

认知心理学报告



视觉搜索不对称性实验报告

专业：_____
班级：_____
学号：_____
姓名：_____
性别：_____

视觉搜索不对称性实验报告

(浙江大学心理与行为科学系 杭州, 310028)

摘要 Treisman 自八十年代以来进行了一系列非对称性搜索实验,她应用封闭圆和开口圆做靶子分别进行视觉搜索的实验,结果表明开口圆的搜索要快于封闭圆的搜索。本实验旨在对 Treisman 等人的经典视觉搜索不对称实验进行验证,了解各种视觉搜索不对称现象的特点,并进一步探讨引起视觉搜索不对称的原因及其影响因素。结果表明在特征缺失搜索任务中,被试反应时随搜索集的增加而增长,且受目标存在与否的影响;在特征存在搜索任务中,被试反应时不随搜索集的增加而改变,且不受目标存在与否的影响。

关键词 视觉编码保持; 短时记忆; 视觉编码; 听觉编码

1 引言

视觉搜索实验范式是了解视觉注意机制的一种非常重要的工具。典型的视觉搜索任务要求被试在由靶子和干扰子所组成的刺激系列中搜索靶子项目,而后考察其搜索效率。搜索效率一般以反应时(RT)对搜索集(Set Size)的函数关系的斜率来表示,当反应时不随搜索集变化时,称为有效搜索或平行搜索,例如在一堆绿色的干扰子中搜索一个红色的靶子;相反,当反应时随搜索集的增大而增大时,称为低效搜索或系列搜索,例如在一堆不同朝向的 L 中搜索一个靶子 T。最有效的搜索发生在靶子具有单一基本特征(该特征是突出的或显著的),且干扰子都是同质的条件;而最低效的搜索发生在靶子和干扰子具有相同的基本特征,且干扰子都是异质的条件。

一般视觉搜索不对称是指:以反应时为指标,在刺激 B 中搜索 A 与在刺激 A 中搜索 B,其搜索效率是不同的。最早由 Neisser(Neisser, 1963)发现了视觉搜索不对称现象。在实验中他发现,在一组含 Z(Q)的字母组合列表中搜索不含 Z(Q)的字母组合(例如, JZLXSH, QVZMXL, FDRVQH),比在一组不含 Z(Q)的字母组合列表中搜索含 Z(Q)的字母组合,其搜索速度要更慢。Neisser 据此提出了视觉加工的两阶段理论来解释上述现象:(1)第一阶段为前注意加工阶段,该阶段,视觉系统对视野内刺激的基本特征进行同时加工,此时无需注意的参与,可以达到自动化加工的程度,表现为并行加工;(2)第二阶段为集中注意加工阶段,该阶段,视觉系统要对

联合特征进行加工,需要集中注意的参与和整合,因而表现为串行加工。

经典的视觉搜索不对称实验是由 Treisman 等人(Treisman & Souther, 1985)设计的。在实验中,依次向被试呈现一些刺激图案,要求他们从一些干扰子中搜索特定的靶子。刺激图案根据搜索任务不同,是成对设计的,具体参见图 1-1,其中 a 图案中的靶子是“ Φ ”,干扰子是“ \bigcirc ”,而 b 图案中的靶子是“ \bigcirc ”,干扰子是“ Φ ”,两靶子的区别仅在于是否有竖线。另外,呈现一些不含靶子的刺激图案,要求被试做出“有”靶子或“无”靶子的反应,记录被试的反应时。结果发现, a 图案对应的搜索任务,被试的反应时几乎不随搜索集的变化而变化,反应的是高效的并行搜索,而 b 图案对应的搜索任务,被试的反应时随搜索集的增大而迅速增大,反应的是低效的系列搜索。

对于为何会产生上述搜索不对称现象, Treisman 用特征整合理论来(feature integration theory)加以解释(Treisman & Gormican, 1988)。特征整合理论主要探讨视觉加工早期的问题,该理论将特征看作是某个维量的一个特征值,知觉系统对各个维量的特征进行独立的编码。这些个别特征对应的心理表征叫特征地图(feature map),而一些特征的结合体则是客体。该理论认为视觉系统的加工可分为两个阶段:(1)特征登记阶段,该阶段,视觉系统从光刺激模式中抽取特征,且不检测特征间的关系,这是一种平行的、自动化的加工过程。Treisman 假定,视觉早期阶段只能检测独立的特征,包括颜色、大

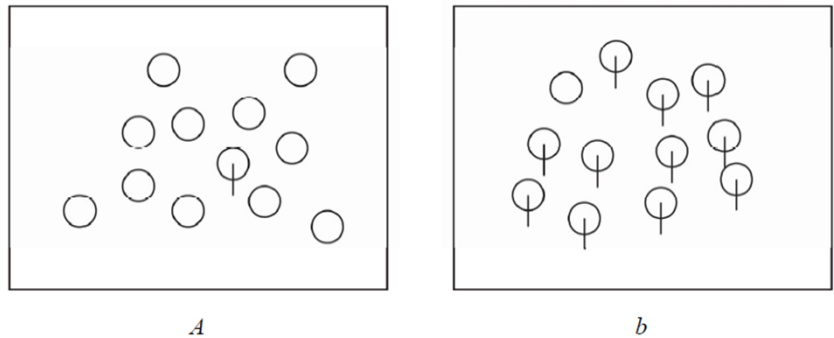


图 1-1 Treisman 实验中两种类型的靶子，采自（Treisman & Souther, 1985）

小、反差、倾斜性、曲率和线段端点，还可能包括运动和距离的远近等。此时，被检测出的特征处于自由漂浮状态（free floating state），不受所属客体的约束，因此，其位置是不确定的。（2）特征整合阶段。知觉系统将知觉到的特征正确地联系起来，把原始的、彼此分开的特征（如颜色、形状、朝向等）整合为一个单一的客体，从而形成对某一客体的表征。该阶段要求对特征进行定位，即确定特征的边界位置在哪里，即在位置地图（map of locations）上标志出来。由于处理特征的位置信息需要集中性注意参与，因此，该阶段是一种系列的、非自动化的加工过程。如果此时注意分散或超载，单一客体的特征就可能会重新被分解，并再次成为自由漂浮的状态，甚至于在一些条件下出现错误性的结合（illusory conjunction）。特征整合理论框架示意图具体参见图 1-2。

Treisman 认为，在视觉搜索任务中，当与干扰子相比，靶子具有某项基本特征时，在激活特征地图的特征登记阶段就可以被探测到，因而这时的加工属于自动化的并行加工；而当靶子缺少了干扰子都具有的某项基本特征时，就需要集中注意的参与，才能在位置地图上将其标示出来，因而这时的加工属于非自动化的串行加工。因此，当靶子与干扰子互换时，就产生了视觉搜索不对称现象。

本实验旨在对 Treisman 等人的经典视觉搜索不对称实验进行验证，了解各种视觉搜索不对称现象的特点，并进一步探讨引起视觉搜索不对称的原因及其影响因素。

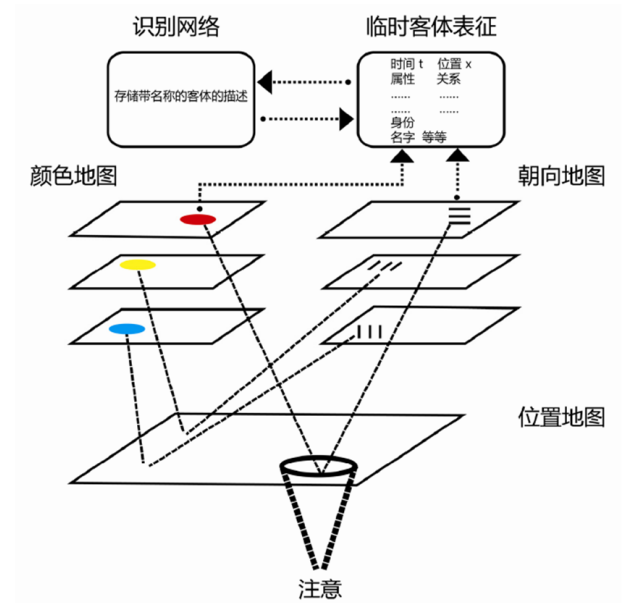


图 1-2 特征整合理论框架示意图，改编自（Treisman & Gormican, 1988）

2 实验方法

2.1 被试

浙江大学心理系大三学生，共 60 人（男 21，女 39），年龄为 20.3 ± 1.3 岁，均为右利手，视力或矫正视力正常，无色盲色弱。

2.2 仪器与材料

BM-PC 计算机一台，认知心理学教学管理系统。本实验呈现的符号集为“ Φ ”、“ \circ ”、“ Δ ”和“ \clubsuit ”，符号的颜色为黑色，每个符号的大小约为 $1.5\text{cm} \times 1.5\text{cm}$ 。

2.3 实验设计与流程

本实验采用三因素被试内设计。因素一为搜索

集的大小，该因素共有 3 个水平，分别为：4 个、8 个和 12 个；因素二为干扰子的性质，该因素有 2 个水平，分别为：同质干扰子和异质干扰子；因素三为靶子是否出现，该因素也有 2 个水平，分别为：出现和不出现。被试有两个任务：特征存在搜索任务和特征缺失搜索任务。特征存在搜索任务要求被试在一些不带柄的圆圈和三角形中搜索是否存在一个带柄的圆圈；而特征缺失搜索任务则要求被试在一些带柄的圆圈和三角形中搜索是否存在一个不带柄的圆圈。两个任务的顺序在被试间对抗平衡。

单次试验流程见图 2-1。

对于特征存在搜索任务：首先在屏幕上中央呈现一个黑色“+”注视点，500~1500 毫秒后在屏幕上随机呈现一些符号，这些符号可能包括“△”、“○”和“⊕”，其中靶子是“⊕”，干扰子是“△”和“○”。被试的任务是判断这些符号中是否存在靶子“⊕”，并立即做出按键反应。如果存在按“J”键；不存在则按“F”键。为了减少被试按键过程中的反应定势，生成的实验序列经 Wald-Wolfowitz 游程检验，显著性大于 0.10（双侧）。

对于特征缺失搜索任务：首先在屏幕上中央呈现一个黑色“+”注视点，500~1500 毫秒后在屏幕上随机呈现一些符号，这些符号可能包括“⊕”、“△”和“○”，其中靶子是“○”，干扰子是“⊕”和“△”。

“⊕”和“○”，其中靶子是“○”，干扰子是“⊕”和“△”。被试的任务是判断这些符号中是否存在靶子“○”，并立即做出按键反应。如果存在按“J”键；不存在则按“F”键。为了减少被试按键过程中的反应定势，生成的实验序列经 Wald-Wolfowitz 游程检验，显著性大于 0.10（双侧）。

被试做出按键后，会得到相应的反馈，指示被试反应正确与否及反应时。如果被试在字符出现后 3000 毫秒内不予以反应，程序将提示反应超时，告诉被试尽快反应。随机空屏 600~1300 毫秒后，自动进入下一次试验。

特征存在搜索任务或特征缺失搜索任务实验开始前，从正式实验中随机抽取 20 次作为练习，练习的时候，无论反应正确、错误或超时均有反馈，但结果不予以记录。练习的正确率达到 90%后方可进入正式实验。正式实验在被试做出正确反应后没有提示，反应错误或反应超时则会有提示。正式实验有 168 次试验，分 4 组（每组 42 次），组与组之间分别有一段休息时间。正式实验结束后，进入错误补救程序，即将之前做错的试验再次呈现，直到被试全部反应正确为止。整个实验包括特征存在搜索任务或特征缺失搜索任务两部分，两者全部完成需时约 20 分钟。

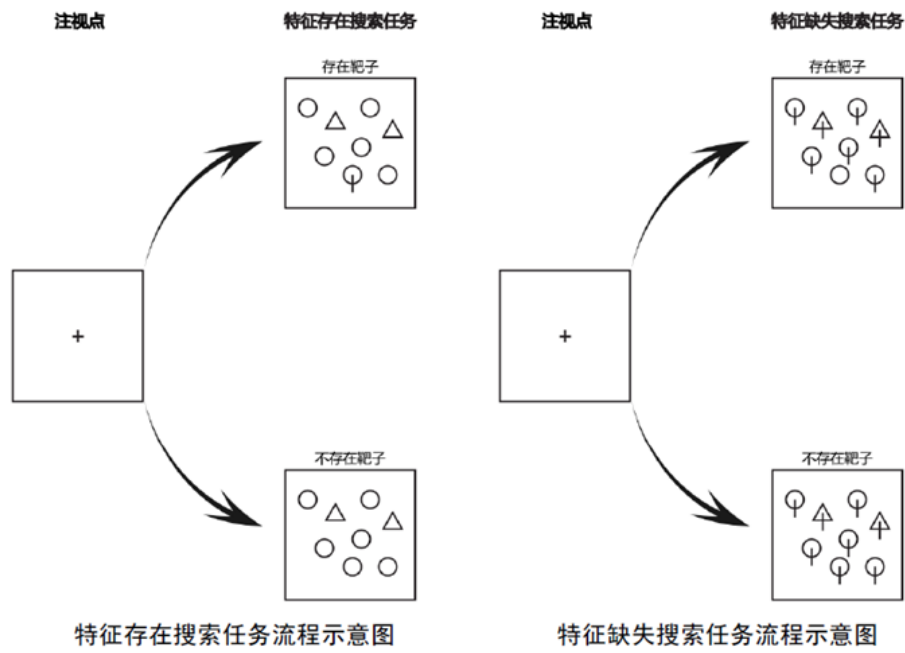


图 2-1 视觉搜索不对称实验流程示意图

3 结果分析

3.1 被试在同质干扰子和异质干扰子下对不同搜索集、不同搜索任务下的平均反应时

详细数据见附表 1。从表 3-1 和图 3-1，我们可以看出来，特征存在搜索任务的反应时基本不受搜索集大小的影响，而特征缺失搜索任务随着搜索集大小的增大，反应时呈现出明显的上升；除此之外，特征存在搜索任务的反应时明显低于特征缺失搜索任务。

表 3-1 不同干扰子、搜索集、任务下的平均反应时

	缺失-异质	缺失-同质	存在-异质	存在-同质
4	586±2	567±2	494±2	503±2
8	625±2	596±2	506±2	503±2
12	661±3	616±3	510±3	500±2

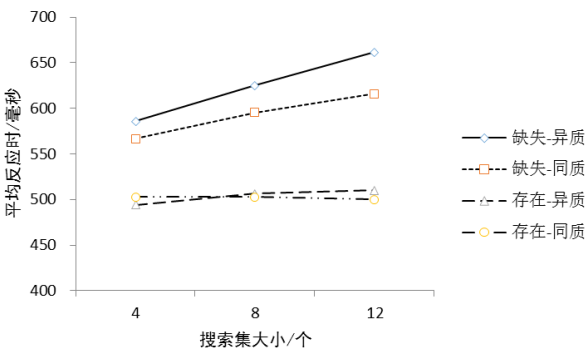


图 3-1 不同干扰子、搜索集、任务下的平均反应时

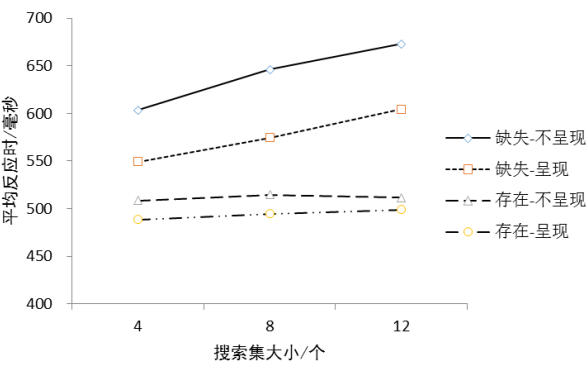


图 3-2 不同呈现条件、搜索集、任务下的平均反应时

3.2 反应时与搜索集间的直线回归方程

以搜索集为横坐标，反应时为纵坐标，分别绘制不同搜索任务条件下，靶子呈现与否的反应时折线图。从图 3-2，我们可以看出来，特征存在搜索

任务的反应时基本不受搜索集大小的影响，而特征缺失搜索任务随着搜索集大小的增大，反应时呈现出明显的上升；除此之外，特征存在搜索任务的反应时明显低于特征缺失搜索任务。

对不同的搜索任务和靶子呈现与否进行回归分析。

1. 在特征缺失搜索任务、靶子呈现的条件下，Pearson 相关显著 $p < .01$ ，回归方程的系数为 6.9，公式为 $RT = 520.7 + 6.9N$ ， $R^2 = 0.059$ 。对回归进行显著性分析， $F(1, 178) = 12.269$ ， $p < 0.01$ ，说明回归显著。

2. 在特征缺失搜索任务、靶子不呈现的条件下，Pearson 相关显著 $p < .01$ ，回归方程的系数为 8.7，公式为 $RT = 571.4 + 8.7N$ ， $R^2 = 0.065$ 。对回归进行显著性分析， $F(1, 178) = 13.461$ ， $p < .01$ ，说明回归显著。

3. 在特征存在搜索任务、靶子不呈现的条件下，Pearson 相关显著 $p > .05$ ，回归方程的系数为 0.4，公式为 $RT = 508.4 + 0.4N$ ， $R^2 = 0.005$ 。对回归进行显著性分析， $F(1, 178) = 0.32$ ， $p > .05$ ，说明回归不显著。

4. 在特征存在搜索任务、靶子呈现的条件下，Pearson 相关显著 $p > .05$ ，回归方程的系数为 1.3，公式为 $RT = 483.8 + 1.3N$ ， $R^2 = 0.03$ 。对回归进行显著性分析， $F(1, 178) = 0.519$ ， $p < .01$ ，说明回归不显著。

从上述数据我们也可以看出来，当任务为特征存在搜索时，无论靶子存在与否，回归均不显著，因为特征存在时，我们进行的是平行加工，所以搜索集的大小和靶子存在与否对我们的反应时不会产生较大影响。而当特征缺失时，我们进行的是序列加工，以搜索集为自变量，回归显著，同时靶子存在与否对我们的反应时也会产生影响。这一结果支持了 Treisman 的特征整合理论。

3.3 不同任务被试反应时和错误率随搜索集的变化

特征缺失搜索任务的条件下，随搜索集的增大，被试的反应时增长，错误率增加。被试的反应时从 576ms，到 610ms，再到 638ms。以搜索集大小为自变量，被试平均反应时为因变量，做单因素重复测量方差分析，结果显示： $F(1.721, 101.530)$

表 3-2 信号检测论计算结果

任务类型	反应倾向 β	反应敏感性 d'	判别标准 C
特征存在	2.26	3.37	0.55
特征缺失	2.05	3.17	0.56

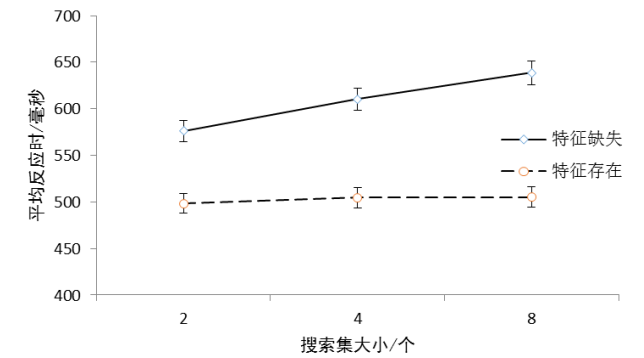


图 3-3 不同搜索任务下被试的反应时

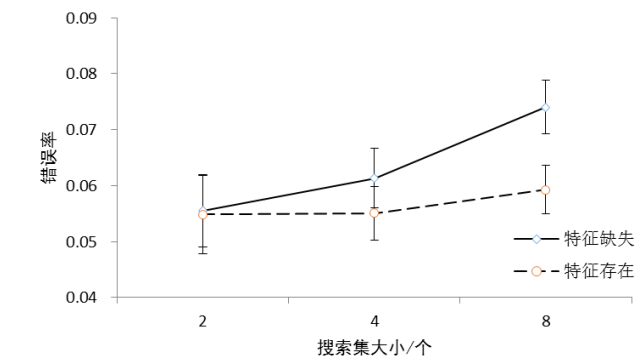


图 3-4 不同搜索任务下被试的错误率

=92.160, $p<0.01$, $\eta^2=0.709$, 说明随着搜索集的增加反应时的变化差异显著。其中, 对搜索集为 4 和 8 的两组进行分析, $p<0.01$, 存在显著差异, 对搜索集为 4 和 12 的两组进行分析, $p<0.01$, 存在显著差异, 对搜索集为 8 和 12 的两组进行分析, $p<0.01$, 存在显著差异。

被试的错误率从 5.6%, 到 6.1%, 再到 7.4%。以搜索集大小为自变量, 被试错误率为因变量, 做单因素重复测量方差分析, 结果显示: $F(2, 118)=4.597$, $p<0.05$, $\eta^2=0.056$ 说明随着搜索集的增加错误率的变化差异显著。其中, 对搜索集为 4 和 8 的两组进行分析, $p>0.05$, 存在显著不差异, 对搜索集为 4 和 12 的两组进行分析, $p<0.05$, 存在显著差异, 对搜索集为 8 和 12 的两组进行分析, $p<0.05$,

存在显著差异。

特征存在搜索任务的条件下, 随搜索集的增大, 被试的反应时变化不明显, 错误率增加但不显著。

被试的反应时从 498ms, 到 504ms, 再到 505ms。以搜索集大小为自变量, 被试平均反应时为因变量, 做单因素重复测量方差分析, 结果显示: $F(1.502, 88.611)=2.653$, $p>0.05$, $\eta^2=0.568$, 说明随着搜索集的增加反应时的变化差异不显著。

被试的错误率从 5.4%, 到 5.5%, 再到 5.9%。以搜索集大小为自变量, 被试平均错误率为因变量, 做单因素重复测量方差分析, 结果显示: $F(1.744, 102.917)=0.362$, $p>0.05$, 说明随着搜索集的增加错误率的变化差异不显著。

3.4 实验过程中搜索任务的顺序效应

以靶子呈现与否、任务类型、搜索集大小为组内变量, 以任务顺序为组间变量, 以被试平均反应时为因变量, 做多因素重复测量方差分析。结果表明, 靶子呈现与否与任务顺序的交互作用不显著, $F(1, 58)=0.013$, $p>.05$; 任务类型与任务顺序的交互作用不显著, $F(1, 58)=0.004$, $p>.05$; 搜索集大小与任务顺序的交互作用不显著, $F(1.512, 87.687)=1.275$, $p>.05$ 。所以说明被试在实验过程中不存在搜索任务的顺序效应。

3.5 信号检测论——不同搜索任务下对应的辨别力指数指数、反应倾向、判别标准是否存在

通过信号检测论的分析, 分别计算特征存在搜索任务与特征缺失搜索任务下对应的辨别力指数 (d')、反应倾向 (β)、判别标准 (C)。计算结果如表 3-2。

以任务类型为自变量, 分别对不同任务下的辨别力指数 (d')、反应倾向 (β)、判别标准 (C) 做配对 t 检验。经检验, 反应倾向 (β) 差异不显著, $t= 0.933$, $p>.05$, 说明两者的选择标准基本一样; 辨别力指数 (d') 差异显著, $t= -3.128$, $p<.01$, 说明被试对两种任务的敏感程度不同, 即被试对特征存在任务的鉴别能力更高; 判别标准 (C) 差异不显著, $t= -0.109$, $p>.05$, 说明被试的判别标准差异不显著。

4 讨论

4.1 不同搜索任务在各项指标上的差异

实验结果表明，特征缺失搜索任务的反应时长于特征存在搜索任务。且在特征缺失搜索任务中，目标存在与否会影响反应时，目标存在的反应时较短，目标确实的反应时较长，再加上搜索的因素，随着搜索集包含的元素增加，反应时也随着增加；而在特征存在搜索任务中，目标存在与否不影响反应时，再加上搜索的因素，随着搜索集包含的元素增加，反应时并不随着改变。以上结果支持了 Treisman 的注意特征整合理论，即在特征缺失搜索任务中，被试的搜索过程是序列加工，而在特征存在搜索任务中，被试的搜索过程是平行加工。不过被试的错误率并没有显著差异。

4.2 与 Treisman 等人的实验结果进行对照比较。

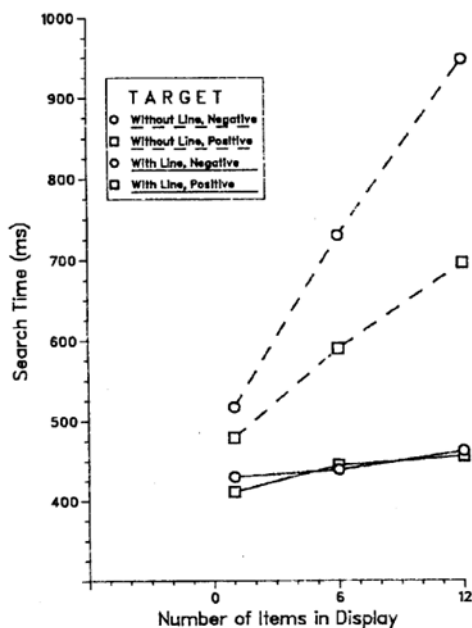


图 4-1 Treisman 等人的实验结果

Treisman 等人的实验结果详见图 4-1。

Treisman 等人的实验表明。特征缺失搜索任务的反应时长于特征存在搜索任务，目标不呈现的反应时长于目标呈现的反应时。加入搜索集的因素，随着搜索集的增加，特征缺失搜索任务的反应时出现了显著的增加，并且目标不呈现的反应时增加得

更多；而特征存在搜索任务的反应时并没有出现较大的变化，在搜索集增大到一定程度，目标的呈现与否也不会对反应时产生影响。以上数据与我们的实验数据相似。

不同的是，Treisman 等人的实验中，特征缺失任务中目标呈现与不呈现的反应时的比值为 1: 2，而我们的实验中，两者的差距并没有到达 1: 2。可能是因为视觉搜索的效率可能并不是完全不同的，而是存在一个连续的变化过程。

4.3 发生视觉搜索不对称的原因及其影响因素

对于本实验结果，Treisman 用注意特征整合理论的观点进行阐释。理论认为视觉加工过程分为两个阶段：首先是特征登记阶段，相当于前注意阶段，此时人几乎不需要努力，甚至意识不到它的发生。视觉系统从外界刺激中抽取特征，是一种平行的自动化的加工过程，该阶段只检测独立的特征，不检测特征之间的关系，这些特征处于自由漂浮状态（free-floating state），知觉系统对各个维度的特征进行独立编码，这些个别特征的心理表征叫特征地图。其次是特征整合阶段。知觉系统把各独立的特征联系起来，形成物体的完整表征。此阶段要求对特征进行定位，即确定特征的边界位置，产生位置地图。这一阶段中注意发挥类似胶水的功能，把原始的彼此独立的特征整合为一个单一的物体，处理过程比前注意阶段慢，是一种非自动化的、序列的加工（Treisman, 1980）在视觉搜索中，当与干扰子相比，目标具有某一独有特征时，在激活特征地图的前注意阶段就可以探测到，属于平行加工；但当目标缺少了周围干扰子都具有的某项特征时，就需要集中注意力，对探测到的特征进行定位，才可找出缺少该特征的目标，属于序列加工。这时搜索的非对称现象就产生了。

Duncan 和 Humphreys 提出了注意参与理论（AET）。Duncan 和 Humphreys 认为实际上有两个因素可以决定搜索操作的差异，搜索的困难程度直接与靶子和非靶子之间的相似性以及非靶子和非靶子之间的相似性。

信号检测论（SDT）认为被试的搜索操作依赖于搜索集的组成部分以及有靶子和无靶子两种分布之间的距离的改变。

指导搜索模型（Guided-Search model, GS）是 Wolfe 提出来的一种选择性注意的运算模型，它用一种“突显地图”的思想来解释视觉搜索。自上而下和自下而上信息对简单视觉特征搜索具有不同贡献。

就本次实验的结果而言，影响反应时的因素有：搜索集的大小，干扰子性质，靶子是否呈现，搜索任务性质。

4.4 斯滕伯格等人的研究结论所依据的心理学的研究方法：靶子呈现与否的影响解释

当搜索任务为特征存在搜索任务时，靶子呈现与否并不影响搜索效率，而当搜索任务为特征缺失搜索任务时，靶子呈现的搜索效率高于靶子不呈现的搜索效率。说明当搜索任务为特征存在搜索任务时，目标的位置并不影响搜索的效率，说明在这种情况下，搜索是平行进行的；而当搜索任务为特征缺失搜索任务时，目标的位置影响搜索的效率，说明在这种情况下，搜索是序列进行的（即在策略选择中更倾向于使用穷尽加工策略，而非自终止策略）。

其依据的研究方法是加因素法。

斯滕伯格首先提出了加因素法的主要假设，即加因素法的实验逻辑。斯滕伯格认为，人的信息加工过程是系列进行的而不是平行发生的。人的信息加工过程是由一系列有先后顺序的加工阶段组成的。这是加因素法的一个基本前提，加因素法的采用是在假定这个前提成立的条件下进行的。因此，在加因素法反应时实验中，研究者通常认定，完成一个作业所需的时间是这一系列信息加工阶段分别需要的时间总和。加因素法反应时实验的逻辑是：如果两个因素的效应是互相制约的，即一个因素的效应可以改变另一因素的效应，那么这两个因素只作用于同一个信息加工阶段；而如果两个因素的效应是分别独立的，即可以相加，那么这两个因素是各自作用于不同的加工阶段的。也就是说，加因素法假设：如果两个因素有交互作用，那么它们是作用于同一个加工阶段的；而如果两个因素不存在交互作用，即相互独立，那么它们则作用于不同的加工阶段。

在斯滕伯格的实验里，先给被试看 1~6 个数

字（识记项目），然后再呈现一个数字（测试项目），请被试判定其是否为刚才识记过的，同时开始计时，要求被试按键作出是或否的反应，计时也随即停止。这样就可以确定被试能否提取以及提取所需的时间（反应时间）。通过一系列的实验，斯滕伯格从反应时的变化上确定了对提取过程有独立作用的四个因素，即测试项目的质量（优质的或低劣的）、识记项目的数量、反应类型（肯定的或否定的）和每个反应类型的相对频率。我们可从四个阶段对发现四个独立因素的实验逐一进行分析。

4.5 干扰子的性质、靶子所处的位置及搜索集大小是否与搜索任务间的交互作用

以对于干扰子的性质（形状）、靶子所处的位置及搜索集大小与搜索任务为自变量，平均反应时为因变量对其进行多因素重复测量方差分析。详细结果见附表 2。结果表明，干扰子性质与任务性质交互作用显著， $F(1, 59)=30.599$, $p<.01$ ；任务性质和靶子位置交互作用显著， $F(2.729, 16.020)=37.516$, $p<.01$ ；干扰子性质和靶子位置交互作用显著， $F(2.519, 148.630)=15.613$, $p<.01$ ；任务类型与搜索集大小交互作用显著， $F(1.789, 105.522)=40.346$, $p<.01$ ；干扰子性质和搜索集大小交互作用显著， $F(1.811, 106.828)=8.635$, $p<.01$ ；靶子位置和搜索集大小交互作用不显著， $F(4.265, 251.621)=1.099$, $p>.05$ 。

干扰子的性质与搜索任务间的交互作用支持了信号检测论，即被试的搜索操作依赖于搜索集的组成部分以及有靶子和无靶子两种分布之间的距离的改变。

靶子所处位置与搜索任务间的交互作用是因为当搜索任务为特征缺失搜索任务时，被试进行序列搜索，故反应时受靶子所处位置的影响，而当搜索任务为特征存在搜索任务时，被试进行平行搜索，故反应时不受靶子所处位置的影响，两者出现了交互作用。

搜索集大小与搜索任务存在交互作用是因为当搜索任务为特征缺失搜索任务时，被试进行序列搜索，故反应时受搜索集大小的影响，而当搜索任务为特征存在搜索任务时，被试进行平行搜索，故反应时不受搜索集大小的影响，两者出现了交互作

用。

4.6 解释视觉搜索的不对称性现象主要的理论

Treisman 和她的同事（1977, 1980）提出了特征整合理论（FIT）。FIT 认为视觉搜索是一个两阶段的加工过程，在前注意加工阶段是以平行的方式对有限数量的特征进行加工，在相继的注意加工阶段是以系列扫描的方式通过注意对特征捆绑从而实现了对客体的知觉，一次扫描只涉及一个客体。后来为了解释为什么有些特征搜索会比较困难等问题，Treisman 和 Gormica（1988）提出了“组间扫描假设”认为之所以出现困难的特征搜索是因为比较大的搜索集必须分解为小组，才能使注意指向每个小组，这样就增加了反应时。为了解释为什么有些结合搜索会比较容易的问题，她又提出了“特征抑制假设”，认为非靶子的各特征地图对位置地图上的非靶子位置产生抑制，那么在位置地图上靶子所在的那个位置就会有高过其它位置的激活，非靶子位置所产生的干涉作用将减弱。她还修改了原来的模型结构，在模型中增加了从特征地图对位置地图起抑制作用的联系。

针对视觉搜索不对称现象，Duncan 和 Humphreys（1989）提出了注意参与理论（AET）。根据 AET，视觉搜索中的搜索集大小效应不应被认为是 FIT 中所提到的特征和结合加工之间的差异造成的。Duncan 和 Humphreys（1989）认为实际上有两个因素可以决定搜索操作的差异。搜索的困难程度直接与靶子和非靶子之间的相似性以及非靶子和非靶子之间的相似性有关。T/NT 的相似性被认为是靶子如何紧密地与非靶子结合在一起的指标。当靶子元素从组成它的元素中突显出来时比包含在组成它的元素中的时候更容易检测到。NT/NT 之间的相似性则是非靶子如何紧密联系的指标。当其它的条件相等的时候，非靶子的组成元素同质性高时比同质性低时容易检测。

SDT（signal detection theory）在视觉搜索任务中的既是一种解释理，也是一种比较常用的研究方法。根据 SDT，一个刺激的表象来源于神经元放电所制造的噪音。换句话说，截距只是输入刺激的模糊标志，此时这些刺激是存在不确定性的，所呈现的元素会与靶子混淆，所以随着非靶子元素的增

多，被试虚报的可能性就会相应的提高。换句话说，随着被搜索的项目的增多，操作变得糟糕的原因是被试把非靶子当成靶子的可能性相应的提高了。这种思想是 SDT 解释搜索集大小效应的基础。被试必须建立一种标准的激活值，从而可以确定一个反应的边界值，因此影响操作的主要有两个因素：1. 相对于两个分布，这个标准所占据的位置。2. 两个分布之间的距离，距离越远，决策就越容易做出。这种解释的核心是被试的搜索操作依赖于搜索集的组成部分以及有靶子和无靶子两种分布之间的距离的改变。总之，随着要搜索的项目的增加，这两个分布之间的距离会变小的，当达到最大的搜索集的时候，这两个分布就会有相当多的部分重叠在一起。Palmer 认为采用这种方法最大的优点是能够量化有靶子和无靶子呈现集分布之间的距离的变化，并利用这些结果做出随着呈现集大小的改变被试阈限改变的函数。

指导搜索模型（Guided-Search model, GS）是 Wolfe（1989, 1990）提出来的一种选择性注意的运算模型，它用一种“突显地图”的思想来解释视觉搜索。这一模型是在特征整合理论的基础上不断加以完善同样也包含了早期的前注意阶段，加工在空间上平行，涉及简单视觉特征的运算加工；第二阶段是注意阶段，加工在空间上序列，能运算更复杂的视觉表征（如特征的结合）。

5 结论

在特征缺失搜索任务中，被试反应时随搜索集的增加而增长，且受目标存在与否的影响；在特征存在搜索任务中，被试反应时不随搜索集的增加而改变，且不受目标存在与否的影响。

6 思考题

6.1 如何理解“视觉搜索不对称已成为探究刺激基本特征的‘前注意加工’特性的重要工具”这句话

典型的视觉搜索任务就是要求被试在干扰子和靶子组成的刺激系列中搜索靶子项目，搜索效率一般用反应时和记忆集大小的斜率表示。所以视觉搜索任务也成为了了解视觉注意机制的一种途径。当反应时不依赖与记忆集大小变化时，称之为有效

搜索,即平行搜索;当反应时随记忆集大小变化时,称之为低效搜索,即序列搜索。

在选择某个目标作为注意对象之前,大脑皮质首先需要对不同事物进行识别,以区分该事物是否应当被注意。这种在注意之前对食物进行该不该注意分析的心理过程称之为前注意。前注意发生在知觉之前,反映了大脑皮质对外界信息的自动加工能力,是选择性注意的开始或准备阶段。因此,前注意阶段对信息的自动加工水平会对后期选择性注意行为的发生及信息的认知加工过程产生重要的影响。

因此,在视觉搜索不对称范式中,如果个体进行了高效的搜索,就可以在实验中分离视觉系统进行前注意加工的基本特征,如目前已知的颜色、运动、方向、封闭的拓扑特征等,从而为理解视觉的基本特征提供依据,并在此基础上探讨其背后的生理机制。

6.2 常见搜索不对称现象

1) 物理性视觉特征搜索的非对称现象

a) 寻找基本特征的存在的完成优于搜索其缺失

Treisman (1988) 发现在直线轮廓中搜索弯曲线轮廓比较容易,反之则不易——在视觉搜索任务中弯曲为基本特征,能够在直线轮廓中突显。

b) 图形完整性与部分搜索的非对称现象

Kristjansson 和 Tse(2001)发现这样一种非对称性:在弯曲连续的图形中搜索弯曲不连续的图形,为平行搜索,反之则为系列搜索;在圆中搜索椭圆为平行搜索,反之则为系列搜索。

Previc 和 Naegle(2001)用 3D 图形做空间视觉搜索的实验,发现搜索图形的上部和下部效率是不同的,上部的搜索效率要高一些。

c) 社会属性的搜索的非对称现象

Levin(1996, 2001)用实验方法研究跨种族脸图搜索的非对称现象。作业任务有两个,一个是从相同种族脸图中搜索异族脸,另一个是从异族脸图中搜索某一种族

的“原型”脸,并通过对“原型脸”进行歪曲以提高或降低种族的特异性特征。结果显示让被试在相同种族脸图中搜索异族的脸图比反之容易,并由此推出是被试的社会认知关系和脸的种族的不同造成了这种搜索非对称。这些实验均采用受语言环境影响较小的图形做实验材料,从而分析出哪些是视觉系统进行前注意加工的基本特征。

2) 抽象意义特征搜索的非对称现象

a) Shen 和 Reingold (2001)用以汉语为母语和以英语为母语的被试来搜索汉字组成的刺激,发现:非常态显示的字更容易被发现,而英语为母语者比汉语为母语者搜索更快,更有效。

b) 在 U-F(unfamiliar-familiar, 熟悉的干扰子中搜索不熟悉的靶子)情况下,搜索非对称性和搜索效率受到熟悉的刺激和不熟悉刺激之间低水平特征不同的影响;在汉语人群中,当干扰子是熟悉的时,搜索更有效,而靶子的熟悉性或新颖性不是显著的因素。Malinowski 等人(2001)以斯拉夫人和德国人做被试,探讨靶子熟悉性对搜索绩效的影响。斯拉夫人既对拉丁字母 N 熟悉,也对西里尔字母镜像 N 熟悉,而德国人仅对字母 N 熟悉,实验是要求在 N 中搜索镜像 N,对德国被试而言为 U-F 搜索,对斯拉夫人而言为 F-F(familiar-familiar, 熟悉的干扰子中搜索熟悉的靶子)搜索。实验发现,两种条件下两类被试都能进行有效的搜索。对此的解释是:过度学习的刺激行为可作为基本特征。而对 Malinowski 等人的实验中的斯拉夫人在 F-F 条件下的搜索而言, N 与镜像 N 两者之间因为有低水平特征的不同(斜线的倾斜方向不同),从而使相似程度减弱,因而有比较快的搜索。因为熟悉性受到社会经验的影响及文化背景的影响,在视觉搜索作业中,刺激熟悉性是一重要变量。

6.3 对界面的可用性设计的启示

利用视觉搜索不对称原理，设计师可以通过特定的界面设计使得信号从其他无用信息中凸显，使得用户可以更快地在大量信息中找到对自己有用的信息，从而可以合理分配注意资源。

从 Treisman 的实验中我们得出，在具有相同特征的图形中寻找不具有该特征的图形要比在不具有该特征的图形中寻找具有该特征的图形要困难。所以，我们在设计图标和界面时，应是每一个图标带有自己独特的特征。除此之外，还要增大目标项和干扰项之间的差异，比如颜色、形状、大小、运动与否等因素。除了页面所呈现的重点信息外，其他信息要保持同质。同时，由于搜索集大小的变化对反应时的差异显著，所以应对字体、行距等各方面因素进行合理设计，使用户能快速找到自己想要的信息。

参考文献

- [1] Neisser, U. (1963). Decision-time without reaction-time: experiments in visual scanning. *American Journal of Psychology*, 76(3), 376-385.
- [2] Treisman, A., & Souther, J. (1985). Search asymmetry: a diagnostic for preattentive processing of separable features.. *Journal of Experimental Psychology General*, 114(3), 285-310.
- [3] Treisman, A., & Gormican, S. (1988). Feature analysis in early vision: evidence from search asymmetries. *Psychological Review* (Vol.95, pp.15-48).
- [4] Treisman, A., & Gormican, S. (1988). Feature analysis in early vision: evidence from search asymmetries. *Psychological Review* (Vol.95, pp.15-48).
- [5] Kristjansson A, Tse PU. Curvature discontinuities are cue for rapid shape analysis[J] . *Perception & Psychophysics*, 2001, 63(3) : 390- 403.
- [6] Previc FH, Blume JL. Visual search asymmetries in three-dimensional space[J] . *Vision Research*, 1993, 33(18) :2697- 2704.
- [7] Levin DT, Angelone B. Visual search for a socially defined feature: What causes the search asymmetry favoring cross-race faces? [J]. *Perception & Psychophysics*, 2001, 63(3) : 423- 435
- [8] Shen J, Reingold EM. Visual search asymmetries: The influence of stimulus familiarity and low level features[J] .*Perception & Psychophysics*, 2001, 63(3) : 464- 475.
- [9] Malinowski P, Hubner R. The effect of familiarity on visual search performance: Evidence for learned basic feature[J]. *Perception & Psychophysics*, 2001, 63 (3) : 458 - 463.
- [10] 董一胜. (2016). 认知心理学实验手册.
- [11] 杨治良. 实验心理学.
- [12] 李永梅, & 曹立人. (2004). 视觉搜索的非对称性研究综述. *人类工效学*, 02 期(02), 37-39.
- [13] 陈潇. (2010). 视觉搜索非对称现象的信息论解释. 浙江大学理学院.
- [14] 马艳云. (2011). 视觉搜索不对称性成因探究. *人类工效学*, 第 4 期(4), 33-37.
- [15] 马艳云. (2009). 视觉搜索不对称性研究的发展历程. *教育的传统与变革——纪念教育史研究创刊二十周年论文集（四）* (Vol.第 2 期, pp.87-90).

附表

附表 1 被试在同质干扰子和异质干扰子下对不同搜索集、不同搜索任务下的平均反应时

干扰子 性质	异质						同质					
	特征缺失			特征存在			特征缺失			特征存在		
任务 性质												
搜索集	4	8	12	4	8	12	4	8	12	4	8	12
1	587	670	671	513	517	525	592	625	634	558	527	523
2	441	451	470	380	391	380	426	445	449	384	379	389
3	547	591	597	459	484	485	511	554	608	483	476	496
4	410	439	469	370	377	368	422	401	411	354	376	368
5	619	658	673	486	517	524	575	650	624	527	537	529
6	532	590	631	544	468	469	511	545	595	466	496	496
7	577	618	663	515	515	481	514	612	627	501	477	495
8	655	654	689	585	601	579	560	591	613	547	595	560
9	651	580	608	470	499	492	543	558	599	466	482	480
10	523	632	639	446	473	466	524	533	569	464	441	421
11	601	627	620	440	416	458	556	613	609	407	468	438
12	716	893	806	555	571	605	779	733	753	609	561	563
13	608	636	663	548	491	560	539	595	594	535	481	509
14	538	594	692	410	425	437	506	577	615	414	424	428
15	808	744	983	649	835	834	866	856	889	738	825	749
16	679	664	683	418	438	457	599	590	610	442	470	430
17	575	674	716	505	517	558	549	641	709	534	517	523
18	535	515	503	416	446	431	482	474	503	430	425	418
19	708	760	799	663	667	691	666	699	768	639	600	666
20	518	557	573	433	455	429	561	530	546	456	441	445
21	475	518	558	414	420	448	488	502	527	486	415	449
22	575	683	684	514	521	510	690	625	607	490	503	488
23	497	517	516	477	445	470	466	501	506	469	468	462
24	704	710	739	594	605	581	705	672	692	653	615	588
25	564	599	617	459	485	468	529	576	563	456	481	475
26	462	512	528	442	425	422	436	509	506	399	435	437
27	556	598	609	467	485	498	565	560	590	499	546	520
28	548	583	631	464	470	486	550	559	563	453	485	485
29	658	638	679	528	534	545	565	585	615	556	513	527
30	576	639	685	511	520	496	606	632	614	525	486	507
31	666	678	742	516	512	514	627	668	690	507	508	518
32	677	662	769	500	522	542	748	690	653	542	510	543
33	479	543	616	345	368	365	439	498	570	367	369	359
34	876	828	893	741	787	810	706	844	965	812	780	717
35	731	824	864	657	725	663	655	748	754	663	647	690
36	552	594	629	434	453	473	552	596	582	430	477	468
37	553	605	596	402	438	428	512	541	561	409	414	442
38	594	643	699	480	405	420	578	629	663	416	407	423

视觉编码保持实验报告

39	600	617	673	492	500	504	576	600	620	550	505	498
40	582	641	660	457	473	479	574	576	651	469	489	486
41	548	602	612	455	537	492	508	541	566	478	483	464
42	437	509	572	409	413	433	448	522	542	393	473	409
43	662	630	669	518	574	589	611	623	698	558	621	579
44	565	618	663	560	521	521	540	625	671	491	497	487
45	617	624	679	451	475	480	584	620	627	449	448	463
46	563	615	658	495	520	548	544	587	632	480	522	516
47	569	615	572	492	502	479	576	578	571	492	493	491
48	460	525	563	414	431	403	454	452	493	417	413	419
49	492	468	492	427	427	454	483	475	452	471	455	416
50	626	709	742	592	552	610	627	680	669	554	577	554
51	632	590	712	511	530	510	537	565	584	566	520	528
52	583	605	626	482	527	525	521	594	603	502	506	520
53	537	602	664	449	465	483	522	580	602	490	459	503
54	626	850	896	651	636	671	659	696	802	678	605	638
55	499	522	543	428	421	417	487	487	493	426	448	434
56	581	584	626	510	467	497	514	615	558	499	478	489
57	692	754	881	567	636	622	843	756	784	565	650	579
58	690	757	764	594	565	541	657	756	683	560	521	538
59	538	573	654	468	521	509	531	533	580	485	485	509
60	478	574	570	470	462	467	515	522	523	515	471	461
总计	586	625	661	494	506	510	567	596	616	503	503	500

附表2 干扰子的性质（形状）、靶子所处的位置及搜索集大小是否与搜索任务间的交互作用

源		III 型平方和	df	均方	F	Sig.
任务	采用的球形度	6367185.089	1	6367185.089	372.054	.000
	Greenhouse-Geisser	6367185.089	1.000	6367185.089	372.054	.000
	Huynh-Feldt	6367185.089	1.000	6367185.089	372.054	.000
	下限	6367185.089	1.000	6367185.089	372.054	.000
误差 (任务)	采用的球形度	1009701.786	59	17113.590		
	Greenhouse-Geisser	1009701.786	59.000	17113.590		
	Huynh-Feldt	1009701.786	59.000	17113.590		
	下限	1009701.786	59.000	17113.590		
干扰子性质	采用的球形度	64222.222	1	64222.222	22.197	.000
	Greenhouse-Geisser	64222.222	1.000	64222.222	22.197	.000
	Huynh-Feldt	64222.222	1.000	64222.222	22.197	.000
	下限	64222.222	1.000	64222.222	22.197	.000
误差 (干扰子性质)	采用的球形度	170703.819	59	2893.285		
	Greenhouse-Geisser	170703.819	59.000	2893.285		
	Huynh-Feldt	170703.819	59.000	2893.285		
	下限	170703.819	59.000	2893.285		

视觉编码保持实验报告

位置	采用的球形度	1376134.108	3	458711.369	95.000	.000
	Greenhouse-Geisser	1376134.108	2.688	512018.212	95.000	.000
	Huynh-Feldt	1376134.108	2.828	486583.781	95.000	.000
	下限	1376134.108	1.000	1376134.108	95.000	.000
误差 (位置)	采用的球形度	854653.017	177	4828.548		
	Greenhouse-Geisser	854653.017	158.572	5389.674		
	Huynh-Feldt	854653.017	166.861	5121.942		
	下限	854653.017	59.000	14485.644		
搜索集	采用的球形度	543128.113	2	271564.057	90.116	.000
	Greenhouse-Geisser	543128.113	1.644	330312.787	90.116	.000
	Huynh-Feldt	543128.113	1.685	322288.960	90.116	.000
	下限	543128.113	1.000	543128.113	90.116	.000
误差 (搜索集)	采用的球形度	355590.845	118	3013.482		
	Greenhouse-Geisser	355590.845	97.013	3665.402		
	Huynh-Feldt	355590.845	99.428	3576.364		
	下限	355590.845	59.000	6026.963		
任务 * 干扰子性质	采用的球形度	88090.689	1	88090.689	30.599	.000
	Greenhouse-Geisser	88090.689	1.000	88090.689	30.599	.000
	Huynh-Feldt	88090.689	1.000	88090.689	30.599	.000
	下限	88090.689	1.000	88090.689	30.599	.000
误差 (任务*干扰子性质)	采用的球形度	169851.019	59	2878.831		
	Greenhouse-Geisser	169851.019	59.000	2878.831		
	Huynh-Feldt	169851.019	59.000	2878.831		
	下限	169851.019	59.000	2878.831		
任务 * 位置	采用的球形度	387957.886	3	129319.295	37.516	.000
	Greenhouse-Geisser	387957.886	2.729	142153.484	37.516	.000
	Huynh-Feldt	387957.886	2.874	134966.755	37.516	.000
	下限	387957.886	1.000	387957.886	37.516	.000
误差 (任务*位置)	采用的球形度	610131.739	177	3447.072		
	Greenhouse-Geisser	610131.739	161.020	3789.174		
	Huynh-Feldt	610131.739	169.594	3597.608		
	下限	610131.739	59.000	10341.216		
干扰子性质 * 位置	采用的球形度	136538.603	3	45512.868	15.613	.000
	Greenhouse-Geisser	136538.603	2.519	54200.085	15.613	.000
	Huynh-Feldt	136538.603	2.641	51705.267	15.613	.000
	下限	136538.603	1.000	136538.603	15.613	.000
误差 (干扰子性质*位置)	采用的球形度	515960.856	177	2915.033		
	Greenhouse-Geisser	515960.856	148.630	3471.437		
	Huynh-Feldt	515960.856	155.802	3311.647		
	下限	515960.856	59.000	8745.099		
任务 * 干扰子性质 * 位置	采用的球形度	36184.631	3	12061.544	5.032	.002
	Greenhouse-Geisser	36184.631	2.539	14251.364	5.032	.004

视觉编码保持实验报告

误差 (任务*干扰子 性质*位置)	Huynh-Feldt	36184.631	2.663	13589.167	5.032	.003
	下限	36184.631	1.000	36184.631	5.032	.029
	采用的球形度	424255.161	177	2396.922		
	Greenhouse-Geisser	424255.161	149.803	2832.092		
	Huynh-Feldt	424255.161	157.103	2700.498		
任务 * 搜索集	下限	424255.161	59.000	7190.765		
	采用的球形度	319010.042	2	159505.021	40.346	.000
	Greenhouse-Geisser	319010.042	1.789	178366.232	40.346	.000
	Huynh-Feldt	319010.042	1.841	173306.625	40.346	.000
	下限	319010.042	1.000	319010.042	40.346	.000
误差 (任务*搜索 集)	采用的球形度	466504.333	118	3953.427		
	Greenhouse-Geisser	466504.333	105.522	4420.913		
	Huynh-Feldt	466504.333	108.603	4295.507		
	下限	466504.333	59.000	7906.853		
	采用的球形度	58534.172	2	29267.086	8.635	.000
干扰子性质 * 搜 索集	Greenhouse-Geisser	58534.172	1.811	32327.690	8.635	.001
	Huynh-Feldt	58534.172	1.865	31391.225	8.635	.000
	下限	58534.172	1.000	58534.172	8.635	.005
	采用的球形度	399931.037	118	3389.246		
	Greenhouse-Geisser	399931.037	106.828	3743.676		
误差 (干扰子性质* 搜索集)	Huynh-Feldt	399931.037	110.015	3635.230		
	下限	399931.037	59.000	6778.492		
	采用的球形度	4901.901	2	2450.950	.622	.538
	Greenhouse-Geisser	4901.901	1.616	3033.358	.622	.506
	Huynh-Feldt	4901.901	1.655	2962.206	.622	.509
任务 * 干扰子性 质 * 搜索集	下限	4901.901	1.000	4901.901	.622	.433
	采用的球形度	464785.391	118	3938.859		
	Greenhouse-Geisser	464785.391	95.344	4874.832		
	Huynh-Feldt	464785.391	97.634	4760.484		
	下限	464785.391	59.000	7877.718		
误差 (任务*干扰子 性质*搜索集)	采用的球形度	21407.931	6	3567.989	1.099	.363
	Greenhouse-Geisser	21407.931	4.265	5019.730	1.099	.359
	Huynh-Feldt	21407.931	4.638	4615.342	1.099	.360
	下限	21407.931	1.000	21407.931	1.099	.299
	采用的球形度	1149809.944	354	3248.051		
位置 * 搜索集	Greenhouse-Geisser	1149809.944	251.621	4569.616		
	Huynh-Feldt	1149809.944	273.667	4201.489		
	下限	1149809.944	59.000	19488.304		
	采用的球形度	28819.674	6	4803.279	1.409	.210
	Greenhouse-Geisser	28819.674	2.924	9854.657	1.409	.242
任务 * 位置 * 搜 索集	Huynh-Feldt	28819.674	3.093	9316.273	1.409	.241
	下限	28819.674	1.000	28819.674	1.409	.240

视觉编码保持实验报告

误差 (任务*位置*搜索集)	采用的球形度	1206413.451	354	3407.948		
	Greenhouse-Geisser	1206413.451	172.544	6991.923		
	Huynh-Feldt	1206413.451	182.515	6609.936		
	下限	1206413.451	59.000	20447.686		
干扰子性质 * 位置 * 搜索集	采用的球形度	84490.562	6	14081.760	5.033	.000
	Greenhouse-Geisser	84490.562	4.586	18423.229	5.033	.000
	Huynh-Feldt	84490.562	5.020	16830.328	5.033	.000
	下限	84490.562	1.000	84490.562	5.033	.029
误差 (干扰子性质*位置*搜索集)	采用的球形度	990520.730	354	2798.081		
	Greenhouse-Geisser	990520.730	270.579	3660.742		
	Huynh-Feldt	990520.730	296.188	3344.228		
	下限	990520.730	59.000	16788.487		
任务 * 干扰子性质 * 位置 * 搜索集	采用的球形度	52465.572	6	8744.262	3.077	.006
	Greenhouse-Geisser	52465.572	4.464	11752.759	3.077	.013
	Huynh-Feldt	52465.572	4.875	10762.819	3.077	.011
	下限	52465.572	1.000	52465.572	3.077	.085
误差 (任务*干扰子性质*位置*搜索集)	采用的球形度	1006051.637	354	2841.954		
	Greenhouse-Geisser	1006051.637	263.382	3819.739		
	Huynh-Feldt	1006051.637	287.608	3498.001		
	下限	1006051.637	59.000	17051.723		