉: 第一阶段主要完成刺激基本特征(颜色、亮度、运动)登记; 第二阶段则从两组方向相反的运动点中做出选择, 同时抑制另一个方向刺激; 注意从局部运动转移到整体; 构建 3d 结构, 并进行知觉验证。

其次, 以 Egeth & Yantis (1997) 提出的注意时间进程(指向、驻留和移动)的三个部分为基础, 对实验结果(尤其是微眼跳频率随时间变化)进行分析。划分具体时段的依据来自两个方面。(1) 实验结果: 重点以不同知觉判断的微眼跳频率随时间变化。例如, 有深度线索时, 150~400ms、500~975ms 差异显著, 无线索时, 340~510ms、700~950ms 有显著差异。(2) 以以往的脑电、眼动和行为研究中类似加工过程的时间特点结果为证据, 在讨论中重点分析了第二阶段中注意时间进程三个部分的作用。

意见 2:

文中第 5 页第 8 行, 作者提到“它们未必能完全解释更为复杂的 SFM 知觉过程。”为什么不能解释? 是否存在什么解释上的漏洞? 是否可以举出具体原因或者解释漏洞?

回应:

原来稿件中的表述不太严谨。原先的想法是 Cavanagh (1992) 和 Nishida, Kawabe, Sawayama & Fukiage (2018) 提出两阶段理论不完全是针对 SFM 知觉的, 因此, 它们对 SFM 知觉的解释存在一定局限。而 Andersen and Bradley(1998)和 Treue, Husain & Andersen(1991)的理论中并未说明两阶段的时间特性。修改后, 在引言的第 2 段中主要直接从注意的作用角度, 论述研究的必要性。

意见 3:

文章前言的最后一段, 研究问题提出似乎太单薄和突兀了。是否可以再充分描述一下以往的类似相关研究, 以及当前研究具体的预期是什么? 是否已有相关的研究探讨过这个问题? 他们的结果是怎么样的? 是否有讨论过注意和 SFM 之间的关系? 他们是否存在什么问题才会诱发作者采用眼动指标来进一步做这个研究呢? 是否有相关研究采用不同的指标探索这个现象? 比如反应时, 脑电等? 本研究为什么又要采用眼动? 特色或优势在哪里?

回应:

引言部分进行了较大修改, 主要从运动知觉的特点与意义(第 1 段)、加工过程及其与注意之间的关系(第 2、3 段)、眼动(尤其是微眼跳)作为研究指标的合理性(第 4 段)以及问题、假设和预期(第 5 段)等几个方面介绍。

意见 4:

被试是否签署知情同意书? 研究是否通过伦理审核?

回应:

实验前都签署过相应的资料。

意见 5:

文章缺少一个实验设计描述自变量的操控以及因变量的指标。第 8 页的第二段(为了区分被试 对不同。。。)这一段的前半部分应该属于实验设计部分, 但也是不完整的。其中一

个自变量为刺激材料条件：有深度线索条件顺时针条件，有深度线索逆时针条件和无深度线索条件（CW，CCW 和 AMB），另一个自变量应该是反应判断（cw 和 ccw）造成的结果是有深度线索条件可以稳定知觉出 SFM 运动方向（顺时针或逆时针），而没有深度线索条件则会模棱两可地知觉 SFM 运动方向，可能是顺时针，也可能是逆时针。这些自变量的操作的目的是什么？预期又是什么？

回应：

在“2.3 实验设计与过程”中增加了“实验设计”部分，“实验采用 2（有无深度线索） \times 2（知觉判断）被试内设计，其中一个因素为线索条件，即有无深度线索；有线索条件包括 CW 和 CCW 刺激，而 AMB 刺激则属于无线索条件。另一个因素是被试的知觉判断，包括做顺时针和逆时针两种判断。”

设置“有无深度线索”是为了区分不同加工阶段。有无深度线索产生的主要差异是对“无关”运动流的抑制难度不同，反映出注意的选择与抑制程度差异。有深度线索时，由于 SFM 刺激中两组运动方向相反的点之间差异明显，不需要花费资源抑制另一组较暗的点，只需要选择较亮的那组点，因此，不同知觉判断过程中微眼跳频次之间的差异反映了更早的注意投入。相反，在无线索时，由于 SFM 刺激中两组运动方向相反的点之间存在竞争，既要选择，也要抑制，注意选择较为困难，不同知觉判断时微眼跳频率之间的差异主要反映晚期的注意投入。

在引言最后一段描述了实验的预期：“有深度线索的判断时成绩好于无线索。而两种条件下的微眼跳频次在不同时程上表现出明显不同。有线索时，由于 SFM 刺激中两组运动方向相反的点之间差异明显，因此，不同知觉判断过程中微眼跳频次之间的差异出现更早，反映了注意更早的投入。相反，在无线索时，由于 SFM 刺激中两组运动方向相反的点之间存在竞争，注意选择较为困难，不同知觉判断时微眼跳频率之间的差异要晚一些才会出现。”

意见 6：

文章缺少一个数据分析部分，第 8 页的第二段（为了区分被试对不同。。。。）这一段的后半部分应该是放在数据分析部分的，同时具体做何种分析也并没有阐述。包括正确率、眼动的各种指标的分析。统计分析是否需要做 3（CW，CCW，AMB） \times 2（cw，ccw）的方差分析更全面一些？而不是这样做多个 t 检验，会造成多重比较的错误误差。

回应：

增加数据分析说明，并将“为了区分被试对不同。。。。”放在其中。具体内容如下：

“为了区分被试对不同刺激做出的不同反应，我们分别用大写 CW、CCW 和 AMB 表示三种不同刺激；将被试做出的顺时针（近端向左）和逆时针（近端向右）判断分别用小写字母 cw 和 ccw 表示。实验中，被试对三种旋转刺激的判断都可能有 cw 和 ccw 两种；如用字母组合 CW-cw 和 CW-ccw 表示对 CW 旋转刺激的刺激-反应组合；同样，用 CCW-cw 和 CCW-ccw、AMB-cw 和 AMB-ccw 分别表示对 CCW 和 AMB 的刺激-反应组合。

微眼跳是眼睛在注视点内，持续的微小运动，可以作为研究视觉空间注意时间分布的手段，用来追踪空间注意随时间持续分配特点（Ryan, Keane, & Wallis, 2019）。本研究采用

Otero-Millan, Castro, Macknik, & Martinez-Conde(2014)提出的微眼跳提取方法,(参数设置:幅度上限=15°、相邻微眼跳最小间隔=20ms、最小眼跳时间=10ms,检测阈限=1.6);并将微眼跳定义为幅度在3°视角以内(占99.7%)、峰速度小于150% (占97.3%) (Bonneh, Adini & Polat, 2015)。此外,采用双眼微眼跳作为微眼跳指标,因为只有双眼微眼跳能够诱发空间注意(张阳,李艾苏,韩玉,张少杰 & 张明,2016)。

为了进一步了解微眼跳频次随时间变化的过程,我们对不同条件下微眼跳频次按方向(向左为负值,向右为正值)进行分类,参考 Bonneh, Adini & Polat (2015) 和 Hermens & Walker (2010) 的方法分析不同方向微眼跳频次变化的时间进程。具体步骤包括(1)截取每个试次刺激呈现前500ms和呈现后1000ms为一段;(2)用1(向右)和-1(向左)分别将每段中出现微眼跳时刻标记出来;(3)以100ms时窗宽度、1ms为步长,计算平均每秒次数;(4)分别计算每个被试在不同条件下所有试次的平均值(类似脑电的叠加过程),以备统计分析。”

本研究采用的是一个2×2的组内实验设计,每种条件仅有两个水平,不需要进行多重比较。另外,在对不同条件下的微眼跳频次时间进程上比较时,仅比较两种条件,用t检验更简单。为了与之一致,其他比较也用t检验。

意见 7:

第8页的第二段,“由于对CW和CCW做ccw和cw反应比例较低(分别为8.40%和6.14%)”,这句话存在歧义,应该分开来阐述吧?对CW做ccw,对CCW做cw,即有线索条件中的反向知觉判断的试次比例。

回应:

已修改成:“由于对CW做ccw判断(8.40%)和对CCW做cw判断(6.14%)的比例较低。”

意见 8:

第9页第二段,这只是一个语言描述,是否可以用数据具体报告出来,cw判断时的眼动有百分之多少是向左移动的,反之做ccw判断时又有百分之多少的试次是向右移动的,并做数据分析看其是否显著大于50%的随机水平。

回应:

“3.2 眼睛位置变化”主要是直观描述一下眼睛位置随时间变化情况。从图3中可以看出,在刺激呈现过程中,眼睛移动距离很小,基本上是在一个注视点之内。此时的眼动指标主要用微眼跳,其主要特征在“3.3 微眼跳”中报告。

意见 9:

为什么采用双眼微眼跳作为微眼跳指标?有什么好处?

回应:

单眼微眼跳很少出现(Fang, Gill, Poletti, & Rucci, 2018);它主要发生在要求极高的视觉

任务中,起到精细调整眼睛位置和双眼辐合的作用(Gautier, Bedell, Siderov, & Waugh, 2016)。微眼跳主要以双眼共轭方式同时进行的非自主跳动,并且两者振幅几乎相同(Møller, Laursen, Tygesen, & Sjødie, 2002)。因此,多数研究都采用双眼微眼跳作为微眼跳指标(Engbert & Kliegl, 2003; Otero-Millan, Castro, Macknik, & Martinez-Conde, 2014; Hauperich, Young, & Smithson, 2020)。另外,只有双眼微眼跳能够诱发空间注意(张阳,李艾苏,韩玉,张少杰 & 张明, 2016)。

Engbert R. & Kliegl, R. (2003). Microsaccades uncover the orientation of covert attention. *Vision Research*, 43(9), 1035-1045.

Fang, Y., Gill, C., Poletti, M., & Rucci, M. (2018). Monocular microsaccades: Do they really occur? *Journal of Vision*, 18(3):18, 1–14, <https://doi.org/10.1167/18.3.18>.

Gautier, J., Bedell, H. E., Siderov, J., & Waugh, S. J. (2016). Monocular microsaccades are visual-task related. *Journal of Vision*, 16(3), 37. doi:10.1167/16.3.37

Hauperich, A.-K., Young, L., & Smithson, H. (2020). What makes a microsaccade? A review of 70 years research prompts a new detection method. *Journal of Eye Movement Research*, 12(6). <https://doi.org/10.16910/jemr.12.6.13>

Møller, F., Laursen, M., Tygesen, J., & Sjødie, A. (2002). Binocular quantification and characterization of microsaccades. *Graefes Archive for Clinical and Experimental Ophthalmology*, 240(9), 765–770. doi:10.1007/s00417-002-0519-2

Otero-Millan, J., Castro, J. L. A., Macknik, S. L., & Martinez-Conde, S. (2014). Unsupervised clustering method to detect microsaccades. *Journal of Vision*, 14(2), 18–18. doi:10.1167/14.2.18

张阳,李艾苏,韩玉,张少杰,张明.(2016).微眼动类型对注意的影响. *四川师范大学学报(社会科学版)*, 43(6), 29-37.

意见 10:

眼动指标的分析中,150-400,500-975,340-510,700-950ms 的时间窗口是如何确定的?如果是完全探索式的分析,是否可以考虑分出多个小的时间窗口,比如每 50ms 或者 100ms 或者 200ms 一个时间窗口,进行单变量多水平的方差分析?从而确定出显著差异的区域?

回应:

图 5 是对不同时间窗口分别做 cw 和 ccw 反应时的不同方向微眼跳频次之间差异检验,即比较的是微眼跳频次。首先,通过 t 检验按时间逐点(步长为 1ms)比较不同条件下微眼跳频次的差异。其次,当连续 50ms 时窗的统计检验显著时,则确定为显著时窗,并采用改时窗内的平均值进行 t 检验。

意见 11:

第 14 页最后一段,结论和结果之间的对应关系感觉并没有那么强。作者这种阶段划分,并不很懂其内在逻辑,怎么就是这么几个阶段了?眼动上的这个差异难道就说明是这些独立功能阶段不同了?

回应:

我们对讨论部分进行了比较大的修改,首先,根据 Andersen & Bradley (1998) 和 Treue, Husain & Andersen (1991) 的两过程观点, SFM 知觉: 第一阶段主要完成刺激基本特征(颜

色、亮度、运动) 登记; 第二阶段则从两组方向相反的运动点中做出选择, 同时抑制另一个方向刺激; 注意从局部运动转移到整体; 构建 3d 结构, 并进行知觉验证。其次, 以 Egeth, & Yantis (1997) 提出的注意时间进程 (指向、驻留和移动) 的三个部分为基础, 对实验结果 (尤其是微眼跳频率随时间变化) 进行分析。重点讨论第二阶段中注意时间进程三个部分的作用。

有无深度线索产生的主要差异是对“无关”运动流的抑制难度不同, 反映出注意的选择与抑制程度差异。有深度线索时, 由于 SFM 刺激中两组运动方向相反的点之间差异明显, 不需要花费资源抑制另一组较暗的点, 只需要选择较亮的那组点, 因此, 不同知觉判断过程中微眼跳频次之间的差异反映了更早的注意投入。相反, 在无线索时, 由于 SFM 刺激中两组运动方向相反的点之间存在竞争, 既要选择, 也要抑制, 注意选择较为困难, 不同知觉判断时微眼跳频率之间的差异主要反映晚期的注意投入。

关于眼动与注意之间关系的研究还是比较丰富的, 在引言的第 4 段中进行了简单分析。

.....

审稿人 3 意见:

作者通过变化刺激的明度来操纵深度这一外源线索, 探讨注意对 SFM 知觉的影响及其时间进程。结果发现, 观察者对有线索的 SFM 刺激比模糊的 SFM 刺激的判断更加快、更加肯定 (百分比更高); 眼睛移动方向和微眼跳方向与 SFM 知觉判断的运动方向具有一致性; 微眼跳频次、峰速度和幅度也都表现出深度外源线索的促进效应。总体来说, 论文有一定的创新性, 实验设计合理、数据分析方法正确, 结果可靠, 结论可信。但也存在一些问题有待商榷: 主要问题

意见 1:

引言部分提出研究问题的逻辑松散, 没有说明本研究的问题是如何提出的, 也没有基于前人研究给出本研究的主要假设。

回应:

根据专家提醒, 原稿件引言部分进行了较大修改, 主要从运动知觉的特点与意义 (第 1 段)、加工过程及其与注意之间的关系 (第 2、3 段)、眼动 (尤其是微眼跳) 作为研究指标的合理性 (第 4 段) 以及问题、假设和预期 (第 5 段) 等几个方面介绍。

意见 2:

利用眼动指标作为划分 SFM 知觉的不同阶段有什么依据? 是否有相关的文献支持?

回应:

眼动作为一种技术手段, 广泛应用在认知研究领域 (König, Wilming, Kietzmann, Ossandón, Onat, Ehinger, Gameiro, & Kaspar, 2016; Liversedge, & Findlay, 2000)。Posner, & Petersen, (1990)、Petersen, & Posner, (2012) 以眼睛视线与注意焦点之间的关系将注意分为 covert (两者不一致) 和 overt (两者一致) 两种。关于眼动与注意之间关系的研究在引言的第 4 段进行了论述。

Posner, M. I., & Petersen, S. E. (1990). The Attention System of the Human Brain. *Annual Review of*

Neuroscience, 13(1), 25–42. doi:10.1146/annurev.ne.13.030190.000325

Petersen, S. E., & Posner, M. I. (2012). The Attention System of the Human Brain: 20 Years After. *Annual Review of Neuroscience*, 35(1), 73–89. doi:10.1146/annurev-neuro-062111-150525

Liversedge S P. and Findlay J M. (2000). Saccadic eye movements and cognition. *Trends in cognitive Sciences*, 4(1), 6-14.

König, P., Wilming, N., Kietzmann, T., Ossandón, J., Onat, S., Ehinger, B., Gameiro, R., & Kaspar, K. (2016). Eye movements as a window to cognitive processes. *Journal of Eye Movement Research*, 9(5). <https://doi.org/10.16910/jemr.9.5.3>

意见 3:

当有深度线索(CW-cw 和 CCW-ccw)时,显著差异时窗分别在 150~400ms ($t(21)=-2.494$, $p=0.021$, Cohen's $d=-1.088$) 和 500~975ms ($t(21)=-3.171$, $p=0.005$, Cohen's $d=-1.383$)。而在无深度线索条件下(AMB-cw 和 AMB-ccw),显著差异时段分别为 340~510ms ($t(21)=-2.449$, $p=0.024$, Cohen's $d=-1.069$) 和 700~950ms ($t(21)=-2.131$, $p=0.045$, Cohen's $d=-0.930$)。——不太清楚这部分 t 检验要检验的指标是什么? 请给予解释。每个时间窗内只有一个 t 值? 400-500ms 的时间窗和 510-700 ms 的时间窗两种条件之间差异不显著?

回应:

图 5 是对不同时间窗口分别做 cw 和 ccw 反应时的不同方向微眼跳频次之间差异检验,即比较的是微眼跳频次。首先,通过 t 检验按时间逐点(步长为 1ms)比较不同条件下微眼跳频次的差异。当连续 50ms 时窗的统计检验显著时,则确定为显著时窗,并采用改时窗内的平均值进行 t 检验。因此,每个窗口只有一个 t 值。

统计分析表明,有线索时的 400-500ms 的时间窗和无线索的 510-700 ms 的时间窗两种条件之间差异不显著。从图中可以看出,存在差异的时窗都处在有波峰(cw 向下,ccw 向上)位置上。

意见 4:

细节问题

(1) 被试量的确定是否有依据?

(2) 文中表述的旋转球体的时间和图中的时间不一致,文中表述为 950 ms,而图 1 中显示的是 900 ms。

(3) 被试做出反应的方式“被试的任务是判断球体的旋转方向。当将球体判断成 CW 运动(近端圆点向左运动)时,用左手拇指按鼠标左键;CCW 运动时则用右手拇指按右键。”——是写作错误还是两只手操作鼠标? 这样测反应时可能误差比较大。

(4) 并且 $RT_{AMB-cw} < RT_{AMB-ccw}$, $t(21)=-2.762$, $p=0.012$, Cohen's $d=-1.205$ ——知觉判断部分的最后,这个结果如何解释呢?

(5) 图 2 和图 4 中的误差线指的是标准差、标准误还是其他的指标,请给予说明。

(6) 参考文献的格式不符合期刊的要求,请核对。

回应:

(1) 样本量确定方法: 根据 Cohen (1988, p26) 对 t 检验中 Cohen's $d=0.8$ 为高效度量

的定义，采用 G*Power3.19 软件计算 Cohen's $d=0.8$ 、 $\alpha=0.05$ 、 $n=22$ 时， $1-\beta\approx 0.95$ 。因此，共招募 22 名被试参加实验。(Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences*. Hillsdale, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.)

(2) 图中有误，已改正。

(3) 在实验中，要求被试双手握住鼠标，两个拇指分别放在鼠标的按键上；任务是判断球体的旋转方向。当将球体判断成 CW 运动（近端圆点向左运动）时，用左手拇指按鼠标左键；CCW 运动时则用右手拇指按右键。这样设置，被试可以灵活操作，尽量减少误差。

(4) 的确，被试对 AMB 的判断中 cw 判断时间快于 ccw 判断。在判断百分比上，对 AMB 做判断 cw 判断的比率也稍高于 ccw 判断（虽然不显著）。我们推测，可能是由于左侧注意偏向造成，即人们对左侧视野的注意多于右侧视野，这种现象也称伪忽视 (pseudoneglect) (Bowers & Heilman, 1980)。这种偏向会影响被试的按键反应速度 (Rabbitt, 1978)。在对 AMB 做 cw（近端刺激向左运动）判断时，与注意的左侧偏向方向一致；而做 ccw 判断（近端刺激向右运动），则与注意的左侧偏向相反。因此，导致了做 cw 判断的反应时快于做 ccw 判断。

Bowers, D., & Heilman, K. M. (1980). Pseudoneglect: Effects of hemispace on a tactile line bisection task. *Neuropsychologia*, 18, 491–498. doi:10.1016/0028-3932(80)90151-7.

Rabbitt P. (1978). Hand dominance, attention, and the choice between responses. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 30:3, 407-416, DOI: 10.1080/00335557843000016.

(5) 图中的误差线是标准误。已在图题中已注明“ \pm 误差线为标准误”

(6) 已根据期刊要求修改。

第二轮

审稿人 2 意见：

作者就前面问题做了较为详实的解答，并且对稿件做了较大修改，整体有很大进步。但是还是缺少一段说明具体是做什么分析的？对哪些数据做什么样的分析。比如对正确率和反应时分别做了什么分析。对眼动指标做了具体什么分析。而且作者做的全都是 t 检验，就行为结果的数据分析部分，我还是觉得需要做 3（三种材料）*2（两种反应）的方差分析更为妥当，作者的 t 检验分析其实就是对主效应和交互作用做的简单效应分析。

回应：

在知觉判断比例（正确率）中，每一类刺激（CW、CCW 和 AMB）分别做两个方向（向左、向右）判断的百分比之和等于 1。因此，无法做 3*2 的组内方差分析，得不出材料主效应。本研究涉及的变量是深度线索（有、无）和反应方向（向左、向右），即 2*2 设计。因此，根据专家建议，增加了知觉判断（正确率、反应时）、微眼跳指标（时间、幅度和峰速度）的 2*2 方差分析。由于微眼跳频次按向左和向右进行了区分，因此，仍然用 t 检验进行分析。具体分析说明和统计结果内容已添加在“3 结果”中。

审稿人 3 意见:

作者对前一次的评审意见进行了较大幅度的修改,在写作逻辑上有了一定的提升。但仍
有改进的空间,一些问题还需要做进一步的修改或者加以解释说明。

意见 1:

前言部分提出研究问题的逻辑虽然较原稿有了相当程度的改进,但仍然有可以改进的
空间。比如,在前言部分第三段,作者指出“到目前为止,大多数研究支持注意对运动知觉具
有促进作用。但 Bartlett 等(2019)通过元分析发现,并不是所有研究都支持这一观点。”。
那么从逻辑上讲,接下来作者应该论述持有不同观点的相关研究,并对这些研究的异同点进
行比较,找到导致结果出现矛盾的可能性,提出本研究的问题。可是作者接下来又转到了“探
讨注意调节运动信息加工的时间特性将有助于揭示运动知觉不同阶段的资源利用特点及知
觉组织形成机制。”在这之前作者并没有说前人有关注意调节运动信息加工的时间特性的相
关研究。是前人没有对这方面进行研究吗?如果有这方面的研究,请补充;如果没有这方面
的研究,请分析可能的原因。作者进行这一问题研究的必要性和科学性。在这一版本中,作
者虽然提出了研究假设,但是研究假设与前人的研究之间逻辑关系不够密切,不清楚作者
是如何引出自己的研究假设的?

回应:

本文的研究问题来源于 Bartlett 等(2019)的元分析中关于注意对运动知觉不同加工阶
段调节作用差异的讨论。Bartlett 等认为,由于不同水平的运动加工分别对应于不同脑区
的神经活动;高水平(如三阶运动,区分图形与背景)运动加工与注意都处于更高级的大脑皮
层(前额等),因而它受到注意调节;而低水平(如一阶运动,亮度等变化)运动加工主要
在顶-枕区完成,它是否一定受注意调节取决于刺激类型、运动速度等因素。根据 SFM 知
觉两阶段加工观点(Andersen & Bradley, 1998; Treue, Husain, & Andersen, 1991)以及注意移动
方向 and 选择目标的时间顺序都是计算运动目标空间关系的要素(Cavanagh, Hunt, Afraz, &
Rolfs, 2010)等,我们推测,注意对 SFM 运动知觉的调节作用具有阶段性(时间性),即注
意对 SFM 运动知觉不同阶段的调节作用存在差异。因此,我们假设,注意能否参与 SFM 知
觉的早期加工取决于知觉输入的确定性,当存在外源性深度视觉线索时,注意资源被优先获
得,从而加快运动信息整合;而在缺乏深度线索(双稳态)时,注意资源对运动知觉的调节
主要发生在加工的后期阶段。

上述内容已在文中修改。

意见 2:

作者对上次评审意见中第 2 个问题(利用眼动指标作为划分 SFM 知觉的不同阶段有什
么依据?是否有相关的文献支持?)的回答不够充分。实际上审稿人想要知道的是,在有关
SFM 知觉的研究中,是否有人采用眼动指标来进行相关的研究。审稿人通过 Google Scholar
搜索关键词"structure-from-motion" "microsaccade"发现相关的研究并不多,但一些关键的文
献不应该漏掉,比如 Stonkute, S., Braun, J., & Pastukhov, A. (2012). The role of attention in
ambiguous reversals of structure-from-motion. PloS one, 7(5), e37734. 重要的是作者在问题提
出部分应该对这篇相关研究进行介绍,并突出作者研究的优势。

回应：

谢谢专家提供文献。正如专家所说，使用微眼跳指标的 SFM 知觉研究比较少。Stonkute, Braun, & Pastukhov, (2012)的研究是重要文献之一。Stonkute, Braun 和 Pastukhov (2012) 采用微眼跳为注意指标发现，在 SFM 知觉中，被试在判断双稳态刺激（随机点构成的球体）旋转方向发生反转时（1 秒左右），微眼跳频率明显增加。结合其他指标，Stonkute 等认为，SFM 知觉中的刺激反转取决于对虚构球体及其不规则表面的注意，而不是对表面上单个点的注意跟踪。我们也重新进行了搜索，也没有能够找到更多直接有关的研究。相关文献已添加到引言中。

意见 3：

关于数据分析的方法应该放到方法部分介绍，而不是放到结果部分介绍。

回应：

已将“数据分析方法”移到“2 方法”中的“2.4 数据分析方法”。

意见 4：

讨论部分的写作应和引言部分相呼应，引言部分应体现承前，讨论部分要体现启后。

回应：

谢谢专家的建议。引言的核心内容是有关注意对运动知觉调节作用中存在的争议，即注意对运动知觉的调节作用在不同水平运动（一阶、三阶）加工之间存在差异。对应于运动知觉的不同阶段，可以推测，注意在运动知觉不同阶段的调节作用也存在差异，即存在时间性。引言中还对微眼跳作为注意转移指标进行了分析。在讨论中，以 SFM 知觉的不同阶段为线索，分析注意不同成分在其中的作用，以确定它们产生作用的时间进程。

意见 5：

写作上仍存在一些细节问题，比如前言部分第 3 段出现了“注意顺脱”的文字错误。参考文献的格式仍有待改进，比如对于电子期刊，应给出文章号和 DOI。

回应：

我们对参考文献进行了核对，添加了相关文献的 DOI 编号。

第三轮

审稿人 2 意见

意见 1

作者方法和结果还是有些混淆。请将结果部分的数据分析内容放到数据分析方法部分中。“在实验中，极个别漏反应以及反应时超出 ± 3 个标准差以外的试次（约占 1.7%）被剔除。由于对 CW 做 ccw 判断（8.40%）和对 CCW 做 cw 判断（6.14%）的比例较低；因此，本研究不对 CW-ccw 和 CCW-cw 的反应比例和反应时进行分析，而是采用 2（深度线索：有、无） \times 2（反应方向：向左、向右）对知觉判断成绩进行方差分析。”“分别对微眼跳的峰速度、幅度、时间进行 2（深度线索：有、无） \times 2（反应方向：向左、向右）方差分析。由于

微眼跳频次按眼跳方向进行了划分，因此，仅对各种条件下不同方向微眼跳频次之间差异进行 t 检验。”做了方差分析后，若主效应，交互作用显著，需要在讨论里做一定的解释。

回应：

已将“结果”中的分析方法部分移至“方法”中。在讨论中对相应指标的主效应和交互作用进行了讨论。