

《心理学报》审稿意见与作者回应

题目：基于干扰物特征的统计规则对注意抑制效应的影响

作者：张帆 王爱君 张明

第一轮

审稿人 1 意见：

该研究考察了干扰物特征的统计规律对注意抑制效应的影响。研究基于前人关于注意抑制效应的范式，方法和结果较为可靠。但作者对结果的解释及机制的探讨还不够深入，需要进一步修改。具体意见请见上传的附件。

意见 1: 为什么要研究基于特征的统计规则的影响呢？研究这一影响有何意义？文中缺乏对研究意义的阐述。

回应: 根据审稿专家提的建议，我们在引言部分补充说明了为什么要研究基于特征的统计规则，对研究意义也进行了进一步地阐述(引言 p4 红色字体标注)。

首先，Maunsell 和 Treue(2006)指出注意不仅可以被分配到特定位置，也可以被分配给特定特征。以往研究表明基于干扰物位置的统计规则会影响注意选择，当干扰物呈现在高概率干扰物呈现位置时，注意捕获效应量被削弱(Wang & Theeuwes, 2018)，而**基于干扰物特征的统计规则能否影响注意选择尚且存在争议**。Wang 和 Theeuwes(2018)在考察基于干扰物位置的统计规则如何影响注意捕获时发现，高概率干扰物位置的干扰物颜色与上一个试次是否重复并不会影响捕获效应，因此他们认为统计规则对注意捕获效应的影响纯粹是基于位置的，并不会受到基于特征方面因素的影响。也有其他研究者发现干扰物特征的统计规则在注意搜索中可以影响被试的反应(Vatterott & Vecera, 2012; Vatterott et al., 2017)，他们发现视觉搜索中颜色独子最初会干扰反应，但是同样的几个颜色独子连续呈现时其对注意的影响就会降低，直到新的颜色独子呈现反应又会重新受到干扰。总的来说，目前关注基于特征的统计规则能否影响注意选择尚且没有达成一致。

其次，有研究者在探究注意抑制的机制时提出了“一阶特征抑制模型(first-order feature suppression model)”，他们认为只有当被试掌握颜色独子的具体特征时才能对其进行抑制，本研究试图操控颜色独子特征的统计规则，为探讨注意抑制效应的机制做出贡献。Gaspelin 等(2017)采用额外单例范式发现，当被试采取特征探测策略时可以自上而下地抑制颜色独子的加工，呈现颜色独子条件下被试的反应显著快于未呈现颜色独子的条件，即产生注意抑制效应。随后，他们对这一抑制效应的机制进行探究发现，只有当被试掌握颜色独子特定特征

的相关信息时才能对其进行抑制，他们称之为“一阶特征抑制模型”，例如在实验开始之前明确告知被试抑制“红色刺激”，被试就能很好的抑制对其的加工。那么，在被试知道多种颜色独子具体特征的前提下，操纵基于独子干扰物特征的统计规则，考察其如何影响注意抑制效应就是一个亟待解决的问题。我们预期如果注意抑制效应是灵活可变的，那么其抑制量会随着基于特征的统计规则而改变。

【参考文献】

- Gaspelin, N., Leonard, C. J., & Luck, S. J. (2017). Suppression of overt attentional capture by salient-but-irrelevant color singletons. *Attention, Perception, & Psychophysics*, 79(1), 45–62.
- Gaspelin, N., & Luck, S. J. (2018). Distinguishing among potential mechanisms of singleton suppression. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception & Performance*, 44(4), 626–644.
- Maunsell, J. H. R., & Treue, S. (2006). Feature-based attention in visual cortex. *Trends in Neurosciences*, 29(6), 317–322.
- Vatterott, D. B., Mozer, M. C., & Vecera, S. P. (2017). Rejecting salient distractors: Generalization from experience. *Attention, Perception, & Psychophysics*, 80, 485–499.
- Vatterott, D. B., & Vecera, S. P. (2012). Experience-dependent attentional tuning of distractor rejection. *Psychonomic Bulletin & Review*, 19(5), 871–878.
- Wang, B. & Theeuwes, J. (2018). Statistical regularities modulate attentional capture. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 44(1), 13–17.

意见 2: 实验 1 方法部分圆心角度和后续的视角都用“°”标识，容易混淆。建议进行区分。

回应: 根据审稿专家的建议，我们对正文中角度和视角的报告进行了调整，将原文修改为：靶子和五个干扰物均匀地分布在以灰色注视点为圆心的虚拟的圆上(半径:4.5°，相邻刺激与注视点连线之间的夹角为 60 度)。见 2.1.2 设备与实验刺激部分 p2，**红色**字体标注。

意见 3: 实验 1 和实验 2 报告颜色属性时使用的 x 和 y 并非通用符号，应进行解释。

回应: 根据审稿专家的提醒，除了报告颜色的亮度，我们还报告了 x 值和 y 值，CIE 色度图中 x 值是红基色的比例，y 值是绿基色的比例，目的是为了读者更加清楚的了解实验中使用的红色和绿色在 CIE 色度图上的位置，文中已经增加了对 x 值和 y 值的解释，即 CIE 色度图上的坐标位置。

意见 4: 需解释实验 1 中的设置如何保证刺激大小一致。

回应: 这个问题是我们没有阐述清楚，使审稿人感到疑惑。在开展本研究之前我们进行了预实验重复经典的注意抑制效应(Gaspelin et al., 2017)，在刺激呈现的过程中发现根据 Gaspelin 等人研究中提供的参数，被试知觉到的刺激大小差别很大，并且我们对其报告的正六边形的

长和宽相等也存在质疑(因为正六边形的长和宽分别是最长和最短的对角线, 不可能相等)。查阅了相关的文献发现有一些研究并没有控制刺激大小, 也有少量研究试图平衡刺激大小, 因此注意抑制效应研究中刺激的大小是否要保持一致也在研究之间存在差异。此外, 有研究者指出刺激大小会影响到知觉和注意(Ono & Kawahara, 2007; Pronina et al., 2018; Louisa, 2017), 例如, Louisa(2017)研究结果表明大刺激呈现在小偏心率位置时注意转移潜伏期最长。因此, 我们在考察基于干扰物特征的统计规则如何影响注意抑制效应之前进行了实验 1 来排除刺激大小干扰带来的干扰。为了让审稿人更加直观的了解本研究中刺激大小控制情况, 我们将相关研究和本研究的刺激大小进行整理, 如下表所示:

下表列举的是相关研究和本研究中报告的刺激大小(以视角为单位)和换算后求得的刺激面积(cm^2 为单位), 其中正六边形的面积是将 Gaspelin 报告值作为最长的对角线的视角求得的。以被试距离显示器 65cm, 显示器尺寸:长 36.4 cm 宽 27.3 cm, 分辨率 1024*768 为例, 1° 视角 1.1635 cm^2

	菱形	圆形(直径)	正方形	正六边形
Gaspelin et al., 2015	$1.6^\circ \times 1.6^\circ$ (1.73)	1.4° (2.08)	$1.2^\circ \times 1.2^\circ$ (1.95)	$1.5^\circ \times 1.5^\circ$ in width and height (1.98)
Gaspelin et al., 2017	$0.8^\circ \times 0.8^\circ$ (0.43)	0.9° (0.86)	$0.8^\circ \times 0.8^\circ$ (0.86)	$0.8^\circ \times 0.8^\circ$ in width and height (0.56)
Gaspelin & Luck, 2018	$0.9^\circ \times 0.9^\circ$ (0.55)	1.1° (1.28)	$1.0^\circ \times 1.0^\circ$ (1.35)	$1.1^\circ \times 1.1^\circ$ in width and height (1.06)
Wang & Theeuwes, 2018	$2^\circ \times 2^\circ$ (2.71)	1° (1.06)	$2^\circ \times 2^\circ$ (5.41)	
Wang et al., 2019	$1.7^\circ \times 1.7^\circ$ (1.96)	1.7° (3.07)		
本实验	$1.13^\circ \times 1.13^\circ$ (0.86)	0.9° (0.86)	$0.8^\circ \times 0.8^\circ$ (0.86)	边长: 0.5° (0.87)

【参考文献】

- Gaspelin, N., Leonard, C. J., & Luck, S. J. (2015). Direct evidence for active suppression of salient-but-irrelevant sensory inputs. *Psychological Science*, 26(11), 1740–1750.
- Gaspelin, N., Leonard, C. J., & Luck, S. J. (2017). Suppression of overt attentional capture by salient-but-irrelevant color singletons. *Attention, Perception, & Psychophysics*, 79(1), 45–62.
- Gaspelin, N., & Luck, S. J. (2018). Combined electrophysiological and behavioral evidence for the suppression of salient distractors. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 30(9), 1265–1280.
- Louisa, K.(2017). The effect of stimulus size and eccentricity on attention shift latencies. *Vision*, 1(4), 25–34.
- Ono, F., & Kawahara, J. I.(2007). The subjective size of visual stimuli affects the perceived duration of their presentation. *Perception & Psychophysics*, 69(6), 952-957.

Pronina A. S., Grigoryan R.K., & Kaplan A.Ya.(2018). Objective eye movements during typing in P300 BCI: the effect of stimuli size and spacing. *Moscow University Psychology Bulletin*, 4, 120-134.

Wang, B., & Theeuwes, J. (2018). Statistical regularities modulate attentional capture independent of search strategy. *Attention, Perception, & Psychophysics*, 80(7), 1763-1774.

Wang, B., Samara, I., & Theeuwes, J. (2019). Statistical regularities bias overt attention. *Attention, Perception, & Psychophysics*, 81, 1813-1821.

意见 5: 实验 1 结果与分析的第二段应先做 2(时间: 前 1/4 vs 后 1/4)*2(独子呈现 vs 不呈现)ANOVA, 再做事后比较或简单效应比较。

回应: 根据审稿专家的建议, 我们对实验 1 这部分数据进行了 2(时间: 前 1/4 vs. 后 1/4)×2(是否呈现颜色独子: 独子呈现 vs. 不呈现)的重复测量方差分析, 结果发现时间主效应显著, $F(1,59)=41.61, p<0.001, \eta^2=0.41$, 是否呈现颜色独子主效应显著, $F(1,59)=11.70, p=0.001, \eta^2=0.165$, 两者的交互作用也显著, $F(1,59)=5.62, p=0.021, \eta^2=0.087$ 。进一步进行简单效应分析发现, 前 1/4 试次中, 呈现颜色独子和不呈现颜色独子两个条件下被试的反应差异不显著, $t(59)=1.16, p = 0.286$, 而后 1/4 试次中, 呈现颜色独子时被试的反应显著快于不呈现颜色独子, $t(59)=14.92, p < 0.001$ 。具体内容见实验 1 结果部分 p2, 红色字体标注。

意见 6: 实验 1 前 1/4 和后 1/4 的抑制量均来自同一批数据而非两个独立样本的数据, 为什么要做独立样本 t 检验。另外, 实验 1 中关于 t 检验的报告, 既然文字描述是前者大于后者, t 值就应该是正数而非负数。

回应: 我们由于疏忽将配对样本 t 检验写成了独立样本 t 检验, 已在文中进行了改正, 并且将文字表述的顺序做了调整, 保证文字表述和 t 值正负号一致。具体修改为: 将前 1/4 和后 1/4 的抑制量进行配对样本 t 检验, 结果发现前 1/4 试次的注意抑制效应量显著小于后 1/4 试次, $t(59) = -2.37, p = 0.021, \text{Cohen's } d=-0.31, 95\% \text{ CI} = [-34.64, 2.94]$ (见文中 2.2 结果与分析 p2, 红色字体标注)。

意见 7: 实验 2 是否和实验 1 是同一群体。如是, 则无需赘述被试情况。

回应: 实验 1 和实验 2 是同一群体, 根据审稿专家的建议, 我们已经将实验 2 中关于被试信息的内容进行了删减。

意见 8: 靶子刺激是否只能是红或绿两种颜色?

回应：是的，在实验开始之前我们对实验中所有使用的颜色进行了严格的亮度匹配，有研究者在亮度匹配之后会只选择一种颜色作为靶子颜色(Stilwell et al., 2019)，为了避免实验结果局限在某一特定靶子颜色，我们参照 Gaspelin 等(2017)的设计，在实验开始之前将被试随机分配到红色靶子和绿色靶子组，这样设计可以平衡靶子颜色带来的影响。

【参考文献】

Gaspelin, N., Leonard, C. J., & Luck, S. J. (2017). Suppression of overt attentional capture by salient-but-irrelevant color singletons. *Attention, Perception, & Psychophysics*, 79(1), 45–62.

Stilwell, B. T., Bahle, B., & Vecera, S. P. (2019). Feature-based statistical regularities of distractors modulate attentional capture. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 45(3), 419–433.

意见 9：文中结果和方法部分关于反应时和统计结果小数位数的保留不统一，有的地方未保留小数，有的地方保留了两位小数，请作者全文统一。

回应：根据审稿专家的建议，我们结合《心理学报》投稿指南中关于统计表达的内容，将反应时统一保留两位小数，并精确报告了大于 0.001 的 p 值，保留了三位小数。

意见 10：实验 2 结果与分析部分同实验 1 的意见一样，也应先做 2*3 重复测量 ANOVA，再做事后比较。

回应：根据审稿专家提的建议，与实验 1 相同，我们对实验 2 的结果进行了 2(时间：前 1/4 vs. 后 1/4)×3(颜色独子类型：不呈现 vs. 低概率颜色 vs. 高概率颜色)重复测量方差分析。结果发现，时间主效应显著， $F(1,59)=11.17, p=0.001, \eta^2=0.159$ ，颜色独子类型主效应也显著， $F(2,118)=13.64, p<0.001, \eta^2=0.188$ ，两者的交互作用不显著， $F(2,118)=0.68, p=0.507, \eta^2=0.011$ 。考虑到我们主要关心的是不同时间条件下，三种颜色独子呈现条件之前的差异，做了进一步分析。结果发现，前 1/4 试次中无独子条件下被试的反应时显著大于高概率颜色独子条件下被试的反应， $t(59) = 2.79, p = 0.007, \text{Cohen's } d=0.36, 95\% \text{ CI} = [7.00, 42.50]$ ，后 1/4 试次中，无独子条件下被试的反应时显著大于低概率颜色独子条件下被试的反应， $t(59) = 2.07, p = 0.043, \text{Cohen's } d=0.27, 95\% \text{ CI} = [0.56, 33.63]$ ，也显著大于高概率颜色独子条件下被试的反应， $t(59) = 4.29, p < 0.001, \text{Cohen's } d=0.55, 95\% \text{ CI} = [21.10, 58.08]$ ，并且，高概率颜色独子条件下被试的反应显著快于低概率颜色独子条件， $t(59) = 3.02, p = 0.004, \text{Cohen's } d=0.39, 95\% \text{ CI} = [7.59, 37.40]$ 。

意见 11：总的来说，对实验结果的讨论比较流于表面，缺乏深入探讨。特别是关于注意抑

制效应的机制方面,该研究有何贡献?该实验的结果和基于特征的注意有何联系?这些都是值得探讨的问题。需要作者进一步思考和讨论。

另外,缺乏对研究局限性的探讨。建议补充。

回应:根据审稿专家给的建议,我们经过深入思考,在讨论部分增加了对注意抑制效应机制和基于特征的注意的讨论,并增加了对研究局限性的探讨,见讨论部分红色标注。

对注意抑制效应机制的贡献: Gaspelin 和 Luck(2018)在对注意抑制效应的机制进行探索的时候发现,只有当被试提前掌握有关即将呈现的干扰物的具体特征(他们称之为“一阶特征”)时,被试才能够抑制对其的加工,即告知被试“抑制红色干扰物”时被试能够抑制红色独子的加工产生注意抑制效应,而告知被试“抑制一个其他颜色刺激”时则不能产生抑制效应,他们称之为“一阶特征模型”。这种说法可以解释本研究的结果,即被试在实验之前掌握所有即将呈现的干扰物的特征,就可以对其产生抑制。而本研究的结果对该模型的补充在于,先前实验中独子干扰物的颜色特征单一且在整个任务中保持不变,而本研究中独子干扰物有多个颜色特征且在整个任务中随机出现,这也表明注意抑制能力非常强的且足够灵活。但还有一种可能是,被试掌握关于靶子的一阶特征时,会自动抑制其他与靶子一阶特征不符的颜色独子,与颜色独子的特征信息和特征数目无关。本研究和前人研究中对于每个被试来说靶子颜色都是单一的,并不能对这种可能性进行排除,未来也需要更多的研究继续探究注意抑制效应的机制。

对基于特征的注意的讨论: 有研究者认为基于特征的注意在搜索具有该特征的刺激时起着重要的作用,视觉搜索任务中可以通过基于特征的注意来增强对靶子相关信息的响应,被试选择一个特征进行加工时,许多皮层区域的体素对该特征的响应都高于其他特征(Maunsell & Treue, 2006; Gong & Liu, 2020),而本研究在一定程度上表明基于特征的注意在抑制干扰物加工方面也起着重要作用。本研究中被试之所以能够同时抑制多种颜色特征,有一种可能是与被试的工作记忆容量有关。有研究者认为工作记忆容量和基于特征的注意有关,维持基于某种特征的注意可能涉及与视觉工作记忆相同的神经资源(Sawaki et al., 2012; Sawaki & Luck, 2013),对于满足工作记忆容量的特征数,基于特征的注意可以影响其加工过程。实验2中高概率颜色和低概率颜色一共有四种不同的颜色,实验中告知被试颜色独子由可能为哪些不同的颜色,当工作记忆容量可以满足这些信息的加工时,被试则能够抑制特定特征的刺激。但也并不是所有研究都支持这一点,也有研究者认为工作记忆容量和基于特征的注意无关(Burnham et al., 2011; Fukuda & Vogel, 2011; Harris et al., 2020),例如 Harris 等(2020)使用三个独立的工作记忆任务,发现工作记忆容量的个体差异和加工干扰物时基于特

征的偏差量的个体差异之间并不相关。也就是说，关于工作记忆和基于特征的注意之间的关系尚且存在争议，如果要考察工作记忆容量是否与基于特征的注意对注意抑制效应的影响有关，未来还需要更多的研究来进行探讨。

本研究的局限性：首先，本研究主要关注的是基于颜色独子干扰物的统计规则，对于其他类型的突显刺激并没有考察(如突现刺激、情绪刺激等)。有研究显示突现刺激对注意的影响与颜色独子不同(Franconeri & Simon, 2003; Jonides & Yantis, 1984)，而情绪刺激除了物理属性还包含社会意义，未来可能需要的研究考察基于突现刺激和情绪刺激等不同类型的刺激的统计规则对注意的影响；其次，本研究中颜色独子的不同特征亮度相同，不能考察颜色独子特征的统计规则和突显性之间的交互作用。而有研究发现高突显性颜色独子呈现在高概率独子位置时，相较于低突显性颜色独子呈现在高概率独子位置注意捕获量更小(Failing & Theeuwes, 2019)，未来需要更多的研究设置多个颜色独子的突显性梯度，考察颜色独子特征的统计规则和突显性之间的交互作用。

【参考文献】

- Failing, M., & Theeuwes, J. (2019). More capture, more suppression: Distractor suppression due to statistical regularities is determined by the magnitude of attentional capture. *Psychonomic Bulletin & Review*, 27(1), 86–95.
- Franconeri, S. L., & Simons, D. J. (2003). Moving and looming stimuli capture attention. *Perception & Psychophysics*, 65(7), 999–1010.
- Gaspelin, N., & Luck, S. J. (2018). Distinguishing among potential mechanisms of singleton suppression. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception & Performance*, 44(4), 626–644.
- Harris, A. M., Jacoby O., Remington R. W., Becker S. I., Mattingley J. B. (2020). Behavioral and electrophysiological evidence for a dissociation between working memory capacity and feature-based attention. *Cortex*, 129, 159–174.
- Maunsell, J. H. R., & Treue, S. (2006). Feature-based attention in visual cortex. *Trends in Neurosciences*, 29(6), 317–322.
- Sawaki, R., Geng, J. J., & Luck, S. J. (2012). A common neural mechanism for preventing and terminating the allocation of attention. *Journal of Neuroscience*, 32(31), 10725–10736.
- Sawaki, R., & Luck, S. J. (2013). Active suppression after involuntary capture of attention. *Psychonomic Bulletin & Review*, 20(2), 296–301.
- Yantis, S., & Jonides, J. (1984). Abrupt visual onsets and selective attention: evidence from visual search. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 16(1), 121–134.

意见 12：请作者定义何为“实质性”区别。从后续的叙述来看，两个任务的区别就是基于位置和基于特征的抑制的区别，并未见讨论其他更“实质”的区别。

回应：我们讨论里提到的“实质性区别”，主要想表达的意思是以往研究中基于位置的抑制指的是高概率位置**注意捕获的削减**，而我们基于特征的抑制是高概率颜色**注意抑制的增大**，

根据审稿专家的意见，我们删掉了“实质性区别”这一说法，调整为客观地叙述，即“本研究高概率颜色独子受到抑制其实指的是注意抑制效应增大”。

意见 13: 讨论部分提到实验 2 中当被试采取特征探测策略时，颜色独子会受到自上而下的抑制，前文中提到的基于位置的抑制不是自上而下的抑制吗？

回应: 我们的表述不清晰，给审稿专家带来疑惑。文中提到的颜色独子受到自上而下地抑制是指，根据注意捕获的信号抑制假说，额外单例范式中当被试采取特征探测策略搜索靶子时，注意之所以没被颜色独子吸引产生捕获效应，是由于在捕获发生之前被试自上而下地抑制了颜色独子作为突显刺激产生的“注意我(attend-to-me)”的信号(Sawaki & Luck, 2010; Gaspelin et al., 2015, 2017; Gaspelin & Luck, 2018a)，这里的自上而下地抑制与本文操纵的基于干扰物特征的统计规则无关。

审稿专家提到的前文中基于位置的抑制指的是，研究者发现当颜色独子的特征在试次间随机变化时，其作为突显刺激会捕获注意，产生注意捕获效应，随后研究者发现当颜色独子更多地呈现在某一位置时(即高概率干扰物呈现位置)，该位置的注意捕获效应被削弱，研究者认为这种削弱是由于高概率位置受到了抑制，这种基于位置的抑制与基于干扰物位置的统计规则有关(Wang & Theeuwes, 2018a, 2019)。最近也有研究者认为这种注意捕获效应的削弱是统计规则和自上而下的控制共同作用的结果，且两者是相对独立的(Gao & Theeuwes, 2020)。

【参考文献】

- Gao, Y., & Theeuwes, J. (2020). Independent effect of statistical learning and top-down attention. *Attention, Perception, & Psychophysics*, 82, 3895–3906.
- Gaspelin, N., Leonard, C. J., & Luck, S. J. (2015). Direct evidence for active suppression of salient-but-irrelevant sensory inputs. *Psychological science*, 26(11), 1740–1750.
- Gaspelin, N., Leonard, C. J., & Luck, S. J. (2017). Suppression of overt attentional capture by salient-but-irrelevant color singletons. *Attention Perception & Psychophysics*, 79(1), 45–62.
- Gaspelin, N., & Luck, S. J. (2018a). Combined electrophysiological and behavioral evidence for the suppression of salient distractors. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 30(9), 1265–1280.
- Sawaki, R., & Luck, S. J. (2010). Capture versus suppression of attention by salient singletons: Electrophysiological evidence for an automatic attend-to-me signal. *Attention, Perception, & Psychophysics*, 72(6), 1455–1470.
- Wang, B. & Theeuwes, J. (2018a). Statistical regularities modulate attentional capture. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 44(1), 13–17.
- Wang, B., Samara, I., & Theeuwes, J. (2019). Statistical regularities bias overt attention. *Attention, Perception, & Psychophysics*, 81, 1813–1821.

意见 14: 结论中除了对结果的概述外, 还需说明该结果反映了什么问题。

回应: 根据审稿专家的建议, 参考《心理学报》多数已发表文章中“结论”的陈述, 我们对结论部分进行了一定的修改。考虑到讨论第一段已经对全文重要结果进行了概述, 故在结论部分主要简明扼要地说明了实验 1 和实验 2 的结果反映了什么问题(见正文结论部分, 红色字体标注)。具体修改如下:

(1)排除刺激大小带来的影响后, 呈现颜色独子条件下被试的反应时显著增快, 说明额外单例范式中当被试采取特征探测策略时, 注意抑制效应依然稳定存在;

(2)操控基于干扰物特征的统计规则, 高概率颜色独子条件下被试的反应显著快于低概率颜色独子和无独子条件, 说明注意抑制效应确实会受到基于干扰物特征的统计规则的影响。

意见 15: 实验 2 高低概率设置的分别是多少。

回应: 实验 2 中的高低概率设置为: 1/3 试次中不呈现颜色独子, 另外 2/3 试次呈现颜色独子。呈现颜色独子的试次中, 50%的试次独子为一种颜色(即高概率颜色, 占总试次的 1/3), 另 50%为其他三种颜色, 共占总试次的 1/3(即低概率颜色, 各自占总试次的 1/9), 且高概率颜色在被试间随机。我们在文中增加了对高低概率设置情况的报告(3.1.3 实验设计和实验流程红色字体标注)。

意见 16: 英文摘要错字和语法错误较多, 需修改。

回应: 根据审稿专家的建议, 我们对英文摘要部分进行了认真修改, 如果接收的话我们会进一步找专业的论文编辑公司进行校对润色。

意见 17: 文中存在语句不通和笔误的情况。

回应: 感谢审稿专家的指正, 我们认真通读了全文, 并修改了语句不通和笔误的地方。

.....

审稿人 2 意见:

本论文采用经典的额外单例范式的变式, 通过操控颜色独子干扰物特征的统计规则, 考察了注意对单一子的抑制效应。作者首先重复了前人的研究, 证实目标形状的串行搜索任务中颜色单一子的出现反而促进了目标线段朝向的判断, 这一效应特别出现在后 1/4 的试次中。另外, 作者调节了颜色单一子颜色的出现频度, 考察不同频度的单一颜色干扰子如何影响目标判断, 作者发现高频度的颜色单一子会给目标判断带来更大的促进作用。这一研究

证实了在对某一特征的串行搜索中，另外特征的单一子会被注意抑制，从而对目标任务产生促进作用。

意见 1: 文中的所有的图片分辨率都太低，图像太模糊，建议作者提高图片的分辨率。

回应: 根据审稿专家的建议，我们使用 Adobe Illustrator 软件制作矢量图，将文中所有图片的分辨率由之前的 300dpi 提高到 600dpi，如果不能满足杂志要求我们可以继续修改。

意见 2: 每幅图都需要配上对应的图注，图注需要对图的内容作简要介绍。

回应: 已按照审稿专家建议在每幅图下方增加对应的图注，对图中内容进行简要介绍(图注蓝色字体标注)。

意见 3: 实验一是对前人实验的重复，与前人实验最大的不同是他们控制了实验刺激的大小，但作者在文中并没有阐明他们对刺激的大小控制体现在哪里，希望作者对这一问题进行详细说明，从而突出该实验的价值。

回应: 这个问题我们没有阐述清楚使审稿人感到困惑。在开展本研究之前我们进行了预实验重复经典的注意抑制效应(Gaspelin et al., 2017), 在刺激呈现的过程中发现根据 Gaspelin 等人研究中提供的参数，被试知觉到的刺激大小差别很大，并且我们对其报告的正六边形的长和宽相等也存在质疑(因为正六边形的长和宽分别是最长和最短的对角线，不可能相等)。查阅了相关的文献发现有一些研究并没有控制刺激大小，也有少量研究试图平衡刺激大小，因此注意抑制效应研究中刺激的大小是否要保持一致在研究之间存在差异。此外，有研究者指出刺激大小会影响到知觉和注意(Ono & Kawahara, 2007; Pronina et al., 2018; Louisa, 2017)，例如，Louisa(2017)研究结果表明大刺激呈现在小偏心率位置时注意转移潜伏期最长，因此我们在考察基于干扰物特征的统计规则如何影响注意抑制效应之前进行了实验 1 来排除刺激大小干扰带来的干扰。为了让审稿人更加直观的了解本研究中刺激大小控制情况，我们将相关研究和本研究的刺激大小进行整理，如下表所示：

下表列举的是相关研究和本研究中报告的刺激大小(以视角为单位)和换算后求得的刺激面积(cm^2 为单位)，其中正六边形的面积是将 Gaspelin 报告值作为最长的对角线的视角求得的。以被试距离显示器 65cm，显示器尺寸:长 36.4 cm 宽 27.3 cm，分辨率 1024*768 为例， 1° 视角 1.1635 cm^2

	菱形	圆形(直径)	正方形	正六边形
Gaspelin et al., 2015	1.6°×1.6° (1.73)	1.4° (2.08)	1.2°×1.2° (1.95)	1.5°×1.5° in width and height (1.98)
Gaspelin et al., 2017	0.8°×0.8° (0.43)	0.9° (0.86)	0.8°×0.8° (0.86)	0.8°×0.8° in width and height (0.56)
Gaspelin & Luck, 2018	0.9°×0.9° (0.55)	1.1° (1.28)	1.0°×1.0° (1.35)	1.1°×1.1° in width and height (1.06)
Wang & Theeuwes, 2018	2°×2° (2.71)	1° (1.06)	2°×2° (5.41)	
Wang et al., 2019	1.7°×1.7° (1.96)	1.7° (3.07)		
本实验	1.13°×1.13° (0.86)	0.9° (0.86)	0.8°×0.8° (0.86)	边长: 0.5° (0.87)

【参考文献】

- Gaspelin, N., Leonard, C. J., & Luck, S. J. (2015). Direct evidence for active suppression of salient-but-irrelevant sensory inputs. *Psychological Science*, 26(11), 1740–1750.
- Gaspelin, N., Leonard, C. J., & Luck, S. J. (2017). Suppression of overt attentional capture by salient-but-irrelevant color singletons. *Attention, Perception, & Psychophysics*, 79(1), 45–62.
- Gaspelin, N., & Luck, S. J. (2018). Combined electrophysiological and behavioral evidence for the suppression of salient distractors. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 30(9), 1265–1280.
- Louisa, K.(2017). The effect of stimulus size and eccentricity on attention shift latencies. *Vision*, 1(4), 25–34.
- Ono, F., & Kawahara, J. I.(2007). The subjective size of visual stimuli affects the perceived duration of their presentation. *Perception & Psychophysics*, 69(6), 952-957.
- Pronina A. S., Grigoryan R.K., & Kaplan A.Ya.(2018). Objective eye movements during typing in P300 BCI: the effect of stimuli size and spacing. *Moscow University Psychology Bulletin*, 4, 120-134.
- Wang, B., & Theeuwes, J. (2018). Statistical regularities modulate attentional capture independent of search strategy. *Attention, Perception, & Psychophysics*, 80(7), 1763–1774.
- Wang, B., Samara, I., & Theeuwes, J. (2019). Statistical regularities bias overt attention. *Attention, Perception, & Psychophysics*, 81, 1813–1821.

第二轮

审稿人 1 意见：作者详细回复并修改了之前提出的所有问题。本人没有进一步的问题了。