

《心理学报》审稿意见与作者回应

题目：知觉负载对注视知觉适应后效的影响

作者：赵亚军 张智君 刘志方 刘炜 严璘璘 唐溢

第一轮

审稿人 1 意见：

文章总体写得比较清楚，实验设计合理，数据分析得当，不过对结果的解释需要考虑其他可能的原因。

如作者在两个实验中都是测量和分析的被试对探测刺激判断为直视的比例，然而适应刺激的作用在两个实验中应该是不同的，在实验一中，L25 和 R25 的短时适应，确实可能使得被试更多把注视偏离较小的同向探测刺激（L5 或 R5）判断为直视，这可以归结为是知觉适应；而实验二中，对直视刺激的适应使得对注视偏离刺激（L5 和 R5）更少判断为直视，应该是增加了直视的灵敏度，是否属于适应值得商榷，可能与知觉启动相似。由此可以推理：知觉适应需要被试对适应刺激进行关注，才能诱发，因此高知觉负荷下，注视偏离的适应效应不显著；而知觉启动属于自动化加工，不依赖于注意资源，因此在高低知觉负荷下，直视的“适应”效应都显著。鉴于此，比较两者的差异以及受知觉负荷的影响就难于做出令人信服结论。希望作者再针对这个问题查阅文献，进行深入的讨论。

回应：非常感谢专家提出的宝贵意见和建议，这对我们深入分析研究结果有重要的帮助！

专家认为，实验 1 与实验 2 中适应刺激的作用是不同的，实验 1 中的偏离注视（L25 或 R25）的适应引起的是知觉适应效应，而实验 2 中直视（D0）的适应使得对注视偏离刺激（L5 和 R5）更少判断为直视，从而增加了直视的灵敏度，因此直视适应刺激引起的是知觉启动效应。由于直视适应与偏离注视适应涉及的效应不一样，因此不能直接比较二者的差异以及受知觉负载的影响。

我们遵从专家的建议查阅了“知觉适应”、“注视知觉适应”与“知觉启动”等相关文献，结合专家的意见对这一问题进行了细致的分析。

（1）知觉适应与知觉启动

知觉适应（perceptual adaptation）是指感知觉系统对刺激长时间的适应后所导致的知觉扭曲（毕泰勇，方方，2012）。例如，对一个顺时针 15° 倾斜的光栅观察几秒钟后，再看垂直光栅，会觉得垂直光栅向逆时针方向偏转，我们的知觉从而被错误的诱导了。知觉适应是心理物理学的重要研究工具，它可以分离和短暂减弱相应神经元群集的反应，导致适应后效，因而可以推测适应刺激的神经表征机制（Thompson & Burr, 2009; 毕泰勇，方方，2012）。

知觉启动（perceptual priming）是指先呈现的刺激（启动刺激 primer，如单词或图片）对随后该刺激或相关刺激（探测刺激 probe）进行加工时的易化现象。当随后呈现的刺激与启动刺激相同或相似时，对随后呈现刺激的加工会得到易化（反应时更快、正确率更高），这种启动效应被称为重复启动（repetition priming, RP）（Schacter & Buckner, 1998）。

虽然重复启动与知觉适应在实验范式上看起来比较相似（都是先后呈现两个刺激），但是它们在实验范式、实验效应、神经机制上都存在差异（Grill-Spector, Henson, & Martin, 2006; Walther, Schweinberger, Kaiser, & Kovács, 2013）。下面，我们以注视方向知觉为例来描述二者的差异。

重复启动范式是先呈现一个启动刺激（L25），然后呈现一个探测刺激（L25 或 R25），被试的任务是判断探测刺激是什么（L25 还是 R25？），反应指标选取被试完成任务的反应时和正确率。当探测刺激与启动刺激方向相同时（跟两者不同时相比），被试反应时更快、正确率更高，即出现知觉启动效应。如果启动刺激是 L25，被试对探测刺激 L25 反应更快。

知觉适应范式是先呈现一个适应刺激（L25），然后呈现一个探测刺激（L10，L5，D0，R5，R10），被试的任务是判断探测刺激属于哪一类（方向朝左、中、右），反应指标选取被试的知觉归类偏向性（perception bias）。当探测刺激与适应刺激方向相同时（跟两者不同时相比），被试对探测刺激的知觉会偏向与适应刺激相反的方向上去，即出现知觉适应后效。如果适应刺激是 L25，被试对朝左的探测刺激（L10，L5）会倾向于知觉为直视，对直视和朝右的探测刺激的知觉不受影响，或者会倾向于知觉为朝右。

比较知觉启动范式与知觉适应范式，它们存在的差异如下：

第一，探测刺激的明确度（ambiguity），或者探测刺激与启动刺激的相似度（similarity）不同。知觉启动范式中，探测刺激的刺激属性比较明确（L25 或 R25，角度较大），被试能清楚地辨别探测刺激的属性（朝左或朝右），也能清楚地区分探测刺激与启动刺激的差异。然而，在知觉适应范式中，探测刺激的属性比较模糊，往往是一段连续的刺激序列（L10，L5，D0，R5，R10），被试不能清晰地辨别探测刺激的属性（朝左、中、右），在判断方向模糊的刺激时会出错（如 L5，D0，R5）。

第二，两个范式的任务不同。知觉启动范式通常让被试识别探测刺激的某个属性（如熟悉性、朝向），这种任务主要测量被试对刺激的识别加工（identity processing），选用反应时和正确率作为指标。而知觉适应范式让被试对探测刺激做归类判断，主要测量被试对刺激的类别知觉（object-category），选用知觉适应前后被试的知觉偏向性作为指标。

第三，知觉启动效应与知觉适应效应的加工机制不同。Walther 等（2013）研究发现，当采用同一个实验范式同时探讨知觉启动与知觉适应效应时，这两种效应都存在，但它们不能在相同的探测刺激上观察到，二者的相关不显著（ $r = -0.019$ ）。具体地，启动效应仅发生在刺激属性清晰的探测刺激上，即跟启动刺激完全相同或者完全相反的探测刺激上（如 L25 或 R25）。而适应效应仅发生在刺激属性模糊的探测刺激上（如 L5，D0，R5）（也见 Fang & He, 2005）。这说明两种效应具有相互独立的加工机制。

因此，比较注视适应范式与知觉启动范式，我们认为直视适应效应属于典型的知觉适应，而非知觉启动。同样，分析直视适应的结果也可以发现，直视适应效应发生在刺激属性模糊的探测刺激上（如 L5，R5），这也说明直视适应属于典型的知觉适应效应。

事实上，国内外心理学家已对注视知觉适应范式做了详细的研究和论述，注视知觉适应范式已是很成熟的实验范式（Calder, Jenkins, Cassel, & Clifford, 2008; 毕泰勇, 方方, 2012）。剑桥大学的 Andy Calder 教授成功地揭示出了注视线索的编码方式。他们的研究发现，对直视的适应会导致被试注视知觉的扭曲，表现为倾向于将直视知觉为偏离注视（向左或向右），而对偏离注视的知觉更不易知觉为直视。另外，当同时适应向左或向右的注视方向后，被试对偏离注视的方向（向左或向右）都更易知觉为直视。这些现象说明人脑对注视方向存在分离的表征（向左、直视或向右），存在单独对直视进行编码的神经元群。据此，他们提出注视方向编码的“多通道模型”（multichannel system），认为人脑中存在三类神经元群分别对不同的注视方向进行编码（向左、直视或向右）（Calder et al., 2008）。

可见，直视适应的实验范式是典型的知觉适应范式（Calder et al., 2008），直视适应产生的知觉偏差也是典型的知觉适应后效，而非知觉启动效应（毕泰勇, 方方, 2012）。

（2）知觉适应效应的行为结果：知觉偏差与知觉辨别敏感性

知觉适应是指感知觉系统对刺激属性长时间的适应后所导致的知觉扭曲（毕泰勇, 方方, 2012）。知觉适应会导致两种知觉行为结果：其一，对随后呈现的刺激产生知觉上的偏差

(biases the perception of a visual pattern); 其二, 改变知觉敏感性或知觉辨别能力 (change visual sensitivity or improve discrimination at the adapted characteristic) (Chen, Yang, Wang, & Fang, 2010; Yang, Shen, Chen, & Fang, 2011; 张馨, 蒋重清, 2015)。

知觉适应导致的一种行为结果为知觉偏差, 往往被称作知觉适应后效, 一般通过比较适应前后知觉判断的改变程度来衡量 (张馨, 蒋重清, 2015)。以注视知觉适应为例 (图 1), 在对某一特定方向的偏离注视 (右 20°) 适应一段时间后, 人们倾向于将与适应方向相同的注视线索 (右 5°) 判断为直视 (0°)。这种知觉现象称作“注视知觉适应后效” (gaze perceptual adaptation aftereffect) (Jenkins, Beaver, & Calder, 2006)。

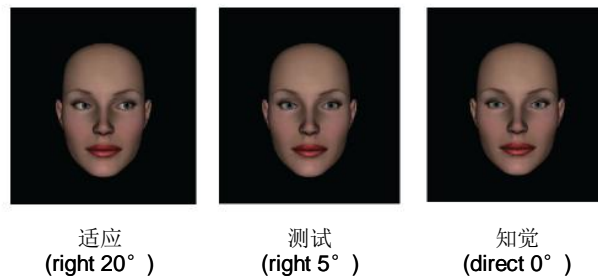


图 1 注视知觉适应效应 (Jenkins et al., 2006)

这种注视适应导致的注视知觉偏差反映了被试在适应前后知觉状态的改变, 可以说是一种错觉现象: 明明是个朝左的眼睛, 被试却知觉为盯着自己 (Jenkins et al., 2006)。然而, 这种知觉偏差能否反映被试的知觉能力 (或知觉敏感性) 发生了改变, 这就需要额外的实验任务来探测。

知觉适应导致的另一种行为结果是: 知觉辨别能力或知觉辨别敏感性的改变。心理学家方方教授系统地考察了面孔视点知觉适应 (face viewpoint adaptation) 对视点知觉辨别能力的影响 (Chen et al., 2010; Fang & He, 2005)。他们结合面孔视点的知觉适应与知觉辨别任务发现, 适应了 0° 面孔视点刺激后, 被试对视点刺激 (视点角度为左 5° , 0° , 右 5°) 的辨别能力得到了增强, 其视点辨别阈限显著降低。而适应了 30° 视点刺激后, 被试对视点刺激 (左 5° , 0° , 右 5°) 的辨别能力受到了削弱, 其辨别阈限升高。同样, 他们在面孔性别适应的研究中发现了类似的结果, 当被试对面孔性别 (男性面孔) 产生适应后, 对与适应刺激属性相同的刺激 (如男性面孔) 的辨别阈限降低, 辨别敏感度增加 (Yang et al., 2011)。

因此, 要探明知觉适应是否改变了知觉辨别能力, 需要在知觉适应范式上增加一个知觉辨别能力的测试, 这个任务一般采用 QUEST staircase 的方法来估计知觉辨别阈限 (Watson & Pelli, 1983)。而单纯采用知觉适应范式不能探明知觉辨别能力的变化情况。那么, 在我们仅采用了知觉适应范式的情况下, 就只能判断出被试在适应前后知觉状态的改变, 而无法直接判断出其知觉能力的变化。

如果结合知觉适应与知觉辨别范式, 可以推测: 当被试适应了偏离注视 (L25 或 R25), 那么其对偏离注视 (如 L25 或 R25) 的刺激辨别能力会增强 (更加敏感、阈限降低), 但对直视 (D0) 的辨别能力会削弱 (更不敏感、阈限升高); 而适应了直视, 对直视的辨别能力会增强 (更加敏感、阈限降低), 对偏离注视的辨别能力会削弱 (更不敏感、阈限升高)。

虽然我们没有做这个研究, 但根据我们的研究结果也能做一些推测。比如, 对直视刺激的适应使得对注视偏离刺激 (L5 和 R5) 更少判断为直视, 应该是增加了直视的灵敏度 (正如专家的推测)。同样, 对偏离注视 (如 L25 或 R25) 适应后, 被试倾向于将注视偏离较小的同向探测刺激 (L5 或 R5) 判断为直视, 因而将同向偏离注视刺激也就更少地知觉为偏离注视 (如 L25 或 R25) (见本研究实验 1 中的表 1 数据), 那么也就相应地增加了对偏离注视 (如 L25 或 R25) 的知觉敏感性。不论直视或者偏离注视的知觉适应, 都增加了相同方向上

的知觉辨别能力（敏感性），也都降低了其它方向上的知觉辨别能力。因此，直视与偏离注视适应都能增加各自方向上的知觉辨别敏感性。

综上所述，直视适应与偏离注视适应一样，都能让与适应刺激相同方向上的注视方向的知觉发生偏差，导致知觉阈限降低、敏感度增加，二者加工机制并无不同。可见，**增加刺激辨别的敏感性是知觉适应的一种行为结果（Yang et al., 2011），并不是区分知觉适应与知觉启动的标准。**

另外，本研究之所以选择“直视反应”作为指标，主要考虑到不同适应条件下的适应后效更方便比较，数据分析更简单。这也是发现注视适应效应的 Andy Calder 教授一直采用的分析方式，我们沿用了这一方法。

（3）综合专家和我们观点之后的解释

从实验范式、实验效应、加工机制与经典研究证据等多方面来讲，直视适应与偏离注视适应的加工机制是相似的，它们属于知觉适应范畴。而造成直视适应与偏离注视适应受到知觉负载影响不一样的原因在于，直视的加工具有自动化的特点，不依赖于注意资源，而偏离注视的加工相对更容易受注意资源的影响。这正是本研究的研究目的与结果所在。

总之，专家很敏锐地提出了一个深刻的、前沿性的问题，提出的推理过程也非常有道理，对我们深入地思考注视适应的机制有很大的帮助。再次感谢专家提出的宝贵意见和建议，如仍有问题，请您进一步指出！

.....

审稿人 2 意见：该研究通过结合知觉负载任务和注视适应范式，非常巧妙地分离了注意资源对直视与偏离注视知觉的不同调节作用，是一个非常有意思的研究，但还存在以下一些问题。

意见 1：如何解释实验 1 中在高负载条件下“与适应前基线相比，适应 L25 后，在适应的方向（L10，L5）和 D0 上，被试的正确率没有发生变化（ $p_s > 0.10$ ）。而在未适应的方向上，被试对向右的探测刺激的反应更不容易判断为直视（在 R5 上，（ $t(15) = 2.17, p < 0.05$ ）；在 R10 上， $t(15) = 2.16, p < 0.05$ ）。”这一结果说明偏离注视的方向信息在高负载条件下并非完全没有得到加工。因此，文中的一些表述不是特别合适：摘要中“偏离注视在低负载条件存在显著的适应后效，而在高负载条件不存在适应后效”；2.3 讨论中“但是，高负载条件下不存在注视适应效应，这说明当知觉负载较高时，有限的注意资源被消耗尽，与任务无关的适应刺激的注视方向无法得到知觉。”；总讨论中“在高知觉负载条件下，直视能够被抽取出方向，而偏离注视受到注意资源的影响而无法抽取出方向。”以及“本研究发现，偏离注视的方向不能在高负载条件下得到知觉编码”。

回应：非常感谢专家明察秋毫地提出这一细节问题，并给出了细致的意见和建议。

专家提出：实验 1 中在高负载条件下，当适应 L25 后，在适应的方向（L10，L5）和 D0 上，被试的正确率没有发生变化（ $p_s > 0.10$ ）。而在未适应的方向上，被试对向右的探测刺激的反应更不容易判断为直视（在 R5 上，（ $t(15) = 2.17, p < 0.05$ ）；在 R10 上， $t(15) = 2.16, p < 0.05$ ）。”这一结果说明偏离注视的方向信息在高负载条件下并非完全没有得到加工。

专家提出的观点值得认真地考虑，对这一结果的解释会影响到是否可以下一个非常强的结论：偏离注视在高负载条件不存在适应后效。为此，我们认真检查了数据分析，并结合以往注视适应范式的研究结果，对这个结果及其解释进行了细致的分析。

（1）偏离注视的方向信息在高负载条件下是否得到加工？

实验 1 考察了偏离注视在高、低知觉负载条件下的知觉适应后效，其实验逻辑是：如果在高、低负载条件下，偏离注视产生了适应后效，那么偏离注视的方向信息就得到了加工。偏离注视包括朝左和朝右（L25 或 R25）两种情况。在高负载条件下，R25 未产生任何适应

后效 ($ps > 0.10$)，这说明 R25 的方向没有得到加工。

然而 L25 的情况稍微复杂点。在高负载条件下，当适应 L25 后，在适应的方向 (L10, L5) 和 D0 上，被试的正确率没有发生变化 ($ps > 0.10$)。而在未适应的方向上，被试对向右的探测刺激的反应更不容易判断为直视(在 R5 上, ($t(15) = 2.17, p < 0.05, \text{Cohen's } d = 0.542$); 在 R10 上, $t(15) = 2.16, p < 0.05, \text{Cohen's } d = 0.540$)。从结果可以看出，适应后效并未发生在预期的适应方向 (L10, L5) 上。但是，在适应 L25 后，被试对未适应方向上的探测刺激 (R5 和 R10) 的知觉发生了变化，这提示可能存在适应后效。

注视适应效应的经典研究发现，偏离注视的适应效应具有方向特异性，其主要表现为：倾向于将与适应方向相同的注视方向判断为直视，而对与适应方向相反的注视知觉则不受到影响、或者更不容易知觉为直视 (Calder et al., 2008; Jenkins et al., 2006)。可见，注视适应后效主要产生于适应方向上，而一般不会单独出现在非适应方向上。然而，在我们的结果中，注视适应导致的知觉改变仅仅发生在未适应的方向上，那么这种情况下到底存不存在注视适应后效？由于注视适应 (L25) 确实影响了注视方向的知觉，尽管这种效应不够明显，也只体现在未适应的方向上，我们认为：**在高负载条件下，适应 L25 后存在一定程度的适应后效。既然存在适应后效，这说明偏离注视的方向信息在高负载条件下得到了一定程度的加工。**因此，专家的判断是正确的。

虽然在高负载条件下适应 L25 产生了一些适应后效（仅出现在非适应方向上），但是在适应方向上并没有发现适应后效，因此无法下一个强的结论：高负载条件下存在偏离注视适应后效。

为此，我们遵从专家的建议，对文中关于“高负载条件下不存在偏离注视适应效应”的表述进行了修改，使得表达更加委婉，下结论也更加保守。例如，我们将“偏离注视在低负载条件存在显著的适应后效，而在高负载条件**不存在**适应后效”修改为“偏离注视在低负载条件存在显著的适应后效，而在高负载条件**仅存在微弱的**适应后效”；我们将“在高知觉负载条件下，直视能够被抽取出方向，而偏离注视受到注意资源的影响而**无法**抽取出方向”修改为“在高知觉负载条件下，直视能够被抽取出方向，而偏离注视受到注意资源的影响而**很难**抽取出方向”。具体的修改内容，请见蓝色标注处，如仍有问题，请专家进一步指出！

(2) 本研究的目的是与结论

本研究主要目的在于：探讨直视与偏离注视受注意资源的调节情况，以及这种调节作用是否一样。因此，本研究最关心的问题有两个：第一，直视是否受到注意资源的调节，偏离注视是否受到注意资源的调节；第二，直视与偏离注视受到注意资源的调节作用之间是否存在差异。

对于第一个问题“偏离注视是否受到注意资源的调节”，本研究的解决思路为：考察偏离注视在高、低知觉负载条件下是否存在显著的适应后效，更为关键的是，高、低知觉负载条件下的适应后效是否存在差异。而本研究的结果发现，不论是适应 L25 或 R25，低负载条件下注视适应后效显著大于高负载条件下的效应，尤其表现在与适应方向相同的探测刺激上（见本研究的图 4）。

不论高负载条件下偏离注视能否得到加工而产生适应后效，只要高、低负载条件的适应后效之间存在显著的差异，就能回答我们的研究问题：偏离注视是否受到注意资源的调节。因此，即便高负载条件下偏离注视（适应 L25）能产生一些适应后效，也不会影响到本研究的结论之一：偏离注视的知觉编码受到注意资源的调节。

对于第二个问题，我们比较了注意资源对直视与偏离注视适应后效的调节作用。本研究发现，偏离注视适应后效受到注意资源的调节（实验 1），而直视适应后效不受注意资源的调节（实验 2）。那么，直视与偏离注视受到注意资源的调节作用之间是否存在差异吗？

我们对实验 1（偏离注视）与实验 2（直视）的结果进行了比较。将低负载条件下的适

应后效减去高负载条件下的后效作为知觉负载（注意资源）对适应后效的调节量指标（modulation effects of attentional resources），也就是将本研究的图 4 与图 6 中低负载和高负载条件下的适应后效相减，把差值作为注意资源对适应后效的调节作用（结果见下图 2）。由于偏离注视适应分为 L25 和 R25 两种情况，因此分别比较了 L25 与 D0、R25 与 D0 在知觉负载（注意资源）对适应后效的调节量上是否存在差异。

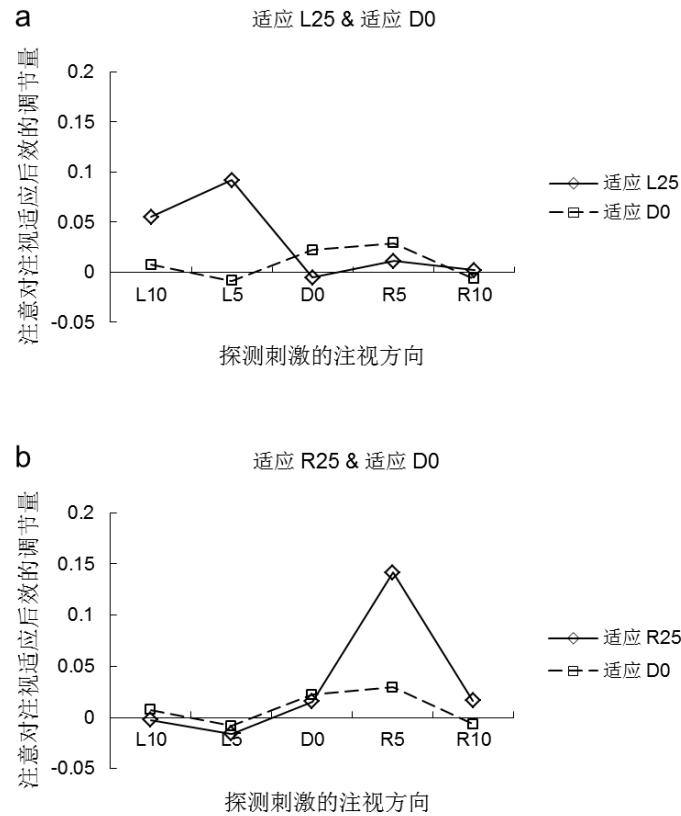


图 2 偏离注视（L25、R25）与直视（D0）在注意资源对适应后效的调节量上的比较

首先，比较适应 L25（实验 1）与 D0（实验 2）在高、低知觉负载条件下的适应后效之差（即知觉负载对适应后效的调节量，简称注意调节量）是否存在差异（图 2a）。采用 2（适应条件：L25, D0） \times 5（探测刺激：L10, L5, D0, R5, R10）重复测量方差分析。结果显示：适应条件主效应不显著（ $F(1, 36) = 2.42, p > 0.10, \eta_p^2 = 0.063$ ）；探测刺激主效应不显著（ $F(4, 144) = 1.16, p > 0.30, \eta_p^2 = 0.031$ ）；两者的交互作用显著（ $F(4, 144) = 2.60, p < 0.05, \eta_p^2 = 0.067$ ）。采用独立样本 t 检验，对不同探测刺激在 L25 与 D0 适应条件下的注意调节量进行比较发现：在探测刺激 L10 和 L5 上，L25 适应的注意调节量均显著大于 D0 适应的注意调节量（ $t(36) = 2.92, p < 0.01, \text{Cohen's } d = 0.96$ ； $t(36) = 2.10, p < 0.05, \text{Cohen's } d = 0.69$ ），而在 D0、R5 和 R10 上差异均不显著（ $ps > 0.40$ ）。

然后，比较适应 R25（实验 1）与 D0（实验 2）在高、低知觉负载条件下的适应后效之差（注意调节量）是否存在差异（图 2b）。采用 2（适应条件：R25, D0） \times 5（探测刺激：L10, L5, D0, R5, R10）重复测量方差分析。结果显示：适应条件主效应不显著（ $F(1, 36) = 1.13, p > 0.20, \eta_p^2 = 0.030$ ）；探测刺激主效应显著（ $F(4, 144) = 5.18, p < 0.01, \eta_p^2 = 0.126$ ）；两者的交互作用边缘显著（ $F(4, 144) = 2.41, p = 0.052, \eta_p^2 = 0.063$ ）。采用独立样本 t 检验，对不同探测刺激在 R25 与 D0 适应条件下的注意调节量进行比较发现：在探测刺激 R5 上，R25 适应的注意调节量显著大于 D0 适应的注意调节量（ $t(36) = 2.42, p < 0.05, \text{Cohen's } d = 0.80$ ），而在 L10、L5、D0 和 R10 上差异均不显著（ $ps > 0.30$ ）。

以上结果表明，知觉负载对 L25 和 R25 适应后效的调节量均大于其对 D0 适应的调节量（表现在探测刺激 L10, L5 和 R5 上），这说明知觉负载（注意资源）对偏离注视与直视知觉适应的影响不同，知觉负载对偏离注视存在影响（实验 1），而知觉负载对直视不存在影响（实验 2），并且知觉负载对偏离注视知觉的影响作用大于对直视知觉的影响（实验 1 与实验 2 的比较）。既然注意资源对偏离注视与直视的调节作用存在差异，说明二者存在不同的加工机制，这也就回答了第二个研究问题。

综上，我们遵从了专家的意见和建议，对文中“高负载条件下偏离注视的适应后效”等内容的表述做了修改，使结论下得更加严谨。同时，我们在实验 2 的结果部分补充了关于实验 1 与实验 2 结果比较的内容，请专家进一步指正。

最后，再次感谢专家如此细致的意见和建议，这对我们做出更加严谨的研究、写出更为规范的文章都有很大的帮助！

意见 2：在实验 1（知觉负载对偏离注视知觉适应后效的影响）中有 16 名被试，而在实验 2（知觉负载对直视注视知觉适应后效的影响）中则有 22 名被试，为什么两个实验的被试人数相差了 6 名？

回应：感谢专家提出的关于被试量的问题。实验 1（知觉负载对偏离注视知觉适应后效的影响）和实验 2（知觉负载对直视注视知觉适应后效的影响）中的被试数量不一样，具体原因如下文。

首先，在选取实验的被试量时，本研究参考了预实验和以往研究中的注视适应效应量和被试量的大小。注视适应效应表现为被试对注视方向的判断出现歪曲（例如，明明是个朝左的眼睛，被试却知觉为盯着自己），这种知觉偏差比较明显，类似于错觉现象。以往研究中注视适应后效的效应量比较大，被试在适应前、后的知觉改变量高达 50%（适应后的知觉比例减去适应前的知觉比例），被试的选取数量一般约为 10~24 名（Calder et al., 2008; Jenkins et al., 2006; Schweinberger, Kloth, & Jenkins, 2007; 张智君, 赵亚军, 占琪涛, 2011）。

类似地，国内外研究者在采用心理物理法探讨面孔视点适应、身体朝向适应等知觉适应效应时选用的样本量都比较小（约 6~12 名）（Bi, Su, Chen, & Fang, 2009; Chen et al., 2010; Fang & He, 2005; Lawson, Clifford, & Calder, 2009; Cooney, Dignam, & Brady, 2015）。究其原因，主要是知觉适应后效比较明显，被试数据一致性较高（Anderson & Vingrys, 2001）。

其次，实验 1 和实验 2 分别都是被试内设计，但两个实验选用了两批不同的被试。实验 1 探讨的是偏离注视的适应后效，以往研究表明偏离注视适应后效比较大（适应前后知觉改变的比例约 50%左右），我们结合本研究预实验的效应量大小（知觉改变量约为 15%~20%）估算被试量约需 16 名。

实验 2 探讨的是直视的适应后效。比起偏离注视后效，直视适应的效应量相对较小（知觉改变量约 10%~15%）（Calder et al., 2008），甚至在一些实验中不容易表现出来（Kloth & Schweinberger, 2010; Stein, Peelen, & Sterzer, 2012），我们结合预实验（ $n = 20$ ）的效应量大小（知觉改变量约 10%）估算被试量约需 22 名。

最后，本研究的实验结果表明，实验 1 中的高、低负载适应后效差异显著（ $ps < 0.05$ ），实验 2 中高、低负载适应后效差异不显著（ $ps > 0.20$ ），实验 1 与实验 2 之间注意资源（知觉负载）对适应后效的调节量存在显著差异（ $ps < 0.05$ ）。重要的是，这些实验效应（适应后效、注意调节作用）都具有中、高等大小的效应量（其效应量 Cohen's d 位于 0.49~0.96 之间； $d = 0.5$ 为中等大小， $d > 0.8$ 为高等大小）。

综上所述，本研究选取这样的被试量参考了以往研究中所选的被试量，也考虑了实验效应量的大小。再次感谢专家提出这一重要的问题，这对我们做研究有重要的帮助，如仍有问题，请进一步指正！

意见 3: 英文摘要中 **Background** 部分叙述过多, 超出了规定的 200 字。

回应: 感谢专家提出的宝贵意见。我们重新梳理了英文摘要中 **Background** 部分的写作, 并按照“《心理学报》英文摘要的写作要求”的规定删减了一些冗余的词语, 使得 **Background** 部分的字数少于了 200 字。请见英文摘要部分, 如仍有问题, 请专家进一步指正!

.....

审稿人 3 意见: 本研究发现偏离注视知觉适应受到知觉负载的调节, 而直视知觉适应不受知觉负载的调节, 说明偏离注视与直视所需要的注意资源不同, 作者认为这是由于偏离注视与直视存在不同的加工机制。这是比较有趣的尝试, 但是其结论并没有得到很好的支持。

意见 1: 首先, 论证逻辑不清晰, 作者说偏离注视和直视加工过程不同, 但是并没有说明到底是什么加工过程不同。其结果只能说明直视加工过程具有自动化加工的特点: 加工快速、能捕获注意、存在无意识知觉、对认知资源依赖程度较低等, 而偏离注视的知觉需要集中注意。这个前人已经发现了, 而本研究只不过是采用知觉适应再次验证了这一点。并没有像作者说的: 研究了注意资源对注视知觉的影响发生在哪个阶段。作者的逻辑是: “在形成注视方向表征的过程中, 直视与偏离注视存在加工分离。只有先区分出直视与偏离注视, 它们才会在注意资源的调节中表现出不同的特点: 在注意资源有限时, 直视能够得到知觉编码, 而偏离注视难以得到编码。”也即“直视与偏离注视的加工分离发生在注视方向抽取之前(形成意识水平的注视方向表征)。”但是所谓的知觉编码不同于形成注视方向表征没有任何证据支持。也存在其他的可能性, 比如直视与偏离注视加工过程是一样的, 只不过难度不同, 所以需要的注意资源也不同。

回应: 感谢专家对研究逻辑提出的非常细致和严谨的问题。这一问题对我们根据研究结果推论出恰当的结论至关重要。专家的问题比较难, 我们尝试从以下一些方面来回答, 如仍有问题, 请专家进一步指正!

(1) 本研究的、结论与推论

本研究的目的是: 探讨直视与偏离注视受注意资源的调节情况, 以及这种调节作用是否一样。因而**本研究最关心的问题有两点**: 第一, 直视是否受到注意资源的调节, 偏离注视是否受到注意资源的调节; 第二, 直视与偏离注视受到注意资源的调节作用之间是否存在差异。

这两个问题在本研究中得到了较好地回答, 本研究的结果发现: 偏离注视适应后效受到注意资源的调节(实验 1), 直视适应后效不受注意资源的调节(实验 2), 并且注意资源对偏离注视的调节作用大于它对直视的调节作用(实验 1 与实验 2 的比较, 详见专家二问题 1 回复中的图 2)。据此结果, **得出结论: 由于注意资源对偏离注视与直视的调节作用存在显著差异, 说明二者存在不同的加工机制。**本研究在摘要和结论部分清晰地表述了这一结论。

既然注意资源对直视与偏离注视的调节作用存在差异, 那么这种调节发生在注视知觉过程的哪一阶段呢? 本研究的结果是发现了直视与偏离注视在加工机制上的分离(二者受注意资源的调节不同)。以往研究者认为, 注视方向的知觉包括两个加工阶段: 特征分析和方向抽取(Bayliss et al., 2011; Calder et al., 2008; Shepherd, 2010; Teufel et al., 2010)。一般地, 特征分析阶段不需要注意的参与(Treisman & Gelade, 1980), 而我们的结果发现注意资源对直视与偏离注视适应后效(反映注视方向的编码或抽取阶段)的调节作用存在不同, 因而可以推测, 注意资源对注视知觉的调节发生在注视方向抽取阶段。

既然直视与偏离注视在知觉编码过程中会产生加工分离, 那么这种分离发生在哪一阶段呢? 虽然本研究没有直接探讨这一问题, 但可以结合以往的研究做一些推测。注视知觉包括两个加工阶段: 第一, 识别眼睛虹膜与巩膜之间的明度对比和几何形状等特征信息

(Frischen et al., 2007); 第二, 整合以上特征信息, 并抽取和编码注视方向 (Materna, Dicke, & Thier, 2008; Shepherd, 2010; Teufel et al., 2010)。对于直视与偏离注视来说, 特征信息(虹膜与巩膜之间的明度对比和几何形状等)的加工是相似的, 直视与偏离注视的加工在特征分析阶段不存在分离。而本研究发现注意资源对直视与偏离注视知觉的调节作用不一样, 那么在注视知觉的第二阶段(抽取和编码注视方向)或者在第二阶段之前, 直视与偏离注视就产生了加工分离。因为只有区分出直视与偏离注视, 它们才会在注意资源的调节中表现出不同的特点: 在注意资源有限时, 直视能够得到知觉编码, 而偏离注视难以得到编码。这一观点得到了一些证据的支持。以往研究表明, 大脑里确实存在一个专门区分直视与偏离注视的心理过程 (Itier & Batty, 2009; Nummenmaa & Calder, 2009), 这一心理过程(区分直视与偏离注视)在神经基础和时间进程上早于偏离注视方向(向左或向右)的编码 (Bayliss et al., 2011; Calder et al., 2007; Conty, N'Diaye, Tijus, & George, 2007; Schweinberger et al., 2007)。

我们猜测, 直视与偏离注视的区分发生在早期特征检测与晚期注视方向抽取之间。当区分出直视与偏离注视后, 仅需很少的注意资源即可对直视形成注视方向表征, 而偏离注视还需要分辨到底是向左或向右, 这一过程需要集中注意和注意资源的参与。直视与偏离注视随着加工的深入而逐渐产生分离, 最终形成不同的心理表征, 并带来不同的心理意义和行为结果 (Senju & Johnson, 2009)。当然, 这种猜测并没有在本研究中得到探讨和验证, 仅仅是我们的推测或猜想, 尚需更多的研究加以检验。

(2) 直视与偏离注视的加工过程是否相同?

直视与偏离注视的加工机制不同(受注意资源的调节不同), 那么二者的认知加工过程是否相同呢? 在专家意见的指导下, 我们对这一问题进行了思考和分析。

注视线索经过特征分析和方向抽取两个阶段就形成了注视方向的表征 (Bayliss et al., 2011; Teufel et al., 2010)。由于直视与偏离注视在加工机制上存在分离, 此前我们推测二者的加工过程也不一样。当人脑区分开直视与偏离注视之后, 直视因其加工优势(如捕获注意)仅需很少的注意资源就能形成注视方向表征。然而, 直视只有一种可能的方向(盯着观察者), 而偏离注视存在两种可能性(向左或向右), 具体是哪个方向, 个体需要集中注意才能分辨清楚, 这一阶段需要更多的加工时间, 也耗费更多的注意资源。也就是说, 当别人盯着我们时, 我们很快就会感觉到(直视捕获注意); 当不盯着我们时, 我们不仅要判断他是否看着我们, 还需要判断他到底在看哪里, 才能搞清楚别人的意图。因此, 我们推测: 直视知觉可能需要经历两个加工阶段(特征分析和方向抽取), 而偏离注视知觉需要经历三个加工阶段(特征分析、方向辨别、方向抽取), 二者经历的加工过程不一样。

然而, 如专家所说, 这存在逻辑问题, 根据直视与偏离注视的加工机制的分离无法推测出二者的加工过程不同。专家提出, 存在其它可能性: 直视与偏离注视加工过程是一样的, 只不过难度不同, 所以需要的注意资源也不同(简称为“**难度说**”)。换句话说, 直视与偏离注视都只需要两个加工阶段, 但直视的加工要相对容易些。我们认为, 专家的观点在解释直视与偏离注视的加工分离上是合理的, 也没有引入新的解释(加工过程不一样), 因而更具理论简洁性(坎特威茨等, 2010)。那么, 我们对直视与偏离注视加工过程不同的观点仅仅是一种猜测, 本研究的结果无法直接证明这种推测。因此, **我们赞同专家的意见, 本研究不能直接回答这一问题: 直视与偏离注视知觉的加工过程是否不同。**

同时, 我们仔细思考了专家提出的“难度说”, 下文列出了我们的分析过程和疑问, 以便进一步向专家请教。

专家认为, 直视与偏离注视的加工过程一样, 但加工难度不同, 因而导致其受到注意资源的调节不同。然而, “难度不同”的含义有点笼统。一般地, 两个刺激的加工难度不同, 往往包含着多重含义。第一种可能是, 两个刺激的加工过程相同, 但加工所需的认知资源不同, 因而导致二者的加工难度不同(“难度说”)。这种含义是合理的, 因为需要注意资源调

节的认知过程往往比较复杂、难度较高、不容易自动化（朱滢, 2014）。

第二种可能是，难度不同意味着两个刺激加工过程的复杂程度不同：加工越难，加工过程就越复杂，所耗时间也就越长。事实上，个体对直视的反应时间比偏离注视短（Conty et al., 2007; Itier, Alain, Kovacevic, & McIntosh, 2007; Macrae et al., 2002）。按照减法反应时的原理，反应时间长短往往反映加工过程的复杂程度（朱滢, 2014），加工难度较大的偏离注视的加工过程就更复杂，因而直视与偏离注视的加工过程就不一样。

以上两种可能都有其合理性，因而“难度不同”难以明确地解释直视与偏离注视的加工过程是否一样。但是，专家的提出“难度说”确实也有其合理性。因此，**本研究可以得出的结论为：直视与偏离注视存在加工机制的差异。而直视与偏离注视的加工过程是否一样，本研究很难得出一个明确的结论，这需要进一步的研究来检验。**

（3）本研究的必要性、研究意义与创新之处

注视适应效应是 2006 年由两个研究团队发现的，他们做了开创性的工作（Jenkins et al., 2006; Seyama & Nagayama, 2006）。2008 年，剑桥大学的 Andy Calder 教授成功地揭示出注视方向的知觉编码方式，在 gaze perception 领域做出了重要的理论贡献（Calder et al., 2008; 毕泰勇, 方方, 2012）。比起这些开创性的研究，我们的研究显得微不足道。但是，我们的研究也有其必要性。

首先，注意对知觉的影响是一个经久不衰的问题（James, 1950）。在探讨社会性线索（如面孔表情）的知觉编码中，往往会研究注意资源的调节作用（Bishop, Jenkins, & Lawrence, 2007; Jenkins, Lavie, & Driver, 2005; Neumann & Schweinberger, 2008; Neumann, Mohamed, & Schweinberger, 2011; Pessoa, McKenna, Gutierrez, & Ungerleider, 2002; Vuilleumier, 2005）。注视适应效应作为一种相对较新的知觉过程，有必要去探讨它是如何受到注意资源调节的。

其次，正如专家所说，本研究结果只能说明直视加工过程具有自动化加工的特点：加工快速、能捕获注意、存在无意识知觉、对认知资源依赖程度较低等，而偏离注视的知觉需要集中注意。这个前人已经发现了，而本研究只不过是采用知觉适应再次验证了这一点。

专家对本研究的看法是正确的。然而，对研究假设的检验总是需要不断地积累证据的（斯坦诺维奇, 2008）。例如，关于直视无意识知觉的研究就存在这样的研究历程（Johnson, Senju, & Tomalski, 2015）。来自婴儿的发展研究表明，7 个月大的婴儿就能区分阈下呈现的直视和偏离注视线索（Jessen & Grossmann, 2014）。在认知行为与神经机制方面，研究者采用连续闪烁抑制范式（continuous flash suppression, CFS），并分别结合不同的面孔图片（真实面孔、简笔画）、眼动技术、脑电技术等去探讨直视的无意识加工优势（Chen & Yeh, 2012; Rothkirch, Madipakkam, Rehn, & Sterzer, 2015; Stein, Senju, Peelen, & Sterzer, 2011; Yokoyama, Noguchi, & Kita, 2013）。这些研究从不同的层面、范式和技术来寻找证据支持直视存在无意识加工优势的观点。同时，也存在不支持这一观点的证据（Gobbini, Gors, Halchenko, Hughes, & Cipolli, 2013）。不论是支持还是反对，对直视无意识加工的研究，从最初发现这一现象，再到后来的儿童发展、认知行为、神经机制等研究都在不断地检验这一假设。因此，我们的研究还是非常有必要的，并且国外心理学家也在关注跟本研究相似的问题（Burton et al., 2009; Ricciardelli & Turatto, 2011; Yokoyama, Sakai, Noguchi, & Kita, 2014）。

最后，我们的研究也具有一些意义和创新点。

第一，本研究系统地考察了注意资源对注视知觉的调节作用，并揭示出直视与偏离注视之间加工机制的差异。以往研究没有系统地探讨注意资源对不同注视线索知觉编码的影响。

第二，在研究范式上，本研究采用经典的知觉负载任务来操纵注意资源，考察其对注视知觉适应后效的影响，避免了将注意资源与空间注意混到一起操纵（Ricciardelli & Turatto, 2011），其实验范式比较成熟，不用担心一些混淆因素，在研究结论的推导上比较清晰。

第三，本研究采用注视适应范式探讨注视线索的知觉编码机制，这种范式具有独特的优

势。采用注视适应效应对注视知觉进行测量，既能揭示注视线索特异性的知觉编码方式，又能推测注视方向编码的神经表征机制（Bayliss et al., 2011）。

第四，有助于研究者建立起更为统一的注视知觉理论模型，如整合 Calder 等人（2008）的“多通道模型”（忽略了直视和偏离注视的区别）和 Senju（2009）的“快通道调制器模型”（未探讨注视线索特有的知觉编码方式）。

第五，实验结果是在短时程-适应范式中获得的，200ms 的适应时间就能诱导出显著的注视适应后效，这具有一定的方法学意义。短时程-适应范式有助于研究者设计更简洁的实验，缩短实验时间。同时，结合了知觉负载任务与知觉适应效应的范式也可用于探讨面孔身份、面孔朝向以及身体朝向等其它社会线索的加工机制。

（4）我们的修改之处

本研究在研究问题的表述、研究结论的推论上存在一定的逻辑问题。在专家意见的指导下，我们对引言和总讨论部分的相关段落做了修改，使得研究问题更清晰、推理更严谨。

第一，本研究并不能直接回答直视与偏离注视加工过程有何不同这一问题，因此将引言部分“加工过程”的表述改为了“加工机制”，并删去了“在早期视觉特征分析和晚期注视方向抽取之间可能存在一个加工过程，即对直视与偏离注视的区分”等语句。

第二，修改了总讨论部分关于研究结果的推论。我们重新分析了注意资源对直视与偏离注视的调节作用发生的加工阶段等问题。同时，我们删去了“据此推测，注视知觉包括三个心理过程：第一，早期的视觉特征检测；第二，直视与偏离注视的区分；第三，抽取出具体的注视方向，形成注视方向表征（向左、直视或向右）。其中，第一阶段是后面注视知觉阶段的基础，而第二阶段决定不同注视线索的加工分离。”等一些推测的内容。具体请见总讨论部分的蓝色标记处。

再次感谢专家提出的宝贵意见，专家的意见促使我们重新思考本研究的逻辑、推理和结论等内容，也促使我们在写文章时更加谨慎，让我们有一种醍醐灌顶的感觉。我们认真考虑了专家的意见并对文章进行了修改，请专家进一步指正，谢谢！

意见 2：第二，作者没有报告偏离注视适应效应在高负荷条件下是否仍然大于 0。如果此时偏离注视适应效应比 0 要大一些，这说明即使在高负荷下，也有一定适应效应。

回应：感谢审稿专家提出的宝贵意见，这对我们进一步完善本文有重要的帮助。专家提出的意见非常重要，审稿专家二也提出了相似的问题（问题 1）。

如果偏离注视适应效应在高负载条件下大于 0，即偏离注视在高负载条件下也存在一定的适应后效，那么说明偏离注视的方向在高负载条件下并非完全没有得到加工。对这一结果的解释会影响到是否可以下一个非常强的结论：偏离注视在高负载条件不存在适应后效。

本研究在实验 1 结果部分报告了高负载条件下的**不存在**偏离注视适应后效的结果，但正如审稿专家二（问题 1）提出疑问：高负载条件下**存在一定的**适应后效，因此我们重新分析了这一结果。详细的分析可以查看我们对审稿专家二的问题 1 的回复内容。此处，我们对这个问题的回复内容做一个梳理，以便使详细的回复内容看起来更加简洁。

实验 1 旨在研究“知觉负载对偏离注视知觉适应后效的影响”，为解决这个问题，主要考察高、低知觉负载条件下的适应后效是否存在差异（即低负载条件下的适应后效显著大于高负载条件的适应后效）。实验 1 的结果表明，偏离注视在低负载条件下存在显著的适应后效，而在高负载条件下**仅存在微弱**的适应后效（详见对审稿专家二问题 1 的回复）。更加重要的是：不论是适应 L25 或 R25，低负载条件下注视适应后效显著大于高负载条件下的效应（ $p < 0.05$, Cohen's d 在 0.65~0.86 之间，属于中高等大小的 effect size），尤其表现在与适应方向相同的探测刺激上（见本研究的图 4）。

由于不论高负载条件下偏离注视能否得到加工而产生适应后效，只要高、低负载条件的

适应后效之间存在显著的差异，就能够回答实验 1 的研究问题：偏离注视受到注意资源的调节。因此，即便高负载条件下偏离注视（例如 L25）能产生一定的适应后效，也不会影响到实验 1 的结论：偏离注视的知觉编码受到注意资源的调节。

另外，在实验 2 的结果部分补充了关于实验 1 与实验 2 结果比较的内容，具体请见实验 2 结果部分的蓝色标记处。

再次感谢专家提出的宝贵意见。以上说明和修改若仍有问题，请专家进一步指正！

意见 3: 第三，实验设计和相应的统计分析是有问题的，这个实验根本不是完全的因素设计，但是作者错误地按完全的因素设计来描述和分析。

回应: 感谢专家提出的实验设计和统计分析的问题，这对我们进一步深入理解知觉适应范式及其数据分析方法有重要的帮助。我们查阅了“多因素实验设计”、“注视知觉适应”等相关书籍和文献，结合专家的意见对这一问题进行了细致地思考和分析。我们提出以下两点分析说明，还请专家批评指正！

（1）本研究的实验设计思路

本研究采用的重复测量实验设计（被试内设计），而非完全随机设计（Jenkins, et al., 2006; 舒华, 2005）。以实验 1 为例，实验 1 的目的是探讨“知觉负载对偏离注视知觉适应后效的影响”，那么需要操纵知觉负载水平，考察其对注视适应后效的影响，即比较高、低知觉负载条件下注视适应后效的差异。因此，实验 1 结合了知觉负载和注视适应两个实验范式，并采用了重复测量的实验设计，即每名被试都接受所有自变量水平的结合。

知觉适应指感觉系统对刺激长时间的适应后所导致的知觉扭曲（毕泰勇, 方方, 2012）。知觉适应会导致被试在知觉上产生偏差，即产生知觉适应后效。一般地，通过比较适应前后知觉判断的改变程度来衡量知觉适应后效（张馨, 蒋重清, 2015）。知觉适应范式的逻辑和程序如下：先测试被试对某个刺激属性（比如注视方向）知觉判断的行为基线（pre-adaptation acuity test, baseline），然后让被试适应一段时间（200ms~30s）的适应刺激（adaptation），再次测试被试对某个刺激属性的知觉判断情况（post-adaptation acuity test, 适应后辨别测试），最后用适应后的知觉辨别情况减去适应前的基线辨别情况，得出的知觉改变情况作为知觉适应后效应量（perceptual aftereffect）。我们的研究也遵从了这一实验流程。

目前，知觉适应范式发展得较为成熟，被国内外研究者广泛使用。例如，方方教授对“面孔视点知觉适应”（face viewpoint adaptation）的研究就是利用知觉适应范式来揭示面孔视点表征机制，这些研究被看作是教科书式的经典例子（Chen et al., 2010; Fang & He, 2005）。

我们的研究则参照了 Andy Calder 教授关于注视知觉适应的研究。注视适应效应（gaze adaptation effect）的现象、实验范式、数据分析、理论解释均是由剑桥大学心理学家 Andy Calder 提出的（Andy Calder 是 MRC 认知与脑科学所的认知神经科学家，是面孔识别、情绪识别等领域的专家）。我们曾跟 Calder 教授邮件交流过此研究，在实验设计和数据分析上均参照了他们的研究论文（Calder et al., 2008; Jenkins et al., 2006; Lawson et al., 2009; Pellicano, Rhodes, Calder, 2013）。同时，本研究操纵知觉负载的方式也采用了经典的实验范式，被研究者广泛使用过（Bishop et al., 2007; Jenkins et al., 2005; Neumann & Schweinberger, 2008）。另外，在我们使用知觉负载和注视适应相结合的范式之前，已经有国外研究者将两个实验范式结合到一起来探讨知觉负载对面孔信息加工的影响（Neumann & Schweinberger, 2008; Neumann et al., 2011）。

（2）本研究的数据分析思路

由于本研究采用了重复测量的实验设计，因此我们主要采用了重复测量方差分析和配对样本 t 检验的数据分析方法。

以实验 1 为例，实验 1 旨在考察低负载与高负载条件下的注视知觉适应效应是否存在差

异。要实现这一目的，最主要的分析是比较低负载和高负载条件的注视知觉适应量的大小。数据分析分为三个步骤。

第一，揭示三阶交互是否显著。从数据整体上分析 2（负载水平：低负载，高负载） \times 3（适应条件：适应前，适应 L25，适应 R25） \times 5（探测刺激：L10，L5，D0，R5，R10）的三阶交互作用是显著的。相当于先从整体上证明图 3a（低负载下的注视适应）和图 3b（高负载下的注视适应）的模式是不一样的。但具体不一样出现在适应条件、探测刺激的哪个水平，还需继续分解这个三阶交互。

对三阶交互的分析，采用的思路是：首先，分析图 3a 的模式是什么（比如模式 A），图 3b 的模式是什么（比如模式 B）；然后，比较图 3a 和图 3b 的模式是否一样（比较模式 A 与 B 是否一样）。图 3a 三条线是分离的，而图 3b 三条线几乎重叠到一起，二者模式不一样。

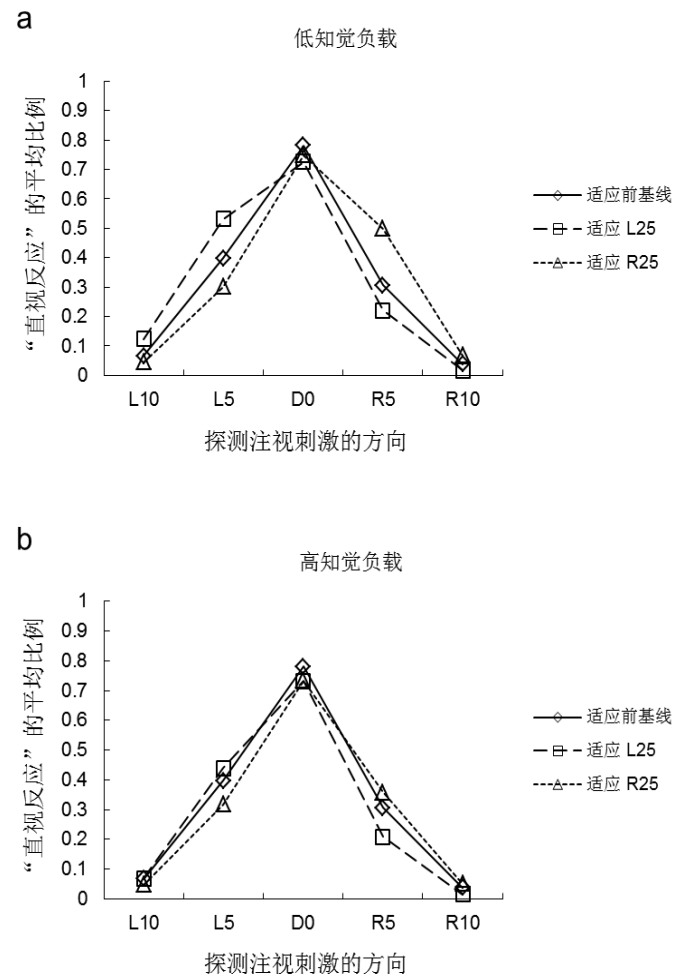


图 3 实验 1 不同知觉负载任务中对探测注视方向做“直视反应”的平均比例

第二，分解三阶交互。分别做了“低负载条件下的注视适应后效”（图 3a）和“高负载条件下的注视适应后效”（图 3b）的分析。

以“低负载条件下的注视适应后效”（图 3a）的分析为例。由于它涉及 3（适应条件：适应前，适应 L25，适应 R25） \times 5（探测刺激：L10，L5，D0，R5，R10）的二阶交互作用，为揭示这个二阶交互作用，我们将其分解为两组配对 t 检验：适应后（L25 和 R25）的情况分别与适应前基线水平进行比较，发现图 3a 中存在注视适应效应。采用同样方式对“高负载条件下的注视适应后效”（图 3b）进行了分析，发现图 3b 不存在（适应 R25）或存在微弱（适应 L25）注视适应效应。

第三，比较低负载和高负载条件的注视知觉适应量的大小。

我们将适应后的“直视反应”比例减去适应前的比例得到“适应效应量”(aftereffect)，对适应效应量进行 2 (负载水平: 低负载, 高负载) × 2 (适应条件: 适应 L25, 适应 R25) × 5 (探测刺激: L10, L5, D0, R5, R10) 的三阶交互分析。然后, 把这一个三阶交互分解为两个二阶交互作用: 适应 L25 后的 2 (负载水平: 低负载, 高负载) × 5 (探测刺激: L10, L5, D0, R5, R10)、适应 R25 后的 2 (负载水平: 低负载, 高负载) × 5 (探测刺激: L10, L5, D0, R5, R10)。最后, 采用配对 *t* 检验分析高、低负载条件下注视适应量的差异发生在哪个探测刺激水平。

通过以上三步, 就能搞清楚高、低负载条件下的注视适应量之间存在的差异发生哪里, 从而实现“考察低负载与高负载条件下的注视知觉适应效应是否存在差异”的目的。

在数据分析上, 我们参照了以往注视知觉适应领域的经典研究论文 (Calder et al., 2008; Jenkins et al., 2006; Kloth, Rhodes, & Schweinberger, 2015; Lawson et al., 2009)。这里我们引用了 Calder 教授发表在 *Psychological Science* 上的一篇文章中的数据分析:

“Following adaptation, participants showed a marked tendency to judge probe stimuli facing in the adapted direction as facing directly toward them (Fig. 2b). **A repeated measures ANOVA with factors of condition (baseline, adapt-left, or adapt-right) and body orientation** showed a significant effect of body orientation, $F(4, 44) = 169.94$, $p < .001$, $p_{rep} = .99$, $\eta_p^2 = .94$, and a significant effect of condition, $F(2, 22) = 3.72$, $p < .05$, $p_{rep} = .93$, $\eta_p^2 = .25$. Crucially, these main effects were qualified by a significant Condition × Body Orientation interaction, $F(8, 88) = 30.05$, $p < .001$, $p_{rep} = .99$, $\eta_p^2 = .73$, reflecting significantly different response patterns for the baseline, adapt-left, and adapt-right conditions. **We explored these differences with paired *t* tests comparing baseline performance with performance in each of the adaptation conditions.**” (引自 “Lawson, Clifford, & Calder, 2009” Page 365.)

综上, 在反复斟酌专家的意见、并重新查阅注视知觉领域文献的基础上, 我们认为本研究的实验设计与数据分析没有大的问题, 因此仍然采用目前的实验设计与数据分析思路。

最后, 再次感谢专家耐心看完我们繁复的解释和回复, 若仍有不妥, 请进一步指出!

意见 4: 第四, 实验二中只需要适应 D0 的话, 这个实验就不适合和实验一比较。因为所有的 trial 都是对同一方向适应的话, 就是长时间的适应, 甚至有可能影响被试的反应策略。所以导致负荷根本不会影响适应效应。

回应: 感谢专家提出实验设计中实验间相互比较时的关键性问题。如果实验 1 与实验 2 在实验范式和流程上不对等的话, 就不能直接比较两个实验的结果, 从而去推论实验 1 与实验 2 之间结果存在差异的原因。为此, 我们仔细分析了注视适应范式的相关文献, 对这一问题做以下分析, 有不合理之处, 请专家进一步指正。

(1) 直视与偏离注视适应效应分两个实验做的原因

比起偏离注视适应后效, 直视适应后效的效应量相对较小 (Calder et al., 2008), 并且直视适应与偏离注视适应的效应存在相互的影响, 以致在一些实验中不容易表现出来 (Kloth & Schweinberger, 2010; Stein et al., 2012)。因此, 实验 1 (偏离注意适应) 与实验 2 (直视适应) 不适合放在同一个实验内, 我们将它们分成两个实验进行。

(2) 实验 1 与实验 2 之间能否相互比较?

实验 1 中的偏离注视适应包含两种情况 (适应 L25, 适应 R25), 而实验 2 中的直视适应只包含一种情况 (适应 D0)。按照专家的观点, 这两个实验不适合直接比较, 因为实验 2 中所有的实验 trial 都是对同一方向 (D0) 的适应, 这是长时程的适应。而实验 1 中包含两种实验 trial, 一种是适应 L25, 另一种是适应 R25, 而这是短时程适应。

实验 1 与实验 2 能相互比较吗？在专家意见的指导下，我们仔细地分析了本研究的实验设计和流程。由于偏离注视包含向左和向右两种方向，因此实验 1 包含两种适应刺激（适应 L25，适应 R25），而实验 2 只包含一种适应刺激（适应 D0）。

在实验 1 中，两种偏离注视适应是分开进行的、分做两部分实施（block 间设计）：适应 L25 在同一区组内（150 个 trial）进行，适应 R25 在另一区组内（150 个 trial）进行。由于适应 L25 与适应 R25 是分开进行的，那么单独看适应 L25 这一实验条件时，所有的实验 trial 都是对同一方向（L25）的适应；同样，单独看适应 R25，所有的 trial 也是对同一方向（R25）的适应。这跟实验 2 中所有 trial 都是对同一方向（D0）的适应是一回事。换句话说，这三种实验条件（适应 L25，适应 R25，适应 D0）的每个 trial 都是对同一方向的适应，实验流程上没有区别。因此，**实验 1 和实验 2 的实验流程一样，差别仅仅是适应刺激的不同，两个实验是可以比较的。**实际上，在数据分析时，我们分别比较了适应 L25 与适应 D0、适应 R25 与适应 D0 之间实验效应的差异（见审稿专家二问题 1 回复中的图 2）。

（3）只适应直视 D0（实验 2）是不是长时间适应？

专家提出，实验 2 中所有的实验 trial 都是对同一方向（D0）的适应，就是长时程的适应。这涉及到长时程适应与短时程适应的实验范式及其差异。一般地，长时程适应范式中适应刺激的呈现时间比较长（如 1s~30s），而短时程适应范式中的适应刺激呈现时间则比较短（如 200ms~500ms）。但是，短时程与长时程适应范式的实验流程基本一致：先呈现适应刺激，再呈现探测刺激，考察适应刺激对探测刺激的知觉辨别的影响，从而检验适应刺激的加工机制（图 4）。在长时程适应与短时程适应范式中，适应刺激都是呈现同样的刺激，只不过适应刺激呈现时长不同。因此，**并不是实验中只有一种适应刺激就是长时程适应，区分长时程适应与短时程适应的标准是适应刺激呈现时间的长短。**

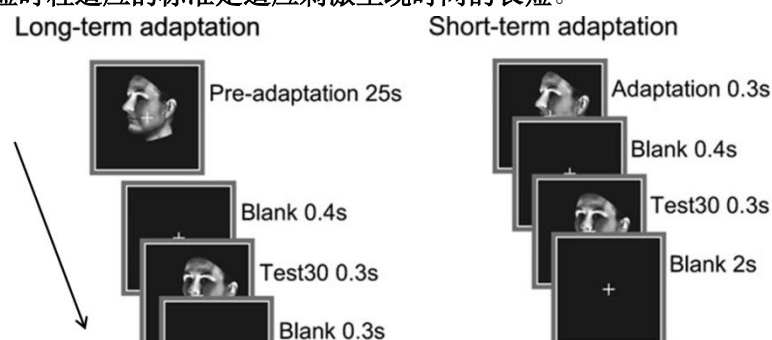


图 4 长时程和短时程适应范式的试验流程（引自 Fang, Murray, & He, 2007）

另外，正如前文分析，实验 1 中的适应 L25 与适应 R25 是分开进行的，被试在适应 L25 时，所有的 trial 里都只有同一个适应刺激（L25），这跟实验 2 中的实验流程是一样的。因此，只适应直视 D0 的实验 2 跟实验 1 都是短时程适应范式。

事实上，注视知觉适应范式已是比较成熟的实验范式，国内外心理学家对注视知觉适应范式做了详细的研究和论述（Calder et al., 2008; 毕泰勇, 方方, 2012）。我们的研究参照了国外研究者的实验范式。

综上所述，**本研究中实验 1 与实验 2 是能够进行比较的，两个实验采用的都是短时程适应范式。**然而，这种细致地比较实验条件（尤其是实验条件和基线之间）、实验设计等之间的差异是非常必要的，在研究过程中需要时刻注意。为此，我们再次感谢专家提出的宝贵意见，专家敏锐的学术洞察力和严谨的学术态度值得我们学习！

意见 5：第五，和 Xu 等人发现不同，作者的解释非常薄弱。最好能用试验加以验证你的假设。建议修改设计重新实验，搞清楚究竟怎样才能区分不同的加工阶段，现在的设计是无法回答的。建议最好能够用比较实验解释清楚和 Xu 等人发现不同的原因并加以验证。

回应：非常感谢专家提出的宝贵意见和建议。在心理学研究中，心理学的结论往往是建立在众多聚合性证据之上的。当一系列实验支持某个假定的理论，又能排除那些主要的竞争性理论时，研究就具有高度的聚合性，这一系列实验就能产生一个极具说服力的结论。然而，心理学的研究又总是充满着争论，存在着相互矛盾的实验证据，一些证据支持某一观点，另一些证据又反对这一观点。随着研究证据的积累，不同证据会逐渐融合到一起强有力地支持某一方的观点（斯坦诺维奇, 2008）。因此，研究者需要仔细比较不同实验证据和结论之间的异同，从而在不同的实验证据和观点之间做出判断。

我们重新对 Xu 等（2011）与本研究之间的异同进行了细致的分析和思考，以便阐释清楚本研究的观点。

（1）Xu 等（2011）跟我们的研究结论不一样

我们研究的实验 1 发现，低负载条件下存在显著的注视适应效应，高负载条件下仅存在微弱注视适应效应，前者的适应效应显著大于后者，得出结论：偏离注视方向的抽取（注视知觉适应效应）受注意资源（知觉负载）的调节。而 Xu 等（2011）发现在高知觉负载条件下存在显著的注视线索效应（gaze cueing effect, GCE），并且与低负载条件下的效应不存在显著差异，得出结论：注视线索效应不受知觉负载的影响。这两个研究都探讨注意资源紧张的情况下，偏离注视线索能否被加工，但两个研究的结论看起来相反。究其原因，可能是它们的实验范式不同所导致的。

（2）Xu 等（2011）跟我们研究的实验范式不一样

第一，两个研究在操纵知觉负载的范式上不同。

Xu 等（2011）的研究采用的是快速序列视觉呈现范式（Rapid Serial Visual Presentation, RSVP），并结合了注视线索效应范式，是单任务范式，通过 RSVP 操纵实验任务的难度，使得被试没有足够多的注意资源去加工注视线索（偏离注视），考察在注意资源紧张的情况下，偏离注视能否被加工，从而产生注视线索效应（图 5a）。

我们的研究结合了知觉负载任务和注视知觉适应范式，是双任务范式，通过让被试完成不同难度的知觉负载任务（主任务），使其注意资源被消耗，从而考察在注意资源紧张条件下，偏离注视能否产生注视适应后效（次任务）（图 5b）。

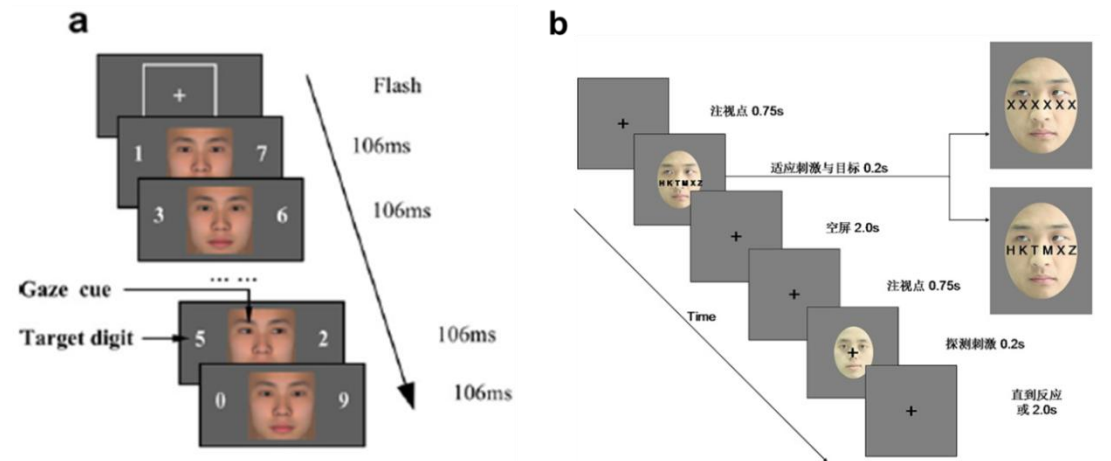


图 5 Xu 等（2011）（图 a, Xu, Zhang, & Geng, 2011）和我们的实验范式（图 b）

第二，两个研究在操纵知觉负载时采用的刺激呈现方式不同。

Xu 等（2011）的研究中，目标数字（例如，目标是“5”，其它数字是分心物）是呈现在注视线索左右两侧的 RSVP 中（图 5），由于被试需要不断监控快速出现（每个数字呈现 106ms）的数字流中是否存在目标、目标出现在左侧还是右侧，这一过程很耗费注意资源。

这种两侧呈现知觉负载任务刺激的方式，存在一点问题。被试的任务是监控目标出现在

左侧还是右侧,那么其注意资源和注意焦点都分配在注视线索的两侧,此时视野中央的注视线索就没有处在空间注意的中心,也没有分配太多的注意资源。因此,无法判断到底是空间注意(注意的空间位置分配)还是注意资源(注意的资源分配)影响了注视线索效应(Ricciardelli & Turatto, 2011)。另外, RSVP 呈现的方式来自于注意瞬脱范式(attentional blink),用于研究注意的时间特性,涉及注意在时间维度上的分配(Shapiro, Arnell, & Raymond, 1997)。因此, Xu 等(2011)的范式存在一些不足,即不清楚操纵的到底是空间维度的注意资源,还是时间维度的注意资源,也混淆了空间注意与注意资源这两个不同的概念。当然, Xu 等(2011)采用 RSVP 范式操纵知觉负载的方式是一个挺创新的想法。

然而,我们的研究中,注视适应刺激和知觉负载任务的刺激呈现在同一个空间位置,被试的任务是对知觉负载任务反应,而忽视注视线索。注视线索和知觉负载任务呈现在空间同一位置,被试的空间注意焦点始终在视野中央,在加工注视线索和知觉负载任务上的差别仅在于注意资源的分配。因此,我们的结果解释比较简单,不存在空间注意、时间注意等可能的混淆。而且,我们操纵知觉负载的方式是很成熟的实验范式,被研究者广泛使用过(Bishop et al., 2007; Jenkins et al., 2005; Neumann & Schweinberger, 2008; Neumann et al., 2011)。

第三,两个研究在测量注视线索加工的任务上不同。

Xu 等(2011)采用注视线索范式,该范式探讨偏离注视线索能否引发注意转移,从而证明其得到知觉加工。我们的研究采用的是注视知觉适应范式,这个范式考察适应注视线索是否影响探测注视线索的方向辨别,从而证明适应注视线索的方向得到了抽取。

Xu 等(2011)的注视线索范式探讨的是注视追随(gaze following)的注意转移过程,我们的注视适应范式探讨的是注视知觉(gaze perception)过程。前者采用的任务是判断目标出现的位置(a localization task),后者采用的是注视方向的辨别任务,两个任务涉及的心理过程不同,这是两个范式最大的区别。虽然注视线索效应和注视适应效应都能说明偏离注视线索得到了加工,但这两个效应所反映的注视线索加工的心理过程不同。

当人们看到偏离注视线索时,大脑里会经历两个心理过程:第一,自动追随其目光方向,启动注意转移,即注视追随,产生注视线索效应;第二,形成一个具体的知觉表征,如“向左看的注视线索”,即注视知觉,采用注视适应效应可以探讨注视知觉的表征方式。由于被试对注视线索的意识知觉与注视追随几乎同时发生,使得二者看似涉及同样的心理过程。然而,注视知觉和注视追随存在分离或并行的机制(Doherty, 2006; Shepherd, 2010)。

那么,注视追随与注视知觉存在哪些不同呢?

首先,注视知觉和注视追随在心理表征上存在差异。注视知觉的结果是形成具体的注视方向知觉表征,如“向左看的注视线索”,而注视追随形成的表征是抽象的空间编码,如“左边”,二者不一样。注视知觉适应研究表明,注视方向适应与抽象的空间编码之间不存在相互影响,如对箭头线索的知觉不产生注视适应效应(Jenkins et al., 2006; Seyama & Nagayama, 2006)。而在注视追随中,注视线索引起的空间编码是抽象的空间方位表征(Tipple, 2008; Zorzi et al., 2003),可与箭头线索引起的空间表征产生加工冲突(Nummenmaa & Hietanen, 2009)。因此,注视知觉和注视追随所产生的心理表征不同。既然二者形成了不同的心理表征,那么其加工机制也不同。

其次,注视知觉和注视追随的神经基础不同。脑成像的研究表明,注视知觉适应发生在颞上沟前部,即颞上沟前部专门涉及不同注视方向(向左与向右)的编码(Calder et al., 2007; Schweinberger et al., 2007)。然而,注视追随的研究显示,颞上沟后部涉及注视方向的抽取(例如,区分直视与偏离注视)以及利用注视方向确立联合注意,而顶内沟涉及编码空间方向(任何注意线索)并调节空间注意转移(Hoffman & Haxby, 2000; Materna et al., 2008)。颞上沟前部、颞上沟后部以及顶内沟在功能上存在差异,注视知觉与注视追随所依赖的注视方向表征可能不同(Nummenmaa & Calder, 2009; Shepherd, 2010)。

再次，**注视知觉和注视追随的发展过程不同**。Doherty（2006）认为，注视知觉与注视追随在发展进程上存在分离的过程，存在两个加工注视线索的认知系统：一个是基于巩膜和虹膜明度对比信息加工的注视追随系统，其信息加工迅速，该系统在婴儿早期（3 个月大）就已表现出来，可能是先天具有的；另一个是基于巩膜和虹膜几何形状的注视知觉系统，其信息加工复杂、精细，在婴儿 3 岁时才逐渐发展起来，直至 6 岁才接近成人水平，是通过后天学习获得的。这个观点得到了发展心理学证据的支持（Doherty, Anderson, & Howieson, 2009; Doherty, McIntyre, & Langton, 2015）。Doherty 等（2015）发现，未满 3 岁的儿童不能依据巩膜和虹膜的几何形状信息准确地辨别他人注视的方向，但能依据巩膜和虹膜的明度对比信息自动追随他人的目光，即精确的注视知觉对于注视追随可能并不是必要的。这说明，注视追随与注视知觉涉及分离的机制，表现出不同的发展轨迹（Senju & Johnson, 2009; Shepherd, 2010）。

最后，**注视知觉与注视追随存在加工分离**。偏离注视在无意识条件下不能产生注视适应效应，而意识条件下存在较强的适应效应，即偏离注视的知觉适应效应对意识的依赖程度较高（Stein et al., 2012）。然而，对注视追随的研究发现，阈下注视线索能引发显著的视视线索效应（Sato et al., 2007; Sato et al., 2010; Xu et al., 2011; 但见 Al-Janabi & Finkbeiner, 2013）。可见，注视知觉和注视追随在无意识条件下出现了加工分离。这些证据说明，注视追随的加工更加自动化，能在注意资源紧张、无意识状态等条件下表现出来，神经基础涉及背侧通路的顶内沟。然而，偏离注视知觉却很难在这些条件下表现出来，它是高级的知觉表征过程，需要意识的参与，涉及腹侧通路的颞上沟前部的加工。

基于上述分析，Xu 等（2011）的研究采用视视线索范式，发现视视线索效应不受知觉负载影响，而我们的研究采用注视适应范式，发现注视适应后效受到知觉负载影响。**由于视视线索效应与注视适应后效涉及的心理过程不同，因而这两个研究的结果并不一定冲突，它反映了注视追随与注视知觉在注意资源紧张条件下的加工分离**。因此，Xu 等（2011）的研究结果并不影响我们的结果和结论。

正如专家提出的建议：最好能够用比较实验解释清楚和 Xu 等人发现不同的原因并加以验证。这是一个非常好的研究问题，即从知觉负载的角度去探讨注视知觉与注视追随的异同。然而，本研究的目的在于：探讨直视与偏离注视受注意资源的调节情况，以及这种调节作用是否一样。**我们在研究中并不探讨注视知觉与注视追随之间的异同，这是一个新的、很有难度的问题，需要后续的研究去检验**。目前，国内外心理学家还很少在同一个实验范式下去比较注视知觉与注视追随的异同，因为二者涉及不同的心理过程、实验范式和实验指标，如果放到同一个实验框架下（并结合知觉负载的操作），实验设计会过于复杂。如果仍然放到各自的实验范式下去研究，又很难直接比较研究结果，因为注视知觉与注视追随的实验范式差异较大。因此，**在反复斟酌专家的意见、并仔细分析 Xu 等（2011）研究的基础上，我们没有去设计新的实验来比较 Xu 等（2011）和我们研究的异同，还请专家谅解！**

同时，正如我们在审稿专家三的问题 1 中的回复，**本研究确实只能证明直视与偏离注视的加工机制不同（注意资源的调节不同），无法区分直视与偏离注视的加工过程有何不同**。然而，本研究的、思路比较简单，实验范式比较成熟，研究结果也比较清晰，存在的问题主要在于结果的推论上，比如我们忽略、甚至混淆了加工机制与加工过程的异同。**而直视与偏离注视的加工过程到底有何不同，这是一个新的研究问题**。专家提出的这一问题非常重要、值得探讨。对这一问题的解决，不仅能够澄清以往研究的争论，甚至可能改变人们对于注视知觉的看法（假如发现直视与偏离注视的加工过程不同的话）。

总之，专家提出的意见引出了一个新的问题，这将促使该领域的研究者重新思考直视与偏离注视的知觉加工过程。由于这涉及新的研究问题，我们在本研究中没有去设计新的实验来检验这一问题，但我们遵从专家的意见和建议对本研究结果的讨论和推论做了一定的修改，

具体请见总讨论部分的蓝色标记处。如专家有进一步的疑问和建议，请批评指正！

最后，再次感谢审稿专家提出如此深刻的问题和建议，这不仅帮助我们在推理和得出结论时更加小心谨慎，也为我们指明了更有价值的、新的研究问题和方向。

第二轮

审稿人 3 意见：

作者对我之前的问题回答了很多内容，但是有很多回答答非所问，并不能很好解答我的提问。

意见 1：作者提出：“偏离注视知觉受到注意资源紧张程度（知觉负载水平）的调节，而直视知觉不受注意资源的调节，偏离注视与直视存在不同的加工机制。”但是受注意资源的调节不同并不是说明两者加工机制上分离的充分证据。二者受注意资源的调节不同并不直接说明加工机制的分离。一般双分离才被认为是说明加工机制分离的较强证据。另外，加工机制是什么意思，和加工过程有什么区别，从文中描述来看区分不清，应该解释清楚。

回应：非常感谢专家提出的宝贵意见和建议，这对我们厘清研究逻辑有重要的帮助！

专家提出：“偏离注视与直视受注意资源的调节不同并不是说明两者加工机制上分离的充分证据。二者受注意资源的调节不同并不直接说明加工机制的分离。一般双分离才被认为是说明加工机制分离的较强证据”。专家的意见是正确的。从逻辑上讲，双分离在说明两个心理过程在加工机制上存在分离或相互独立最有说服力（葛詹尼加等，2011）。我们对这一问题进行了细致地思考和分析，还请专家批评指正！

（1）实验性分离、双重分离等概念的理解

人们把在同一自变量影响下两种测验产生相反或不同结果的情形称为实验性分离（experimental dissociation），也叫单分离（single dissociation）。符合实验性分离的逻辑为：操纵单一的变量而比较在两种不同的测验任务中变量的效应，如果变量影响被试在一种测验任务中的结果，但不影响另一种测验任务的结果，或者变量对两种测验任务的结果的影响有不同的方向，实验性分离就产生了。而双重分离（double dissociation）是指在两个变量的影响下比较两种不同测验任务中两种相反的效应（朱滢，2006）。

从逻辑上讲，双重分离比单分离能够更强地说明两种加工机制的分离。单分离只能证明两个心理过程在加工机制上存在不同（two separate processes, they cannot be independent），即单分离能将两种加工机制区分开来（e.g. 两者之间存在不同的加工特点），但它们不一定是相互独立的（完全分离的）。双重分离则能证明两个心理过程的加工机制是相互分离、相互独立的（two independent functions）。

本研究操纵注意资源这一自变量，考察其对直视与偏离注视的知觉编码是否存在不同的影响，结果发现：注意资源影响偏离注视的知觉编码，但不影响直视的知觉编码。本研究的结果符合实验性分离（单分离）的逻辑，可以根据直视与偏离注视知觉受注意资源的调节不同来推测二者存在不同的加工机制。但正如专家所说：双分离才是说明加工机制分离更强的证据，因此本研究的结果无法强有力地证明直视与偏离注视的加工机制是相互分离、相互独立的。

（2）修改之处

在专家意见的指导下，我们对本文做了如下修改：

其一，将文中的“加工分离”改为“加工机制存在不同”这样的表述，避免让读者以为我们做出了双重分离的结果。

其二，对摘要与结论部分的结论语句做了修改，比如将“偏离注视知觉受到注意资源紧

张程度（知觉负载水平）的调节，而直视知觉不受注意资源的调节，偏离注视与直视存在不同的加工机制”修改为“偏离注视知觉受到注意资源紧张程度的调节，而直视知觉不受注意资源的调节，**注意资源对直视与偏离注视的调节作用存在差异，推测二者可能存在不同的加工机制**”。这一修改符合以往关于直视与偏离注视加工机制存在不同的理论假设和实验证据（Senju & Johnson, 2009）。具体的修改之处请见文中蓝色标记处。

（3）加工机制、加工过程等概念的区分与修改之处

最后，我们对“加工机制”、“加工过程”等概念做一点解释和说明。

在本研究中，注视知觉的加工机制主要是指注视线索的知觉编码机制，及其受到注意资源的调节机制。具体地说，本研究发现直视与偏离注视的知觉编码过程受到注意资源的调节不同。也就是说，在直视与偏离注视的知觉编码过程中，二者所需要的注意资源不同，偏离注视需要更多的注意资源去推动它形成具体的注视方向表征（e.g. “向左看的注视线索”），这种注意资源对知觉编码的作用就是注视知觉编码背后的原因与机制之一。

注视知觉的认知加工过程则是指它包含两个加工阶段：第一，识别眼睛虹膜与巩膜之间的明度对比和几何形状等特征信息（Frischen et al., 2007）；第二，整合以上特征信息，并抽取和编码注视方向（Materna, Dicke, & Thier, 2008; Shepherd, 2010; Teufel et al., 2010）。

由于“注视知觉的加工阶段”的界定比较清晰，我们将本文中的“加工过程”修改为“加工阶段”，以便跟“加工机制”等概念相区分；将一些“加工机制”改为“知觉编码机制”等更加具体的表述。

综上，专家提出了一个非常好的问题，通过单分离与双重分离、加工机制与加工过程等概念的辨析，帮助我们认清楚了本研究的逻辑框架。我们认真思考了专家的意见并做了相应的修改，请专家进一步指正，谢谢！

意见 2：作者提到特征分析阶段不需要注意的参与（Treisman & Gelade, 1980），但是这个前提已经不成立了，现在越来越多的证据表明特征分析阶段也有注意的参与，只不过是影响程度的差异。

回应：非常感谢专家提出的宝贵意见和建议，专家提出的观点是有道理的。

由于“特征检测阶段不需要集中注意的参与（Treisman & Gelade, 1980）”这一论据不成立了，因此我们将这句话删去。另外，我们补充了一些论据来支持我们的推论（注意资源调节注视知觉的方向抽取阶段）。具体内容如下：

本研究发现注意资源对直视与偏离注视适应后效（反映注视方向的编码或抽取阶段）的调节作用存在不同。研究表明，注视适应后效是一种高级的知觉适应过程，它是对注视线索的方向进行的选择性适应，不是对其特征信息（明度对比、几何形状）的适应，也就是说特征信息的适应不足以产生注视适应后效（Calder et al., 2008; Jenkins, Beaver, & Calder, 2006; Stein, Peelen, & Sterzer, 2012），因而注视适应后效反映了注视线索特异性的知觉编码过程（毕泰勇，方方，2012; Bayliss, Bartlett, Naughtin, & Kritikos, 2011; Duchaine, Jenkins, Germine, & Calder, 2009）。可以推测，注意资源对注视知觉的调节作用发生在注视方向的抽取阶段。

基于上述分析，我们在总讨论的第 5 自然段补充了一些论据来支持我们的推论，具体请见蓝色标记处。再次感谢专家提出的宝贵意见，如仍有问题，还请专家进一步指正！

意见 3：作者没有正确理解我的问题。采用 2（负载水平：低负载，高负载）×3（适应条件：适应前，适应 L25，适应 R25）×5（探测刺激：L10，L5，D0，R5，R10）的重复测量方差分析。但是适应前条件也有高，低负载吗？从你的方法部分描述看没有这个设置。所以实验设计和数据分析看来都是有问题的。

回应：感谢专家再次提出的实验设计和统计分析的意见。在一审意见回复中，我们确实没有

正确地理解专家所说的“完全的因素设计”，经专家解释之后，我们弄清楚了专家的意见以及问题所在，感谢专家给我们机会继续修改本文。我们提出以下两点分析说明，请专家进一步批评指正！

专家提出：实验 1 采用了 2（负载水平：低负载，高负载） \times 3（适应条件：适应前，适应 L25，适应 R25） \times 5（探测刺激：L10，L5，D0，R5，R10）的重复测量方差分析，但从实验流程看，适应前条件（基线）中并没有设置高、低知觉负载任务，即适应前条件没有跟知觉负载的两个水平结合到一起，因而在统计分析中就不能采用 2（负载水平） \times 3（适应条件） \times 5（探测刺激）的重复测量方差分析，因为重复测量方差分析要求各个自变量的所有水平要相互结合到一起（即“完全的因素设计”）。专家的观点“多因素实验设计要求各个自变量的所有水平相互结合，才能用重复测量方差分析”是正确的。

然而，问题在于：无适应的基线条件是否跟高、低负载水平结合到一起了？我们认为，高、低知觉负载下的适应条件包含了无适应基线条件，两个自变量（负载水平与适应条件）的各个水平是完全结合到一起的，能够采用 2（负载水平） \times 3（适应条件） \times 5（探测刺激）的重复测量方差分析。理由如下文所述。

（1）本研究的目的、实验逻辑、变量关系

本研究是为了探讨注意资源对注视线索知觉的影响，这决定了实验设计的逻辑为：操纵注意资源这一自变量，考察其对注视知觉编码的影响。具体地，本研究结合了知觉负载任务和注视适应范式，选用知觉负载任务这一经典的范式来操纵自变量“注意资源”的水平，并选用能反映注视知觉特异性编码过程的“注视适应后效”作为因变量指标。

其中，“注视适应后效”是通过比较注视适应前后知觉判断的改变来操作化定义的，它需要用个注视适应范式来测量。以实验 1 为例，注视适应范式包含两个自变量：适应条件（适应前基线、适应后条件）、探测刺激角度（L10，L5，D0，R5，R10），构成一个 3（适应条件：适应前，适应 L25，适应 R25） \times 5（探测刺激：L10，L5，D0，R5，R10）的两因素实验设计（Jenkins et al., 2006）。适应后条件减去适应前基线条件就得出注视适应后效应。

（2）无适应的基线条件是否跟高、低知觉负载水平结合到一起？

那么，自变量（知觉负载）与因变量（注视适应后效）之间是怎么结合的呢？它们是所有的水平都相互结合吗？

从形式上看，知觉负载水平似乎无法与适应前条件相结合。在实验 1 中，适应前条件的单次 trial 流程中不包含适应刺激，而负载水平的操纵又是针对适应刺激的，因而适应前条件不包含负载水平的设置。

但是，从逻辑上看，知觉负载水平与适应前基线是相互结合的。由于“注视适应后效”的操作定义是指适应后水平减去适应前基线水平，那么完整的注视适应范式的适应条件这一自变量应该包含两个水平（适应前基线、适应后条件）。既然本研究探讨的是知觉负载对注视适应后效的影响，那么知觉负载的水平应该跟注视适应范式（包括适应前基线、适应后条件两个水平）这一整体相结合，而不仅仅是跟注视适应范式中的适应后条件相结合。如果知觉负载水平仅仅与适应后条件结合，就无法计算出注视适应后效。

但是，为什么适应前条件的实验流程中没有设置高低负载水平呢？这是由知觉适应范式的特点决定的。知觉适应范式是通过考察适应刺激对探测刺激的影响来间接地反映适应刺激的加工情况。那么，要考察知觉负载水平对适应后效的影响，在操纵自变量（知觉负载）时，需要在适应刺激上做改变（e.g. 变换适应面孔的角度、性别、知觉负载水平等）。由于适应范式的这种特点，使得知觉负载的两个水平无法与适应前条件在形式上相结合，因为适应前条件中不包含适应刺激（被称为“无适应基线条件”）。

然而，无适应的基线条件也是一种适应条件，只不过适应水平为零。虽然因素实验设计要求每一个因素的各个水平都交叉结合起来，但它并没有规定某一个因素的处理水平中不

能包含“没有任何处理”（控制条件或基线水平）（舒华，2015）。相反地，实验研究在确立因果关系的推理过程中，实验设计需要包含两个相互对照的条件：实验条件（接受自变量的处理）与控制条件（基线：不接受自变量的处理）（朱滢，2006）。只不过，有时候控制条件是隐含的，它也是接受自变量某一水平的处理，此时各个实验条件之间互为控制条件，相互提供一个可以比较的基线（坎特威茨等，2010）。无论是实验条件与基线比较，还是各个实验条件之间进行比较，这种实验条件与控制条件的比较是实验设计确立因果关系的基础。

因此，不论从本研究实验范式的特点，还是从实验设计的逻辑上讲，本研究中的无适应条件（基线）都是自变量（适应条件）的一个水平，它可以与另一个自变量（知觉负载）的两个水平相互结合。当知觉负载水平和无适应条件（基线）结合到一起时，也就满足了专家提出的“完全的因素设计”才能用重复测量方差分析的要求。

（3）举一个例子（奖励实验）来帮助说明

我们举一个例子来帮助解释这个问题。这是《实验心理学》教材上的一个例子，关于奖励如何影响老鼠行为的研究（坎特威茨等，2010）。

研究包含两个自变量：给予老鼠奖励的种类（2个水平：食物和水），以及给予老鼠奖励的量（2个水平：1粒和4粒食丸，或者1毫升和4毫升水）。两个自变量因素各自包括2个处理水平，所有水平之间交叉结合，就形成一个2（奖励种类：食物，水） \times 2（奖励量：1，4）的两因素实验设计（被试内、被试间或混合设计均可）。此时，实验中的控制条件是隐含的，奖励量的两个水平（如1粒或4粒食丸）互为控制条件，两者可以相互比较。

然而，许多实验会设置一个控制组（被试间设计）或控制条件（被试内设计）。控制条件不接受任何自变量水平的处理。控制条件的设置为所要研究的自变量提供了一个可以比较的基线。有时候最好的基线水平是没有任何处理（e.g. 不接受任何药物注射），有时候最好的基线水平要求某一不包含自变量水平的活动（e.g. 接受安慰剂注射）。

以奖励实验为例，控制组或控制条件中老鼠不接受任何奖励。“不接受任何奖励”也可视为“一种奖励水平”，即奖励量为0，它成为自变量（奖励量）各个水平的基线水平。此时，自变量奖励量包含了3个水平（e.g. 0粒，1粒，4粒）。两个自变量的各个水平相互结合，就形成一个2（奖励种类：食物，水） \times 3（奖励量：0，1，4）的两因素实验设计。从形式上，奖励种类似乎无法与无奖励水平（奖励量为0）相结合，但从逻辑上是没有问题的，因为无奖励也可以视作一种奖励，只不过奖励量的水平为0而已。我们研究中的无适应（不包括适应刺激）作为基线（控制条件）的情形跟这个例子是类似的。

（4）修改办法

基于上述分析，我们认为本研究的实验设计符合多因素重复测量实验设计，其统计分析方法也应采用重复测量方差分析。相应的修改办法如下所述。

第一种方案：不做修改，仍然采用目前的实验设计与数据分析思路。

本研究的实验设计参考了国外的相关研究，比如知觉负载任务与知觉适应范式相结合的研究（Neumann & Schweinberger, 2008; Neumann et al., 2011）。同时，本研究的实验设计跟Andy Calder教授的一篇探讨注视知觉编码方式的实验研究很相似，该研究探讨了适应刺激角度（适应刺激：25°和10°两个水平）对注视适应后效的影响（Calder et al., 2008）。从实验流程上看，两个实验主要的区别在于适应刺激的不同，Calder等（2008）研究采用的适应刺激包含两个水平（不同角度的适应刺激：25°和10°），而我们研究的适应刺激也包含两个水平（高、低负载任务下的适应刺激）。两者采用的实验设计方案是一样的，都属于多因素重复测量实验设计，因此我们的研究也可采用Calder等（2008）研究中相似的重复测量方差分析。

第二种方案：采用“注视适应后效”作为因变量指标来分析。在最新的研究中，研究者先将“注视适应后效”这一因变量指标计算出来（即用适应后的知觉水平减去适应前基线

水平），然后直接用“注视适应后效”这个指标做重复测量的方差分析（Kloth & Rhodes, in press; Kloth, Rhodes, & Schweinberger, 2015）。这样就将 2（负载水平：低负载，高负载）×3（适应条件：适应前，适应 L25，适应 R25）×5（探测刺激：L10，L5，D0，R5，R10）转变为 2（负载水平：低负载，高负载）×2（适应条件：适应 L25，适应 R25）×5（探测刺激：L10，L5，D0，R5，R10）的方差分析（以本研究实验 1 为例）。而我们的结果分析也采用了这一方法（见“2.2.3 低负载和高负载条件下注视适应后效的比较”部分）。由于我们的分析方法已经涵盖了第二种方案，因此我们倾向于采用第一种方案（不做修改）。

综上，本研究的实验设计参考了比较成熟的实验范式，统计分析也参考了同类研究中权威期刊（e.g. *Psychological Science*, *JEP:G*）上的文章，因此实验设计与统计分析没有问题。

但是，我们也做了一些修改，比如将“2.1.3 实验设计和程序”中的“三个条件”改为了同类研究所采用的“三个部分”等表述方式（Jenkins et al., 2006），避免读者误以为实验 1 只有三个实验条件。另外，我们在结果分析的“2.2.3 低负载和高负载条件下注视适应后效的比较”部分引用了最新的研究（“Kloth & Rhodes, in press”）。

最后，再次感谢专家提出的宝贵意见，给我们机会深入地思考实验设计与数据分析，如仍有问题，还请专家进一步指正，谢谢！

意见 4：我最初是比较欣赏这个研究的，但是作者这次的修改反而让我觉得本文的意义和重要性在下降。比如作者说：“以往研究表明，大脑里确实存在一个专门区分直视与偏离注视的心理过程（Itier & Batty, 2009; Nummenmaa & Calder, 2009），这一心理过程（区分直视与偏离注视）在神经基础和时间进程上早于偏离注视方向（向左或向右）的编码（Bayliss et al., 2011; Calder et al., 2007; Conty, N'Diaye, Tijus, & George, 2007; Schweinberger et al., 2007）。”我还没机会看这些文献，但是假设作者所说是事实的话，以前的研究都已经解答了这种加工过程的不同，比作者无法确定加工过程是否不同已经是大大进步了，那么本文的意义就更低了。基本上与前人研究比没有什么重大的新发现。

回应：非常感谢专家提出的宝贵意见。在专家一审意见的回复中，我们回答了很多关于本研究的目的、结论、推论、意义等内容，有一些回复不够简洁清晰，让专家产生了一些疑问。我们认真地分析了专家的意见，重新对这些问题进行了简要地梳理，并提出了修改方案，请专家指正！

（1）本研究的目的是、结果与结论

需要说明的是，本研究是想去解决“直视与偏离注视的知觉编码受注意调节的机制”这一问题，而不是去探讨直视与偏离注视的加工过程（加工阶段）是否一样。由于此前在讨论部分对“直视与偏离注视加工过程是否不同”这一推论着墨不少，让人觉得本研究似乎是想解决有关加工过程这一问题。而事实上，本研究的问题不是这个，我们需要回到本研究的问题、结果与结论上来。

本研究的问题是：直视与偏离注视是否受注意资源的调节，以及这种调节作用是否一样？这一问题得到了较好地回答：偏离注视适应后效受到注意资源的调节（实验 1），直视适应后效不受注意资源的调节（实验 2），并且注意资源对偏离注视的调节作用大于它对直视的调节作用（实验 1 与实验 2 的比较，见正文图 7）。据此，得出结论：注意资源对偏离注视与直视的调节作用存在差异，推测二者可能存在不同的加工机制。我们在摘要和结论部分表述了这一结论。

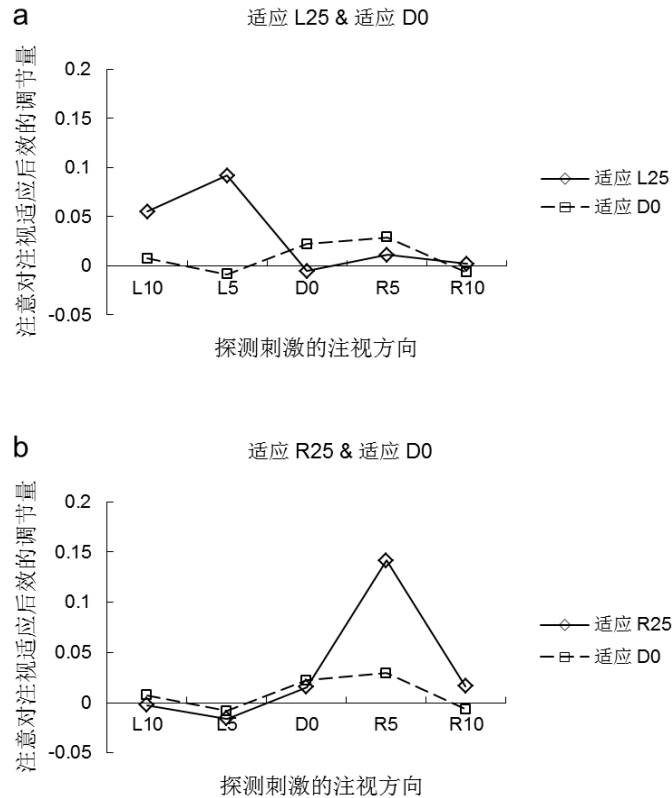


图 7 偏离注视（L25、R25）与直视（D0）在注意资源对适应后效的调节量上的比较

（2）本研究的推论及其解释

在初稿的总讨论部分，我们结合本研究结果以及以往的研究证据，提出了 3 个推论。

推论 1：注意资源对注视知觉的调节作用发生在注视方向的抽取阶段。

推论 2：直视与偏离注视的区分发生在早期特征检测与晚期注视方向抽取之间。

推论 3：直视知觉可能需要经历两个加工阶段（特征分析和方向抽取），而偏离注视知觉需要经历三个加工阶段（特征分析、方向辨别、方向抽取），二者经历的加工过程不一样。

推论 1 是在本研究结果的基础上直接推测出来的，因而没有多大的问题（见二审意见中问题 2 的回复）。

推论 3 是对直视与偏离注视加工过程的推测。由于目前研究者所提出的理论模型都认为注视知觉包括两个加工阶段（Teufel et al., 2010），而且推论 3 缺少直接的证据，也无法从本研究的结论（直视与偏离注视加工机制不同）上直接推测出来，因此我们在一审意见回复中接受了专家的意见，在文章中删去了这部分内容。也就是说，本研究不再讨论“直视与偏离注意加工阶段是否相同”这一问题。

推论 2 可能还存在一些疑问。专家提出：“以往研究表明，大脑里确实存在一个专门区分直视与偏离注视的心理过程（Itier & Batty, 2009; Nummenmaa & Calder, 2009），这一心理过程（区分直视与偏离注视）在神经基础和时间进程上早于偏离注视方向（向左或向右）的编码（Bayliss et al., 2011; Calder et al., 2007; Conty, N'Diaye, Tijus, & George, 2007; Schweinberger et al., 2007）。如果以前的研究都已经解答了这种加工过程的不同，比作者无法确定加工过程是否不同已经是大大进步了，那么本文的意义就更低了。基本上与前人研究比没有什么重大的新发现”。我们对这一疑问做如下解释。

推论 2 是基于“直视与偏离注视在知觉编码机制上存在不同”这一结论做出的。已知注视知觉包括两个加工阶段：特征分析和方向抽取。对于直视与偏离注视来说，特征信息（虹膜与巩膜之间的明度对比和几何形状等）的加工是相似的，二者在特征分析阶段不存在加工

上的区别 (Von Grünau & Anston, 1995)。然而, 直视与偏离注视给人们留下的心理感受却是不同的, 换句话说, 二者的功能意义不一样, 引起的心理行为反应也不一样。例如, 直视能增加人们对具有吸引力面孔的喜好程度 (Kampe, Frith, Dolan, & Frith, 2001), 而偏离注视引起个体被拒绝的不舒服的感受 (Schmitz et al., 2012)。既然直视与偏离注视在最初阶段的加工是相同的, 而最后却引起了不一样的心理感受, 那么二者在某一个加工阶段就必然会表现出不同的特点 (分离开)。

而本研究就是从注意资源的调节作用入手, 揭示出直视与偏离注视在知觉编码过程中存在的差异。由于只有区分出直视与偏离注视, 它们才会在注意资源的调节中表现出不同的特点 (在注意资源有限时, 直视能够得到知觉编码, 而偏离注视难以得到编码), 因此我们推测, 直视与偏离注视的区分发生在早期特征检测与晚期注视方向抽取之间 (推论 2)。这种推测得到了一些证据的支持。脑电研究发现, 直视与偏离注视在 160ms 就产生了加工分离 (Conty et al., 2007), 而偏离注视方向 (向左与向右) 的知觉编码发生在 250ms~350ms (Schweinberger et al., 2007)。

然而, 这些证据仅仅指出了直视与偏离注视存在加工不同, 以及这一不同发生的时程比偏离注视的知觉编码要早一些 (推论 2), 并没有指出直视与偏离注视知觉编码的加工过程 (加工阶段) 是否不同 (推论 3)。另外, 虽然这些证据能够支持推论 2, 但是并不代表推论 2 已经被直接证实或检验, 目前还没有一项研究在统一的实验范式下去检验推论 2 中的问题。要想检验直视与偏离注视加工机制或加工阶段的不同, 需要在统一的实验范式下去比较二者的差异。而本研究采用统一的实验范式发现直视与偏离注视受注意资源调节存在不同, 就能说明二者加工机制的差异。

另外, 研究者提出的关于注视线索加工阶段的模型只有注视知觉的两阶段模型, 没有研究对直视与偏离注视的加工过程是否一样 (推论 3) 进行过检验, 因此不能说本研究在解决加工过程这一问题上没有以往研究有意义。并且, 本研究的目的在于探讨注意资源对直视与偏离注视的调节作用, 不在于解决直视与偏离注视加工阶段的问题。

(3) 本研究的意义与创新点

关于本研究的意义与创新点, 我们简要地做一介绍。

在研究问题上, 以往研究没有系统地探讨注意资源对不同注视线索知觉编码的影响, 而本研究做了这一工作, 并发现直视与偏离注视受注意资源的调节存在不同。

在研究方法上, 本研究具有 3 点进步:

第一, 采用经典的知觉负载任务来操纵注意资源, 考察其对注视知觉适应后效的影响, 避免了将注意资源与空间注意混到一起操纵 (Ricciardelli & Turatto, 2011), 其实验范式比较成熟, 不用担心一些混淆因素, 在研究结论的推导上比较清晰。

第二, 采用注视适应范式探讨注视线索的知觉编码机制, 这种范式具有独特的优势。采用注视适应效应对注视知觉进行测量, 既能揭示注视线索特异性的知觉编码阶段, 又能推测注视方向编码的神经表征机制 (Bayliss et al., 2011)。

第三, 将短时程-适应范式应用到注视知觉适应效应中来, 发现 200ms 的适应时间就能诱导出显著的注视适应后效, 具有一定的方法学意义。短时程-适应范式有助于研究者设计更简洁的实验, 缩短实验时间。同时, 知觉负载任务与知觉适应效应相结合的范式可用于探讨面孔表情、面孔朝向以及身体朝向等其它社会线索的加工机制。

综合看来, 本研究发现了注视知觉的一些新特点, 对注视知觉编码机制 (e.g. 注意资源的调节机制) 也有一定程度的发掘, 具有一定的创新性和研究意义。

(4) 我们的修改之处

在专家意见的指导下, 我们对总讨论部分的相关段落做了如下修改:

第一, 删去了有关推测“直视与偏离注视加工过程 (加工阶段) 不同”的语句, 比如“当

区分出直视与偏离注视后, 仅需很少的注意资源即可对直视形成注视方向表征, 而偏离注视还需要分辨到底是向左或向右, 这一过程需要集中注意和注意资源的参与”。第二, 重新整理了有关推测“直视与偏离注视区分所发生的加工阶段”的语句。具体请见总讨论部分第6自然段的蓝色标记处。

最后, 再次感谢专家提出的宝贵意见, 这促使我们继续思考本研究的逻辑、推论与意义等内容, 也使我们在写文章时更加谨慎。我们认真考虑了专家的意见并对文章进行了修改, 请专家进一步指正, 谢谢!

意见 5: 另一个就是承认难度假说也有道理且本研究无法排除, 这又是不合适的。因为这样基本上等于说本研究的结果有多种可能性, 既无法排除也无法确认, 这严重影响了这个研究的意义。

回应: 非常感谢专家就推论部分提出的宝贵意见和建议, 这对我们深入分析研究结果有重要的帮助!

一审意见中, 在讨论“直视与偏离注视的加工过程是否相同”这一推论时, 专家提出了一种可能性: 直视与偏离注视加工过程是一样的, 只不过难度不同, 所以需要的注意资源也不同(即“难度说”)。由于我们在总讨论部分不再对“直视与偏离注视的加工过程是否相同”这一问题展开论述(见二审意见问题4的回复), 因而也就不必再提出对这一问题的解释(“难度说”)了。因此, 我们在讨论部分删去了注视知觉加工阶段的“难度说”这一解释。

另外, 我们对“难度说”进行了重新的思考, 分析它能否对本研究的结果及其推论进行解释。我们发现, “难度说”在解释直视与偏离注视加工机制或加工过程时存在一些问题。

(1) “难度”这一概念没有一个明确的操作定义

“难度不同”的含义不明确。它意味着刺激加工过程更加复杂吗? 一般地, 加工过程越复杂, 加工就越难, 所耗时间就越长(朱滢, 2014)。然而, 加工过程越复杂并不一定意味着加工就越难。例如, 恐惧面孔比一般几何图形(e.g. 圆形或字母等)的加工过程要复杂一些, 但研究发现, 恐惧面孔在无意识、缺少注意资源、非集中注意状态下都能得到加工, 甚至比一般几何图形的加工更有优势。可见, 恐惧面孔的加工难度并不高, 但是它的加工过程却比一般几何图形要复杂得多(Pessoa & Adolphs, 2010)。因此, 实验结果中“难度高”, 并不一定意味着它背后的加工机制或加工过程更复杂。

“难度不同”意味着其加工所需认知资源不同吗? 一般地, 需要注意资源调节的认知过程往往比较复杂、难度较高、不容易自动化(朱滢, 2014)。如果说是因为加工所需的认知资源不同, 从而导致二者的加工难度不同, 那么注意资源需求的不同就是“难度不同”的原因, 而不是结果。

可见, “难度”这一概念很难描述清楚, 没有一个独立的指标来界定, 也没有一个有效的操作定义。相反, 我们研究中对“注意资源”的操作定义就比较明确, 知觉负载水平的高低是可操作的, 用它来事先界定“注意资源”这一概念也是得到广泛认可的(Lavie, 2005)。

(2) “难度说”在解释实验结果时存在循环论证

由于事先没有一个清晰而独立的指标来界定“难度”这一概念, 它往往是根据实验结果来定义(或者推测)的(e.g. 反应慢, 就说“难度高”), 而又用它去解释实验结果(因为“难度高”, 所以反应慢), 这就陷入了循环论证(见 Craik 的记忆加工层次理论; 朱滢, 2014)。

(3) “难度不同”是对实验结果的描述或同义复述

“难度说”用于说明很多心理学实验结果都是可以的, 似乎没有它解释不了的。但是, 它只是从实验结果上对两个加工过程做了一个区分(e.g. 难易程度不一样), 相当于对实验结果的重新描述或同义复述, 它没有揭示背后的原因、机制, 无法作为解释实验结果的原因。下面, 我们举几个例子来说明。

第一，Posner 的空间线索范式中，线索化条件下（cued condition），被试对刺激的检测比较快，而非线索化条件下（uncued condition），对刺激的检测比较慢（Posner, 1980）。“难度说”对结果的解释就是：非线索化条件下的刺激加工比较难，所以检测就慢。这种解释听起来很合理，但它相当于对实验结果的同义复述。它并没有告诉人们更多的信息，它只是告诉了人们一种结果（只不过是“反应快慢”的另外一种表述而已）。而正确的解释需要揭示实验结果背后的原因，比如用“注意转移”（e.g. 注意提高了信噪比）来解释刺激加工的快慢，这种解释能揭示空间线索范式背后的机制，也告诉了人们新的知识（Carrasco, 2011）。

第二，Stroop 范式中，色-词一致条件下，被试反应较快、不易出错，而色-词不一致条件下，被试反应较慢、容易出错（坎特威茨等，2010）。“难度说”对这一结果的解释是：色-词不一致条件难度较高，所以被试反应慢、容易出错。这种解释依然只是结果的同义复述。而正确的解释是，色-词不一致条件下，词义的自动化加工干扰了颜色的命名，从而导致反应变慢、错误率增加。这种解释才能揭示结果背后的原因与机制。

第三，以本研究为例，“难度说”能否解释直视与偏离注视在加工机制上（受注意资源调节的机制）的不同？“难度说”认为，因为直视比偏离注视的加工更难，所以需要消耗更多的注意资源，从而导致偏离注视的知觉编码受到注意资源的调节。这种解释听起来是合理的，但是换一种说法也讲得通：因为偏离注视比直视对注意资源的需求更高，所以偏离注视比直视的加工更难，从而导致偏离注视的知觉编码受到注意资源的调节。正如我们前面分析的，“难度”没有一个事先的界定，它只是实验结果的同义复述，因此它不能作为原因，它是一种结果（相当于对实验结果做了一个难易程度上的分类）。而“注意资源”是事先通过知觉负载水平进行操作化定义了的，操纵它作为自变量（原因变量），引发了因变量（结果变量）的改变，因此它可以作为原因来解释结果。另外，“难度说”也没有揭示出注视知觉背后的加工机制，相反它还需要借助于“注意资源”来解释结果。因此，概念之间的逻辑关系决定了“难度说”只是结果的一种表述方式而已，无法作为结果背后的原因与机制来解释结果。

基于上述分析，我们认为“难度说”存在一定的逻辑问题，无法作为原因去解释结果，也无法揭示实验结果背后的加工机制。而“注意资源对直视与偏离注意的调节不同”才是本研究实验结果最合理的解释。

最后，再次感谢专家给我们机会去思考和分析本研究存在的问题，如果我们的论述仍然存在问题，还请专家进一步指正！

总之，专家所提的意见都很深刻，有些问题（e.g. 知觉启动与知觉适应、单分离与双分离、加工机制与加工过程等）是我们在做研究过程中没有仔细地思考过，甚至都没有想到过，在认真回复专家意见的过程中，我们相当于重新学习了一遍逻辑推理、实验设计与统计分析，这种收获是显而易见的，谢谢专家！

第三轮

审稿人 3 意见：

意见 1：作者解释了很多关于重复测量方差分析的内容，我看了三遍还是没法理解，其实只要告诉我到底在高低负载的情况下是否用了同一组适应前的数据就可以了，如果用了同一组数据那就不适合用作者现在的方法进行分析，应该加以修改。

回应：感谢专家再次费心审阅此文，这对进一步完善本文有重要帮助。我们查阅了“注视知觉适应”的最新文献，提出了以下分析，还请专家批评指正！

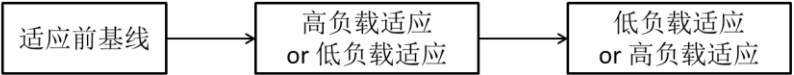
（1）高、低知觉负载条件下使用同一组适应前条件数据（基线）的原因

专家提出：如果在高、低知觉负载条件下使用了同一组适应前条件（基线）的数据，就不适用 2 （负载水平） $\times 3$ （适应条件） $\times 5$ （探测刺激）的重复测量方差分析。即只有当高、低知觉负载任务中均包含了适应前基线条件，才能使用现在的重复测量方差分析。专家的看法是正确的，也符合重复测量实验设计及其统计分析原理（舒华, 2005）。

然而，知觉适应范式有其特殊性。由于知觉适应后效是通过比较适应前后知觉判断的改变程度来衡量的，因而知觉适应范式往往是先测试适应前的基线水平（baseline or no adaptation），再测试适应后的知觉水平（post-adaptation），最后用适应后的知觉辨别情况减去适应前的基线辨别情况，得出的知觉改变情况作为知觉适应后效应（perceptual aftereffect）（张馨, 蒋重清, 2015）。根据以往的研究证据，**注视适应范式中只包含同一组适应前基线水平**（Calder et al., 2008; Jenkins et al., 2006; Kloth & Rhodes, 2016; Kloth et al., 2015）。因此，本研究的注视适应范式采用的是**同一组适应前基线**。

如果在注视适应范式中的每一种适应条件（e.g. 适应左 25° 或适应右 25° ）前面都增加一组适应前基线，那么某一些适应前基线就会受到适应后条件的影响，从而失去基线水平的意义。为此，我们比较了经典的注视适应范式与专家建议的实验范式（见图 1）。

A. 经典的注视知觉适应范式（本研究使用的）



B. 包含两组基线的注视知觉适应范式（专家建议的）

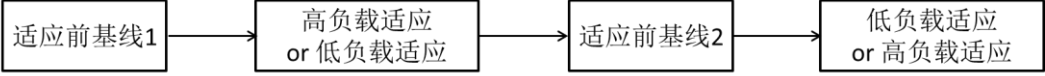


图 1 两种包含不同适应前基线条件的注视适应范式示意图

图 1A 是本研究中采用的经典注视知觉适应范式（Calder et al., 2008; Jenkins et al., 2006）。实验流程为：首先测定被试辨别注视方向的基线水平，然后分别做高、低负载适应后的注视方向测试（平衡二者顺序）。其中，高、低知觉负载适应条件使用了同一组适应前的基线数据。在计算注视适应后效时，分别用高、低负载适应后条件减去适应前基线，得到高、低负载条件下各自的适应后效。由于高、低负载适应后条件减去的是同一组基线，因而高、低负载下的适应后效可以相互比较，进而得出不同知觉负载条件下的注视适应后效是否存在差异的结果。

图 1B 中，实验流程为：首先测定被试的基线水平（基线 1），再做高或低负载适应后测试，然后再次测定基线水平（基线 2），最后再一次做低或高负载适应后测试。其中，高、低知觉负载适应条件前均实施了一组基线水平测试（基线 1 和基线 2），各自减去相应的基线水平而得到注视适应后效。以往研究表明，注视适应后效能够持续比较长的时间（约 7min~24hours）（Kloth & Schweinberger, 2008; Kloth & Rhodes, 2016）。因此，基线 2 可能会受到前一个适应条件所产生的适应后效的影响，基线 1 则不会受到影响。那么，基线 2 就无法真实反映被试对注视方向的基线辨别力了，即基线 1 与基线 2 是不一样的。既然高、低负载两种适应条件减去的基线不一样，那么得到的两个注视适应后效就无法直接比较。

因此，目前对知觉适应（包括面孔视点、注视线索等）的研究都采用图 1A 中的实验范式（Calder et al., 2008; Fang & He, 2005; Jenkins et al., 2006; Kloth & Rhodes, 2016; Kloth, Rhodes, & Schweinberger, 2015）。

（2）修改办法

虽然本研究的实验设计与数据分析没有问题，但专家的意见也是有道理的，我们对本研

究的数据分析做了如下修改：

将数据分析部分的“2.2.2 不同负载条件下的注视适应后效”和“3.2.2 不同负载条件下的注视适应后效”中的一部分内容删去（e.g. 2（负载水平）×3（适应条件）×5（探测刺激）的重复测量方差分析），保留“2.2.3 低负载和高负载条件下注视适应后效的比较”和“3.2.3 低负载和高负载条件下注视适应后效的比较”的内容。即先将“注视适应后效”这一因变量指标计算出来（用适应后的知觉水平减去适应前基线水平），然后用“注视适应后效”这个指标做重复测量的方差分析（Kloth & Rhodes, 2016; Kloth et al., 2015）。这样修改的好处是：

其一，以“注视适应后效”作为因变量指标的方法符合本研究的逻辑：探讨知觉负载对注视知觉适应后效的影响，即因变量为“注视适应后效”。同时，它也符合专家建议的重复测量方差分析的要求。

其二，这种方法在知觉适应领域被广泛使用（Chen et al., 2010; Fang & He, 2005），也是注视适应效应领域中最新研究所采用的方法（Kloth & Rhodes, 2016; Kloth et al., 2015）。

最后，再次感谢专家辛苦审阅此文，并对研究中的问题一一提出意见和建议，我们遵从专家的建议对文章进行了修改，如仍有问题，还请专家进一步指出，谢谢！

意见 2:作者关于推论 2 的解释令人迷惑，例如“而本研究就是从注意资源的调节作用入手，揭示出直视与偏离注视在知觉编码过程中存在的差异。由于只有区分出直视与偏离注视，它们才会在注意资源的调节中表现出不同的特点（在注意资源有限时，直视能够得到知觉编码，而偏离注视难以得到编码），因此我们推测，直视与偏离注视的区分发生在早期特征检测与晚期注视方向抽取之间（推论 2）。”这个意思是想说知觉编码发生在早期特征检测与晚期注视方向抽取之间，受注意调控的是知觉编码过程吗？那文章可是没有体现出这一点，同样这个论述也没有什么有力的证据。

回应：非常感谢专家提出的宝贵意见！

在专家二审意见的回复中，我们论述了本研究结果的一些推论，其中对推论 2（直视与偏离注视的区分发生在早期特征检测与晚期注视方向抽取之间）做了一些分析。由于本研究探讨的是注意资源对偏离注视与直视知觉编码的调节作用，并没有探讨偏离注视与直视的区分发生在哪一阶段，本研究的结果也无法直接得出这一推测。因此，**我们接受专家的意见，删除了涉及推论 2 的相关陈述（原总讨论部分倒数第 3 段）。**

再次感谢专家提出的宝贵意见，这使得我们在写文章时更加谨慎，谢谢！

意见 3:我坦率地说还是没有被作者说服本研究具有重要性，例如，“关于注意影响注视知觉的研究表明，偏离注视的知觉需要集中注意（focused attention）的参与（Burton, Bindemann, Langton, Schweinberger, & Jenkins, 2009; Ricciardelli & Turatto, 2011; Yokoyama et al., 2014）。Burton 等（2009）采用目标-分心物干扰范式发现，当被试的注意焦点集中在视野中央的目标刺激上时，外周视野的分心物刺激（偏离注视线索）不会干扰目标刺激的加工，说明作为分心物的注视方向没有得到知觉。可见，偏离注视方向的知觉需要集中注意的参与。然而，直视知觉不需要集中注意的参与（Yokoyama et al., 2014）。Yokoyama 等（2014）采用双任务范式，让处于视野中心的字母辨别任务（主任务）占据被试的注意焦点，考察处于外周视野的注视方向辨别任务（次任务）是否受到集中注意的影响。结果发现，在非集中注意状态下，被试能够区分出直视和偏离注视，却不能辨别不同方向的偏离注视（向左或向右）。Yokoyama 等认为，直视知觉不需要集中注意的参与，而偏离注视知觉需要集中注意。但在该研究中，位于视野中央的字母辨别任务不仅让注视线索远离空间注意的中心，也会消耗被试的注意资源，因而不清楚是集中注意（空间注意）还是注意资源影响了注视方向的辨别。”这些研究

描述说明注意对直视和偏离注视具有不同的调控作用，所以作者的研究发现尽管是在一种新范式下的重现，但是确实不够新，我认为作者应该挖掘一下其它的重要意义。另外作者认为以上研究可能是受空间注意的混淆，但是其实本研究中同样有空间注意的问题，不同知觉负荷的任务就是个视觉搜索任务，和注视方向所在空间也不同，难道会没有空间注意的问题？
回应：感谢专家的宝贵意见和建议，我们重新分析了以往研究的不足，也再次挖掘了本研究的意义与创新性。

（1）本研究的意义与创新性

从研究问题的新颖性上讲，本研究系统地探讨了注意资源对注视适应效应的调节情况。Yokoyama 等（2014）探讨了直视知觉是否需要集中注意（空间注意）的参与。而本研究探讨的是注意资源对注视知觉的影响，注意资源与空间注意的概念不一样。因此，本研究探讨的是一个新的研究问题，并不是对以往研究结果在一种新范式下的重现。

从研究问题的解决上讲，Yokoyama 等（2014）并没有很好地解决它的问题，尚存在两点不足。

第一，该研究采用双任务范式，将字母辨别任务（主任务）与注视方向辨别任务（次任务）分别放在不同的空间位置，位于视野中央的字母辨别任务不仅让注视线索远离空间注意的中心，也会消耗被试的注意资源，因而不清楚是集中注意（空间注意）还是注意资源影响了注视方向的辨别（见图 2B）。因此，它无法得出较为明确的结论。

第二，该研究在测量注视方向知觉时，采用的任务是让被试判断注视线索是直视还是偏离注视。虽然被试能够辨别直视与偏离注视，但这不能说明被试能对直视或偏离注视的方向进行编码，因为被试可以通过辨别特征信息（e.g. 眼黑与眼白）对二者进行区分。以往研究表明，辨别直视与偏离注视不仅受到它们的方向信息的影响，也受到它们的特征信息以及二者相似性的影响（Cooper, Law & Langton, 2013; 胡中华等, 2013）。

相反，我们研究选用的因变量指标是注视适应后效，它是一种高级的知觉适应过程，是对注视线索的方向信息进行的选择性适应，不是对其特征信息（明度对比、几何形状）的适应，特征信息的适应无法产生注视适应后效（Calder et al., 2008; Jenkins et al., 2006; Stein et al., 2012），因而注视适应后效反映了注视线索特异性的知觉编码过程（Bayliss et al., 2011; Duchaine, Jenkins, Germine, & Calder, 2009）。因此，Yokoyama 等（2014）的研究并不能回答“直视的知觉编码是否需要集中注意的参与”这一问题。

综上所述，以往研究仍然存在不足，而本研究对注视知觉的编码机制（e.g. 注意资源的调节机制）有一定程度的发掘，选择的实验范式也能更有效地解决问题。

（2）知觉负载任务中注意资源的分配

在本研究中，采用知觉负载任务来操纵被试的注意资源分配。我们将本研究中负载任务的呈现方式与 Yokoyama 等（2014）的呈现方式进行了一个比较（见图 2）。

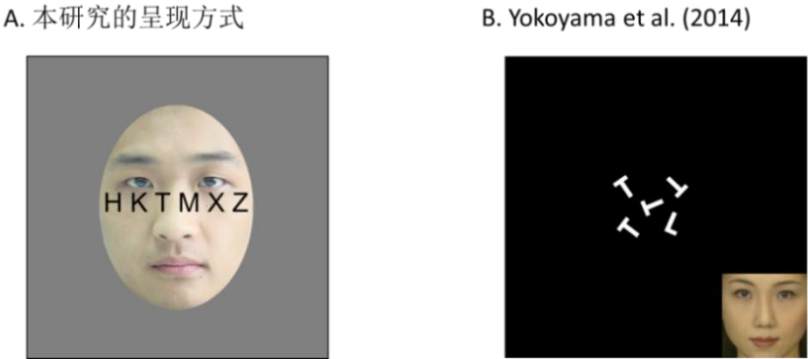


图 2 两种操纵知觉负载水平的呈现方式（图 B 引自 Yokoyama et al., 2014）

图 2A 是本研究中采用的知觉负载任务，它参考了以往研究的实验范式（Bishop et al.,

2007; Jenkins et al., 2005; Neumann et al., 2008, 2011)。该范式的特点为：字母串重叠在适应人脸上面，注视线索（眼睛）与字母串几乎处于同一空间位置。这种重叠呈现刺激的方式常用于探讨基于客体的注意（object-based attention）（Baldauf & Desimone, 2014; O’Craven, Downing, & Kanwisher, 1999）。被试在对字母串进行视觉搜索的同时，也在扫描注视线索刺激。由于二者位于同一空间位置，空间注意在它们上面是一样的。但是，由于高、低负载任务的知觉负荷水平不同，它们对注意资源的消耗不一样，因而注视线索能够分配到的注意资源就存在差异。因此，在高低负载条件下，注视线索上不存在空间注意分布的差异，但存在注意资源分配的不同。

相反，Yokoyama 等（2014）的研究中注视线索与字母刺激位于两个完全不同的空间位置（见图 2B），被试在完成字母辨别任务（e.g. 高负载任务）时，无法将注意资源分配到注视线索上去，也很难将空间注意的焦点集中到注视线索的位置。那么，在高、低负载条件下，注视线索上空间注意的分布、注意资源的分配都是不一样的。因此，该研究存在空间注意与注意资源的混淆。而我们研究中的知觉负载范式不存在空间注意的混淆，它操纵的是注意资源的分配。

为了清晰地表明本研究的创新性，我们在引言和总讨论部分用蓝色标注出了以往研究的不足与本研究的重要性。再次感谢专家提出的宝贵意见，这对进一步完善本文至关重要！如仍有问题，请专家您指正！

意见 4：关于难度的问题，确实难度很难具体定义，但是提出来就是为了说明其实有可能有很多其他的可能性，比如知觉负载真的只是知觉水平上的差异吗？难道决策和反应阶段没有不同，你只要仔细想想就知道它们也有不同。最好能够排除这些可能性，否则也会影响这个结果的意义。

回应：感谢专家提出的宝贵意见与建议，这对我们深入分析研究结果具有重要的帮助！

专家提出：知觉负载任务中不仅存在知觉负载水平上的差异，也可能存在任务难度、决策、反应阶段的不同。这涉及到对结果的原因解释是否是唯一的，需要认真地分析。我们查阅了“知觉负载理论”（Perceptual Load Theory, PLT）的相关文献，做了如下说明，还请专家指正！

注意的知觉负载理论认为，认知加工的注意资源是有限的，当前任务的知觉负载高低决定了选择性注意过程中的资源分配。如果当前任务的知觉负载较低，则多余的注意资源会自动溢出，去加工干扰刺激，从而产生干扰效应；如果当前任务的知觉负载较高，有限的注意资源被消耗尽，那么与任务无关的干扰刺激无法得到知觉加工，从而不会产生干扰效应（Lavie, 2005）。因此，**知觉负载任务操纵的是注意资源的分配。并且，研究者们对知觉负载任务的解释始终围绕在“注意资源分配”上面**（Bishop et al., 2007; Chen & Cave, 2016; Jenkins et al., 2005; Lavie, 2005; Murphy, Groeger, & Greene, 2016; Neokleous, Shimi, & Avraamides, 2016; Neumann & Schweinberger, 2008; Neumann et al., 2011）。

由于高知觉负载水平会增加任务的难度，并导致反应时的延长和正确率的降低。那么，知觉负载带来的实验效应是不是由于任务难度的增加（而非注意资源的分配）所导致的呢？以往研究表明，当前任务难度的增加并不会减少与任务无关的干扰刺激的加工，相反地，增加任务难度可能增加干扰刺激的加工（Lavie & Fockert, 2003; Yeshurun & Marcianno, 2013）。也就是说，增加当前任务的难度与提高知觉负载水平对干扰刺激加工的影响是不一样的。因此，**任务难度并不能解释知觉负载所引起的实验效应**（Murphy et al., 2016）。

查阅以往文献发现，没有证据表明知觉负载任务会影响决策和反应阶段（Cave & Chen, 2016; Forster & Lavie, 2009）。脑电研究表明，增加知觉负载水平能够增强目标刺激的加工（N1 波幅的增加，潜伏期约为 180~220 ms），并减弱对干扰刺激的加工（N1 波幅的减小）（Rorden

et al., 2008)。由于视觉 N1 成分是知觉辨别加工的指标 (Vogel & Luck, 2000)，因而知觉负载水平影响的是早期的知觉信息加工阶段 (Murphy et al., 2016; Rorden et al., 2008)。

另外，在本研究中，由于被试的任务是进行字母的知觉辨别，并且反应按键方式在被试间进行了平衡，知觉-反应之间不存在一个匹配关系 (e.g. Simon 效应)，因而知觉负载任务也没有操纵被试的反应决策等阶段 (e.g. 反应选择)。

综上所述，本研究中知觉负载引起的实验效应是由注意资源的分配所引起的。为了排除结果的其它可能解释，我们在本文的总讨论部分补充了有关“结果的其它可能解释”的相关内容，还请专家进一步指正！

最后，再次感谢专家提出的宝贵意见与建议，这对我们完善本文有重要帮助，我们对专家的严谨治学也充满敬佩！

第四轮

审稿人 3 意见：

意见 1：作者没有很好解释为什么难度不能解释。作者应该清楚解释难度是否和知觉负荷可分离？作者提到：“以往研究表明，当前任务难度的增加并不会减少与任务无关的干扰刺激的加工，相反地，增加任务难度可能增加干扰刺激的加工 (Lavie & Fockert, 2003; Yeshurun & Marciano, 2013)。也就是说，增加当前任务的难度与提高知觉负载水平对干扰刺激加工的影响是不一样的。因此，任务难度并不能解释知觉负载所引起的实验效应 (Murphy, Groeger, & Greene, 2016)。”那么两者对于知觉适应有什么不同影响？

回应：感谢专家提出宝贵的意见和建议，这对我们有重要的帮助。针对专家提出的问题，我们查阅了“知觉负载”领域的相关文献，做了以下解释和说明，还请专家批评指正！

注意的知觉负载理论认为，认知加工的注意资源是有限的，当前任务的知觉负载高低决定了选择性注意过程中的资源分配。如果当前任务的知觉负载较低，多余的注意资源会自动溢出，与任务无关的干扰刺激将得到加工，从而对当前任务产生干扰效应；如果当前任务的知觉负载较高，有限的注意资源被消耗尽，那么干扰刺激无法得到知觉加工，这会导致干扰效应减小甚至消失 (Lavie, 2005; Murphy, Groeger, & Greene, 2016)。因此，**提高当前任务的知觉负载水平，将会导致干扰效应变小。**

由于高知觉负载水平会增加任务难度 (task difficulty)，导致反应时的延长和正确率的降低。那么，**知觉负载带来的实验效应是不是由于任务难度的增加（而非注意资源的分配）引起的呢？**研究者们对这一问题进行了探讨。

在不增加知觉负载水平的条件下，研究者通过降低任务刺激的呈现质量 (e.g. 降低尺寸与对比度、缩短呈现时间、施加掩蔽刺激等) 来增加任务的难度 (Lavie & Fockert, 2003; Yeshurun & Marciano, 2013)。如果知觉负载效应是由于任务难度的增加所导致的，那么只增加任务难度而不增加知觉负载水平也会导致干扰效应减小。然而，研究结果表明，虽然被试对当前任务的加工速度和准确率都降低了 (即任务变难了)，但是干扰刺激的干扰效应并没有减少，反而还增加了。这说明，**单纯地增加任务难度并不能减少干扰效应。而增加当前任务的知觉负载水平，使其对注意资源的需求与消耗增加，则能导致干扰效应减少甚至消失。**也就是说，**提高知觉负载水平会导致干扰效应减少，而提高任务难度会导致干扰效应增加，它们对干扰效应的影响是不同的。**

因此，高知觉负载条件下干扰效应的减少不能归结为任务难度的增加，而应归结为任务加工负荷的增加 (注意资源消耗过多)。只有当增加任务的加工负载、并消耗更多的注意资源时，与任务无关的干扰刺激的干扰效应才会减少。

那么，为什么任务难度的增加没有让干扰效应变小呢？研究者也做出了分析。实际上，单纯地增加任务难度（e.g. 通过降低刺激输入的质量）不会导致注意资源消耗的增加（Lavie & Fockert, 2003; Norman & Bobrow, 1975）。由于任务难度的增加使得反应时延长，这导致刺激的加工时间变长，从而给干扰刺激提供了一个比较宽的时间窗口（a larger time window），使其能够得到加工，从而对当前任务造成干扰。

综上所述，任务难度并不能解释知觉负载所引起的实验效应，本研究中知觉负载的实验效应是由注意资源的分配所引起的（罗禹等, 2017; Lavie & Fockert, 2003; Murphy et al., 2016; Yeshurun & Marciano, 2013）。为了更清楚地说明这一问题，我们在本文的总讨论部分补充了有关“难度为什么不能解释结果”的相关内容（详见蓝色标注处），还请专家进一步指正！

最后，再次感谢专家提出的宝贵意见和建议，这对完善本文有重要的帮助，谢谢！

第五轮

主编意见：

本研究通过 2 个实验，分别以 16 名和 22 名成年人为被试，考察了知觉负载对不同注视线索适应后效的影响。研究者非常详尽地回复了以往诸位审稿人的意见，但就目前的版本，仍有以下几点建议作者认真思考完善。

意见 1：问题提出和讨论部分：

a) 前言部分，本研究的问题论述为“考察注意资源对不同注视线索（直视与偏离注视）适应后效的影响”，并且前言中很多内容都在比较直视与偏视之间的差异性，但为什么在研究中分别使用两个实验对这两种“注视线索”进行考察，而没有进行直接比较？

b) 前言部分最后，研究者提到本研究使用了短时程-适应范式，但此处所引用文献与前文提及“注视知觉适应后效”时并无重复。那么这种刺激呈现时间上的缩短，是不是会对“注视知觉适应后效”本身产生影响呢？

c) 前言的逻辑有一些冗杂，有重复提及相同或相似内容的情况，可再做梳理。

回应：感谢主编专家提出的宝贵意见和建议！对专家提出的问题，我们做了以下说明与修改，请专家批评指正！

（1）为什么本研究分别使用两个实验对这两种“注视线索”（直视与偏离注视）进行考察，而没有进行直接比较？

本研究的目的是：探讨直视与偏离注视是否受注意资源的调节，以及这种调节作用是否一样。因而本研究最关心的问题就是：首先，直视是否受到注意资源的调节，偏离注视是否受到注意资源的调节；其次，注意资源对直视与偏离注视的调节作用是否存在差异。在本研究中，这一问题得到了较好地回答：偏离注视适应后效受到注意资源的调节（实验 1），直视适应后效不受注意资源的调节（实验 2），并且注意资源对偏离注视的调节作用大于它对直视的调节作用（实验 1 与实验 2 的比较）。

比起偏离注视适应后效，直视适应后效的效应量相对较小（Calder et al., 2008），并且偏离注视适应与直视适应的效应存在相互的影响，以致在一些实验（e.g. 同时包含直视与偏离注视适应）中不容易表现出来（Kloth & Schweinberger, 2010; Stein, Peelen, & Sterzer, 2012）。因此，实验 1（偏离注视适应）与实验 2（直视适应）不适合放在同一个实验内，我们将它们分成两个实验进行。

虽然没有在同一个实验中比较直视与偏离注视的差异，但是我们对实验 1（偏离注视适

应受注意资源的调节)与实验 2(直视适应受注意资源的调节)的结果进行了比较,并发现二者存在差异(请见本研究正文部分的图 7)。

当然,专家提出的这一问题非常重要,我们在正文中也介绍了实验 1 和实验 2 分开做的原因(见实验 2 第 1 自然段)。此外,对这一问题的说明还可参考我们对“第一次修改说明中专家三的第 4 个问题”的回复。

(2) 短时程-适应范式的使用、及其对注视适应后效的影响。

专家提出:本研究使用了短时程-适应范式,但此处所引用文献与前文提及“注视知觉适应后效”时并无重复。这里所引用文献的确不是“注视知觉适应后效”的文献,我们根据研究需要借鉴了以往研究中的短时程-适应范式,因而引用了短时程-适应范式的文献。

为什么选用短时程-适应范式呢?

按照适应刺激呈现时间的长短,知觉适应范式可分为长时程适应和短时程适应(Fang, Murray, & He, 2007; Krekelberg et al., 2006)。一般地,长时程适应范式中适应刺激的呈现时间比较长(如 1s~30s),而短时程适应范式中的适应刺激呈现时间则比较短(如 200ms~500ms)。除此之外,短时程适应与长时程适应的实验流程基本一样。

以往研究者在探讨注视适应效应时均采用长时程适应范式,适应刺激呈现的时间较长(几秒或数十秒以上)(Jenkins, Beaver, & Calder, 2006)。而本研究旨在探讨知觉负载任务占用大量注意资源时被试能否抽取出注视方向,如果适应刺激和知觉负载刺激呈现时间过长,被试有充足的时间和资源加工适应刺激,就达不到操纵注意资源的目的。因此,本研究采用短时程-适应范式(Fang et al., 2007; Neumann & Schweinberger, 2008),适应刺激的呈现时间仅为 200ms,使得被试在完成知觉负载任务时很难将注意分配到适应刺激上去。

目前,短时程适应范式已是比较成熟的实验范式,它跟知觉负载任务的结合被用到了探讨面孔各个维度信息的加工上,比如面孔的身份、表情、熟悉度等(Jenkins, Lavie, & Driver, 2005; Neumann, Mohamed, & Schweinberger, 2011; Neumann & Schweinberger, 2008)。事实上,将短时程-适应范式应用到注视适应后效上也是有效的:仅 200ms 的适应时间就能诱导出显著的注视适应后效。

那么,这种刺激呈现时间上的缩短,是不是会对“注视知觉适应后效”本身产生影响呢?目前,还没有研究直接探讨知觉适应时间长短对注视适应后效的影响。一般地,知觉适应后效随着适应时间的延长而增加,并随探测刺激呈现时间的延长而减小(Kloth & Schweinberger, 2008; Krekelberg et al., 2006)。而本研究采用的短时程适应范式中适应刺激和探测刺激的呈现时间均为 200ms,都短于长时程适应范式的呈现时间,其效应量究竟如何变化还需要进一步的研究证据。

尽管采用了短时程适应范式,本研究仍然发现了显著的直视和偏离注视适应后效,这些实验效应(适应后效应量、注意调节作用量)都具有中、高等大小的效应量(其效应量 Cohen's d 位于 0.49~0.96 之间; $d = 0.5$ 为中等大小, $d > 0.8$ 为高等大小)。

综上所述,为了探讨注意资源分配的紧张程度对注视线索知觉编码的影响,本研究选用了短时程-知觉适应范式。此外,我们也介绍了选用短时程-适应范式的原因(见引言部分的最后一自然段)。

(3) 关于前言逻辑的冗杂。

感谢专家的建议,我们对引言部分重复提及相同或相似内容的语句做了删减和修改(见蓝色标注处),使得行文更加简洁。例如,删去了“它们混淆了空间注意(spatial attention)与注意资源(attention capacity limits)这两种注意形式对注视知觉的影响(Ricciardelli & Turatto, 2011)”、“如何能对直视与偏离注视的知觉编码机制进行区分呢?”、“从而区分出直视与偏离注视的加工机制”等语句。

最后,再次感谢主编专家费心审阅此文,我们按照专家的意见做了说明和修改,如仍有

问题，请专家进一步指正！

意见 2：实验方法部分请统一描述方式。例如，在 2.1.3 中，研究者将实验流程分为三个部分，并将第一部分简称为“无适应或基线”，但后文中在提及第一部分时，会使用“第一部分适应前测试”“适应前测试”或“基线部分”进行描述，希望能够有所统一，降低理解上的困难。

回应：感谢专家的建议，我们已将实验方法部分的“无适应或基线”、“第一部分适应前测试”、“基线部分”等用语都统一表述为“适应前基线”，请见方法部分的蓝色标记处！

意见 3：结果部分还有一些呈现和方法上问题：

a) 探测注视刺激的方向并不是连续变量，使用折线图呈现结果是不是合适？

b) p 值建议给出具体数值。

c) 简单效应分析为什么使用配对 t 检验？是否有进行校正？

回应：感谢专家提出的宝贵意见和建议！对这些问题，我们逐一做了修改和说明，还请专家批评指正！

(1) 探测注视刺激的方向并不是连续变量，使用折线图呈现结果是不是合适？

眼睛注视的方向是可以连续变化的，它属于连续变量，可以使用折线图呈现结果。

研究者在制作注视刺激时，是让模特注视特定的参考点，并按照不同角度转动眼睛而拍摄完成的 (Jenkins et al., 2006)。在本研究中，我们在连续变化的眼睛注视角度中选用了 5 个角度作为探测注视刺激的方向 (从左至右: L10, L5, D0, R5, R10, 见正文图 1)。而且，有关注视知觉、注视知觉适应的研究都是采用折线图来呈现结果 (Calder et al., 2008; Jenkins et al., 2006; Kloth & Rhodes, 2016; Kloth, Rhodes, & Schweinberger, 2015; Stoyanova, Ewbank, & Calder, 2010; 张智君, 赵亚军, 占琪涛, 2011)。

(2) p 值建议给出具体数值。

感谢专家的建议，除了“ $p < 0.001$ ”仍保留原来的写法之外，其余的 p 值均给出了具体数值，请见结果部分的蓝色标记处，谢谢！

(3) 简单效应分析为什么使用配对 t 检验？是否有进行校正？

“知觉适应后效”是通过比较适应前、后知觉判断的改变程度来衡量的，即用适应后 (post-adaptation) 的知觉辨别情况减去适应前的基线水平 (baseline or no adaptation)，得出的知觉改变情况作为知觉适应后效应量 (Calder et al., 2008; Fang & He, 2005; Jenkins et al., 2006; Lawson et al., 2009; 张馨, 蒋重清, 2015)。因此，在检验注视适应后效是否显著时，研究者常采用的分析方法如下：

首先采用 3 (适应条件：适应前，适应 L25，适应 R25) \times 5 (探测刺激：L10, L5, D0, R5, R10) 的重复测量方差分析，考察适应条件和探测刺激的交互作用是否显著。若两者的交互作用显著，就进一步分析其简单效应。

由于适应条件包含三个水平 (适应前，适应 L25，适应 R25)，简单效应检验按理应该做一个单因素 (三水平) 重复测量方差分析 (F 检验)，再做事后多重比较。但是“**注视适应后效**”是通过比较注视适应前、后知觉判断的改变来计算的，因而研究者往往对适应后两种条件 (适应 L25 或 R25) 与适应前基线分别做两两比较。因此，研究者们采用配对 t 检验 (被试内设计) 考察适应后 (适应 L25 或 R25) 与适应前基线的差异是否显著。

这种分析方法在知觉适应、注视知觉适应等领域被广泛使用 (Calder et al., 2008; Chen et al., 2010; Fang & He, 2005; Jenkins et al., 2006; Kloth et al., 2015; Kloth & Rhodes, 2016; Lawson et al., 2009; 张秀玲等, 2018; 张智君等, 2011)。在这里，我们引用了发表在权威期刊 *Psychological Science* 上的一篇文章中的数据分析，来帮助说明：

“Following adaptation, participants showed a marked tendency to judge probe stimuli facing in the adapted direction as facing directly toward them (Fig. 2b). **A repeated measures ANOVA with factors of condition (baseline, adapt-left, or adapt-right) and body orientation** showed a significant effect of body orientation, $F(4, 44) = 169.94$, $p < .001$, $p_{rep} = .99$, $\eta_p^2 = .94$, and a significant effect of condition, $F(2, 22) = 3.72$, $p < .05$, $p_{rep} = .93$, $\eta_p^2 = .25$. Crucially, these main effects were qualified by a significant Condition \times Body Orientation interaction, $F(8, 88) = 30.05$, $p < .001$, $p_{rep} = .99$, $\eta_p^2 = .73$, reflecting significantly different response patterns for the baseline, adapt-left, and adapt-right conditions. **We explored these differences with paired t tests comparing baseline performance with performance in each of the adaptation conditions.**” (引自 “Lawson, Clifford, & Calder, 2009” Page 365.)

在本研究中，我们也借鉴了这种统计分析方法，且 t 检验能通过严格的 Bonferroni 矫正 (Calder et al., 2008; Lawson et al., 2009)。另外，对统计方法的问题，还可参考“第一次修改说明中专家三的第 3 个问题”或“第三次修改说明中第 1 个问题”中的回复。

再次感谢专家提出的宝贵意见和建议，我们按照专家的意见做了修改和说明，如仍有问题，请专家进一步批评指正！

意见 4: 此外，行文的表述有一些不太准确的部分，希望加以注意和修正。例如，正文第 3 页上半部分中，“它们混淆了空间注意 (spatial attention) 与注意资源 (attention capacity limits) 这两种注意形式对注视知觉的影响 (Ricciardelli & Turatto, 2011)。”将空间注意和注意资源并列，并称之为“注意形式”似有不妥。

回应: 感谢专家提出的宝贵意见和建议。为了行文表述的严谨性，我们将文中有关“空间注意与注意资源这两种注意形式”的表述修改为：“注意资源与空间注意的概念不一样”，并调整了相应语句的顺序。具体的修改请见引言部分的蓝色标记处，如仍有问题，还请专家批评指正！

最后，再次感谢主编专家对本文提出的一系列宝贵意见和建议，这对本文的完善以及我们今后写文章都有重要的帮助，谢谢！