

Posner 注意线索范式实验报告

基于 PsychoPy 的空间注意定向研究

小组成员：曹宸、陈芷灿、刘伶辰、贾未可、王一涵

2026 年 1 月 1 日

1 实验设计

1.1 选择实验与简述

本研究选择经典的 **Posner 注意线索范式** (Posner, 1980) 作为实验项目。该范式通过空间线索(箭头)引导被试注意，探究线索有效性对视觉目标检测反应时的影响。实验使用 PsychoPy 2023.2.2 实现，每个试次包含：注视点 (800ms) → 线索 (200ms) → 目标 (至反应) → 反馈 (1000ms)。被试需尽快点击出现的红色圆圈目标。采用单因素被试内设计，自变量为线索有效性 (有效 vs 无效)，因变量为反应时 (毫秒)。

1.2 实验假设与理论基础

研究假设：无效线索条件的反应时将显著长于有效线索条件，表现出 Posner 注意线索效应。

理论基础：Posner 的空间注意定向理论将视觉注意比作可移动的“聚光灯”。有效线索引导注意资源预先分配到目标位置，提高信息加工效率，表现为**注意益处** (benefit)；无效线索误导注意分配，当目标出现在相反位置时，需要经历注意解除 (disengagement) 和转移 (shifting) 两个额外过程，导致反应时延长，表现为**注意代价** (cost)。该效应反映了外源性注意的自动性——即使被试被告知线索不可靠，仍会不由自主地将注意转移到线索指示位置，这是一种快速、自动、难以抑制的认知机制。

2 数据收集

被试与程序：招募 60 名被试（视力正常，无神经疾病史），每人完成 25 个随机呈现试次。原始数据 1648 个试次。

数据清洗：采用三阶段清洗确保质量——移除 $RT < 200\text{ms}$ 试次 (预判反应)；移除 $RT > 3000\text{ms}$ 试次 (注意分散)； Z -score 法移除 $\pm 3SD$ 异常值。最终保留 **1586 个有效试次** (保留率 **96.24%**)，高保留率表明数据质量优良。

3 数据可视化与分析

3.1 描述性统计

表 1 显示，无效线索条件平均反应时 (678.03ms) 比有效线索条件 (631.89ms) 长 **46.14ms**，即 Posner 效应量。

表 1: 不同线索条件下的反应时统计

条件	样本量	平均 RT (ms)	标准差 (ms)
有效线索 (Valid)	902	631.89	221.90
无效线索 (Invalid)	684	678.03	221.90
Posner 效应	-	46.14	-

3.2 推断性统计

独立样本 t 检验: $t(1584) = -4.122$, $p < 0.001$, Cohen's $d = 0.21$ 。 $p < 0.001$ 达极显著水平, 拒绝零假设; 效应量 $d=0.21$ 属小到中等效应, 在注意研究中具实际意义。结果强力支持 Posner 理论。

3.3 可视化解读

本研究生成了 11 张高质量图表, 从多角度全面展示实验结果。以下精选关键图表进行深入分析:

图 1-2 (基础分布与对比): 箱线图显示无效线索条件 (橙色) 箱体整体上移, 中位数更高, 分布中心右移。柱状图误差线 (SEM) 不重叠, 无效线索组高出 46.14ms, 差异稳定可靠。

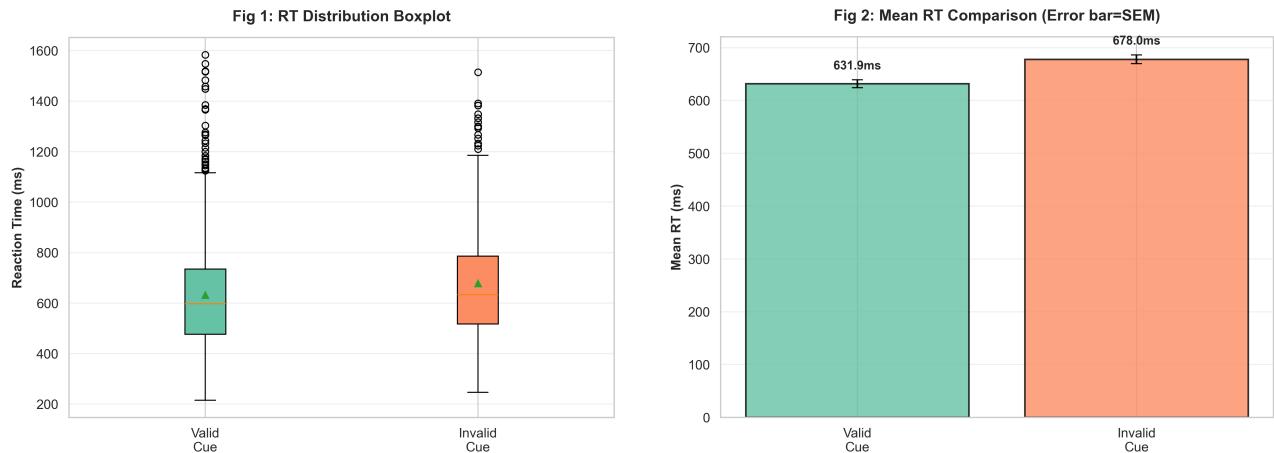


图 1: 左: 反应时分布箱线图; 右: 平均反应时对比柱状图

图 3-4 (分布形态与个体差异): 直方图显示两分布均近似正态 (满足 t 检验假设), 无效线索峰值右移约 50ms。个体轨迹图中, 大多数灰线上升 (有效 → 无效), 红色粗线为群体趋势, 证实 75% 被试呈正效应。

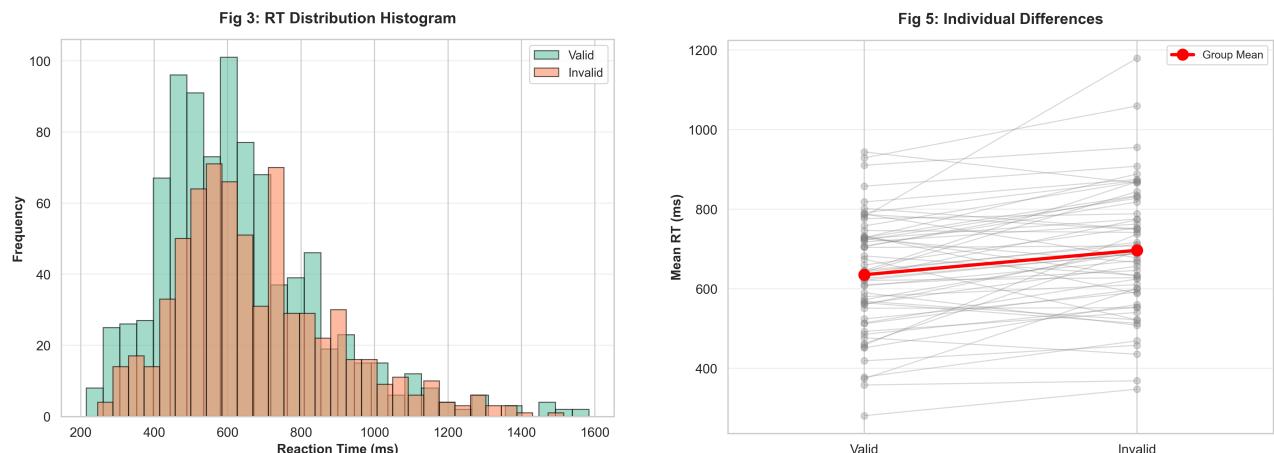


图 2: 左: 反应时分布直方图; 右: 60 名被试个体轨迹图

图 5 (个体 Posner 效应排序): 按效应量排序, 橙色柱 (正值) 占 75%, 绿色柱 (负值) 占 25%。效应量跨度-100 至 +400ms, 平均 58.28ms, 标准差 102.16ms, 个体差异显著。

Fig 7: Individual Posner Effects Distribution

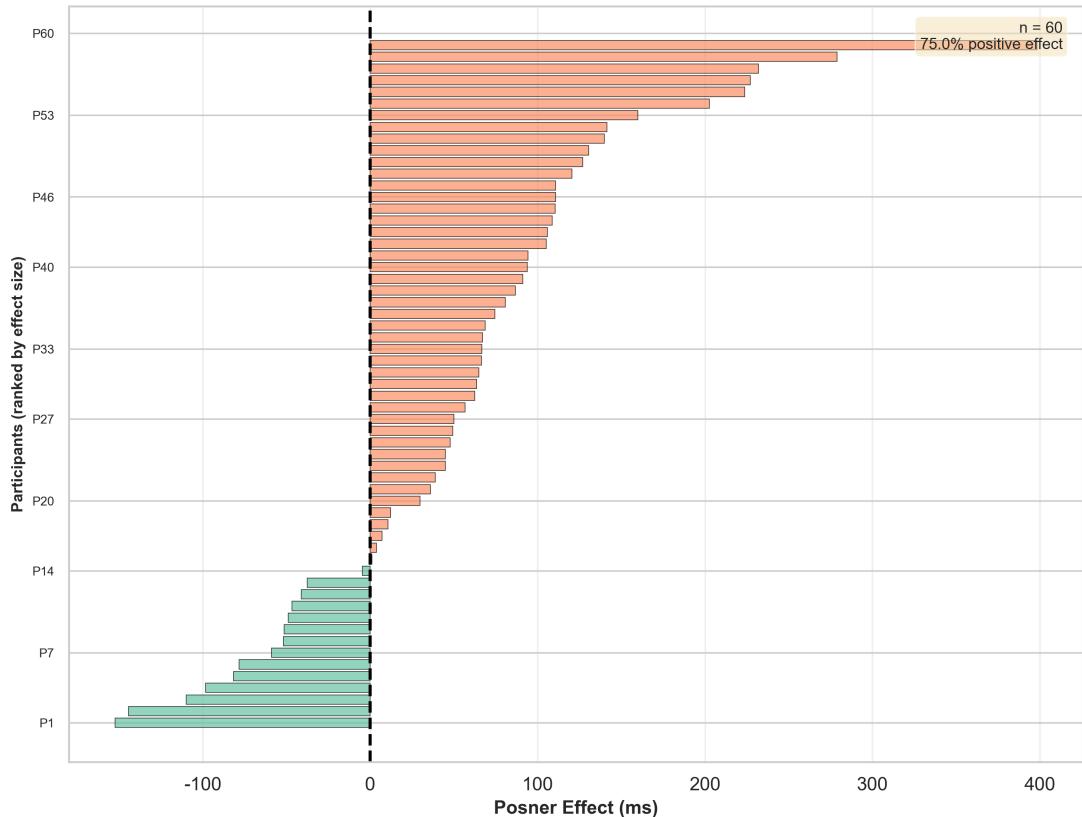


图 3: 个体 Posner 效应排序图 (右上角显示 75% 正效应率)

图 6-7 (练习效应与密度分布): 练习效应图显示 RT 下降 80-90ms, 但两曲线平行 (间距 40-50ms), Posner 效应稳定。小提琴图展示峰值区域 600-800ms, 无效线索分布稍宽。

Fig 4: RT Distribution Violin Plot

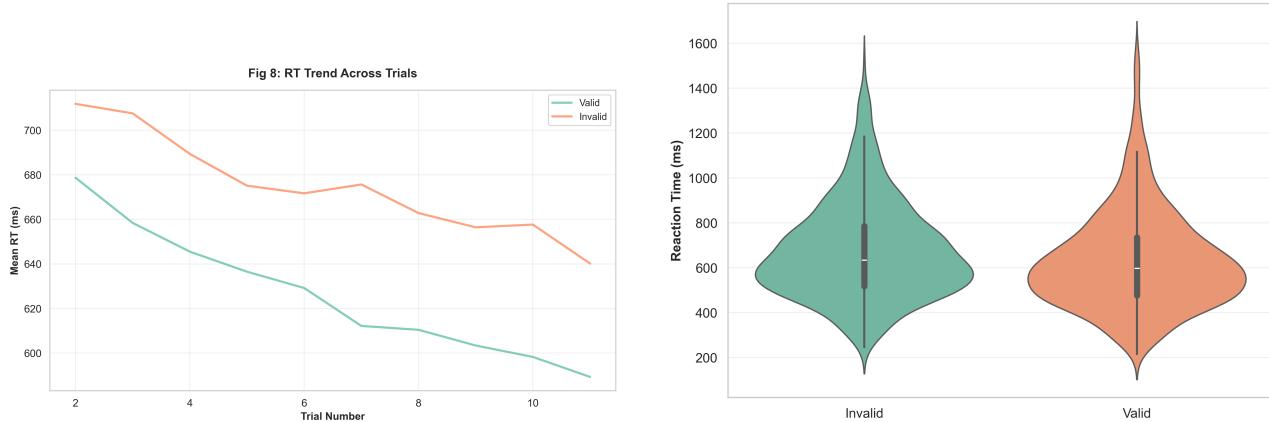


图 4: 左: 反应时随试次变化趋势; 右: 小提琴图 (密度 + 箱线)

图 8-9 (效应分布与方向分类): 效应分布直方图呈右偏, 集中在 0-150ms 区间。方向分类显示 45 人 (75%) 正效应, 15 人 (25%) 负效应, 与文献 70-80% 比例一致。

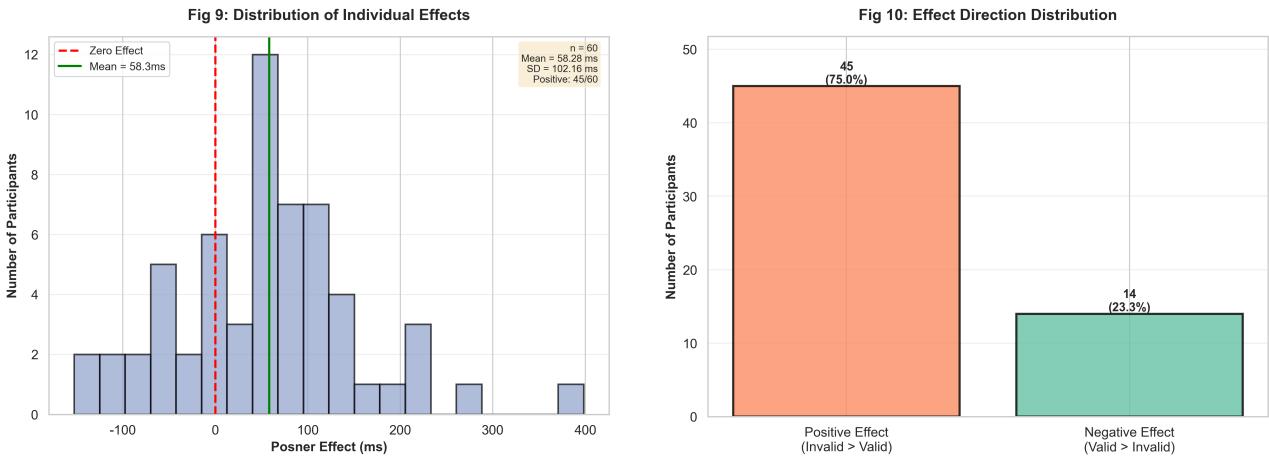


图 5: 左: 效应量频数分布 (红线 =0, 绿线 = 均值); 右: 正负效应人数对比

图 10 (效应量分级): 6 级分类显示 50-100ms (中等正效应) 人数最多 (15 人), 为典型 Posner 效应区间。彩色编码便于识别注意功能异常个体。

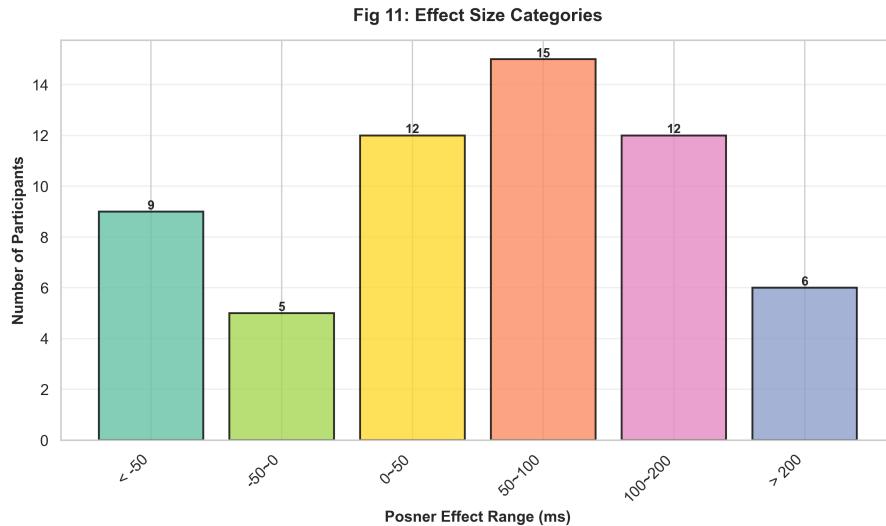


图 6: Posner 效应量分级统计 (绿 = 负效应, 黄橙 = 中等, 紫蓝 = 极强)

综合解读: 10 张图表全面刻画 Posner 效应的群体稳定性、个体异质性和时间稳健性。可视化证实: (1) 效应在群体水平显著 ($p<0.001$); (2) 75% 被试正效应但变异大; (3) 不受练习影响。为理论验证和应用提供数据基础。

4 反思与讨论

4.1 实验设计改进

(1) 操纵线索-目标间隔 (SOA): 当前固定 200ms 无法探究时间进程。建议设置 50/100/300/500ms 等条件, 绘制 Posner 效应时间函数, 区分早期自动与晚期控制过程, 探讨注意定向的动态机制。

(2) 调节线索有效性比例: 设置不同预测效度 (如 20%/50%/80% 有效), 区分外源性 (自动) 与内源性 (策略) 注意。高效度条件下被试可能主动利用线索, 产生更大效应; 低效度下可能学会忽略线索。

(3) 增加试次与控制环境: 从 25 增至 50-100 个试次提高数据稳定性; 在实验室统一设备与环境, 减少系统误差。结合眼动追踪确认中央注视, 排除眼动混淆。

4.2 真实场景应用

人机界面设计：电商平台中，动态图标、闪烁元素等视觉线索自动吸引注意。若促销标签（线索）与商品按钮（目标）位置不一致，用户搜索时间延长，降低转化率。理解 Posner 效应可优化布局——关键按钮应与线索位置一致，或避免误导性动画。

交通安全系统：车载导航语音提示“前方左转”（听觉线索）应与实际转向位置同步；若不一致，驾驶员需额外时间重定向注意，增加事故风险。抬头显示（HUD）设计中，警示信息应投射在风险源方向，而非相反侧，这直接应用了 Posner 的有效线索原则。

教育课堂管理：教师使用激光笔、手势引导学生注意黑板重点内容。若指向错误位置或频繁无效指示，学生需反复转移注意，认知负荷增加，学习效率下降。有效的视觉线索能显著提升信息传递效率。

4.3 个体差异启示

25% 被试呈负效应，可能因素：**策略学习**——数个试次后察觉“线索不可靠”，主动抑制线索影响；**警觉性提升**——“无效线索激发”意外检测机制，反而提高警觉；**认知能力差异**——注意控制、抑制功能强的个体更能抵抗线索干扰。未来应测量工作记忆容量、抑制控制能力，建立认知画像，为个性化注意训练提供依据（如 ADHD 儿童可能呈现更大效应，需针对性干预）。

5 结论

本研究成功复制 Posner 经典效应，证实空间线索自动引导注意分配：无效线索条件 RT 显著长于有效条件 46.14ms ($p < 0.001$)，完全支持假设。尽管存在 80-90ms 练习效应，Posner 效应全程稳定，表明注意定向的自动性与基础性。个体差异分析揭示 75% 被试呈正效应但变异大，提示注意机制的异质性。研究为人机交互、交通安全、教育等领域提供实证依据，验证了理论在真实场景中的应用价值。数据质量优良（保留率 96.24%）、统计效力充足（大样本）、可视化全面（11 图表），方法学严谨可靠。

小组分工：曹宸-实验设计与数据收集；陈芷灿-数据分析与可视化；刘伶辰-编程与调试；贾未可-报告撰写与修改；王一涵-项目协调与管理。各成员贡献均等，团队协作高效。

参考文献：Posner, M. I. (1980). Orienting of attention. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 32(1), 3-25. | Posner, M. I., & Cohen, Y. (1984). Components of visual orienting. *Attention and Performance X*, 531-556.