

认知心理学报告



短时记忆信息提取实验报告

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

短时记忆信息提取实验报告

(浙江大学心理与行为科学系 杭州, 310028)

摘要 短时记忆信息提取实验是 Sternberg (Sternberg, 1969) 在唐德斯减法法的基础之上, 提出了反应时的加因素法 (additive factor method)。加因素法不是对减法法的否定, 而是减法法的发展和延伸。本实验旨在对 Sternberg 提出短时记忆提取实验进行验证, 了解项目辨别范式的原理及流程, 并进一步加深对加因素法实验逻辑及其特点的掌握。结果表明: 从短时记忆中提取信息的过程包括识记项目编码、系列比较、决策和反应组织四个依次进行的加工阶段。记忆集大小、刺激清晰程度、靶子是否呈现、靶子所处位置均会对被试平均反应时和错误率造成影响, 同时被试存在练习效应, 但是性别差异不显著。

关键词 短时记忆; 信息提取; Sternberg; 加因素法

1 引言

1.1 反应时与减法法

利用反应时来研究心理学是实验心理学在方法学上的一个重大创新, 1868 年唐德斯 (F. C. Donders) 提出的减法法 (subtraction method), 其基本原理是在两个反应时任务 (任务一和任务二) 中, 任务二除了包括任务一所有的心理加工过程, 外加一个额外的心理加工过程。因此, 这两个任务的反应时之差就体现了这个额外的心理加工过程所需的时间。其核心假设是从任务一到任务二仅仅是插入了一个新的加工过程, 而不改变其他的心理加工过程。

减法法在 19 世纪后半叶被大量心理学家广泛使用, 并揭示了大量的心理加工过程。但在 20 世纪之初, 减法法基于两个原因而被备受批评: 首先, 在某些研究中, 平均反应时的差异不仅在被试间很大, 而且在实验室间的结果也很大。这个问题的产生, 首先, 可能是由于实验的任务和指导语上存在差别所致。其次, 也可能是当某个任务改变了插入的某个新的加工过程时, 其他加工过程可能也因此随之发生改变 (例如, 刺激加工需求的改变导致反应组织阶段的改变)。如果是这样, 那么反应时的差别就不能仅仅归结于插入加工阶段所需的时间。因此, 在用减法法解释实验结果时, 需谨慎。

然而, 基于反应时分析心理加工过程的研究仍然在继续。借助反应时作为工具来研究心理过程, 从知觉编码到心算再到问题解决的各类研究不断涌现。尤其是 20 世纪 60 年代以后, 随着认知心理学

的兴起, 反应时法在心理学研究中更是大放异彩, 成为实验心理学和认知心理学的核心范式之一。成为心理学家剖析心理“黑箱”的得力工具。

1.2 加因素法

Sternberg (Sternberg, 1969a) 在唐德斯减法法的基础之上, 提出了反应时的加因素法 (additive factor method)。加因素法不是对减法法的否定, 而是减法法的发展和延伸。其基本假设是: 人的信息加工过程是系列而不是平行进行的。因此, 完成一个作业所需的时间是这一系列信息加工阶段需的时间总和。加因素法实验的逻辑是: 如果两个因素的效应是各自作用于不同的加工阶段, 是相互独立的, 那么他们对整体反应时的效果是可加的; 如果两个因素作用于同一个信息加工阶段, 那么这两个因素的效应是互相制约的, 表现为一个因素的效应可以改变另一因素的效应。因此, 加因素法推论: 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; 而如果两个因素不存在交互作用, 也即相互独立, 那么它们作用于不同的加工阶段。图 1-1 为上述逻辑的示意图。

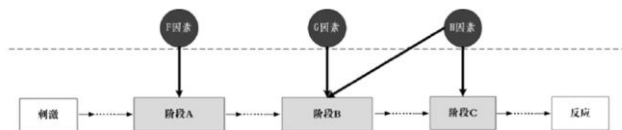


图 1-1 各因素对反应时各个阶段的影响示意图

在图 1-1 中, 我们可以看出, F 因素影响阶段 A, G 因素影响阶段 B, 而 H 因素则共同影响阶段 B 和

阶段 C。由于 F 因素和 G 因素分别独立作用于阶段 A 和阶段 B，因此 F 因素和 G 因素对整体反应时的效果是可加的（注：F 因素和 H 因素对整体反应时的效果也是可加的）。结果表现为图 1-2。但是由于 G 因素和 H 因素共同作用于阶段 B，因此，它们对整体反应时的效果表现为存在交互作用，结果表现为图 1-3。

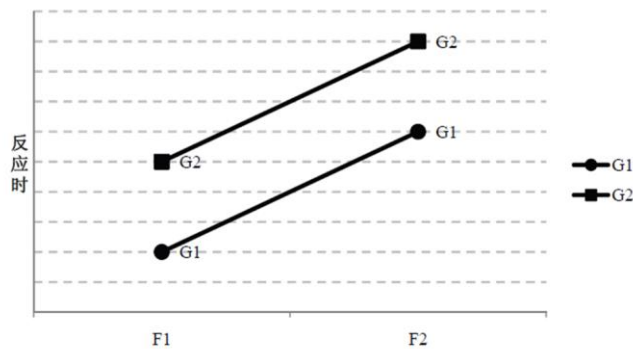


图 1-2 F 因素和 G 素对整体反应时的叠加

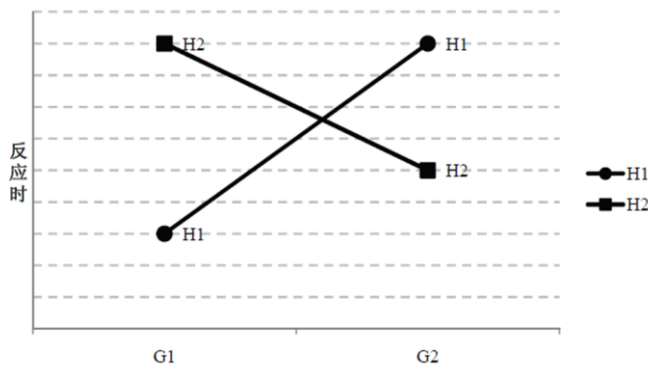


图 1-3 G 因素和 H 因素对整体反应时的交互作用

可见，加因素法不像减法法那样通过实验操纵来增加或减少某个反应时阶段，以区分每个阶段所需的加工时间；而是通过实验操纵各种影响因素来改变整体反应时，继而通过分析整体反应时的相互关系来推断不同加工阶段的存在和顺序及各种影响因素间的关系，并最终推断整个信息加工的过程。

1.3 项目辨别范式

Sternberg(Sternberg, 1969b)为此设计一个项目辨别范式 (item-recognition paradigm)，并在此基础上进行了一系列实验，以证实加因素法的可行性。

项目辨别范式本质上属于短时记忆提取实验的范畴，在该范式中，刺激集由一组项目构成，实验时每次从刺激集合中随机选取部分刺激项目作为记忆集 (positive set)，未被选中的剩余刺激项目作为

补集 (negative set)。被试的任务是要求记住该记忆集中所有项目，并在随后呈现一个测试项目让被试判断该项目是否源自该记忆集，如果是，则做出“是”反应，否则，做出“否”反应。最终，记录从刺激呈现到反应做出所需的时间。利用该范式，Sternberg 通过实验从反应时的变化上确定了对该反应任务对应的信息提取有独立作用的四个因素：识记项目的质量 (清楚的或模糊的)、识记项目的数量、反应类型 (肯定的或否定的)、每个反应类型的相对频率 (25%、75%)。据此，Sternberg 认为短时记忆信息提取过程包含相应的四个独立加工阶段，即刺激编码阶段、顺序比较阶段、二择一的决策阶段和反应组织阶段。其中，识记项目的质量对刺激编码阶段起作用，识记项目的数量对系列比较阶段起作用，反应类型对决策阶段起作用，反应类型的相对频率对反应组织阶段起作用。具体参见图 1-4。图中箭头表明信息流动的方向，虚线连接起作用的因素。从图中可以看到，从短时记忆中提取信息的过程包括识记项目编码、系列比较、决策和反应组织四个依次进行的加工阶段。

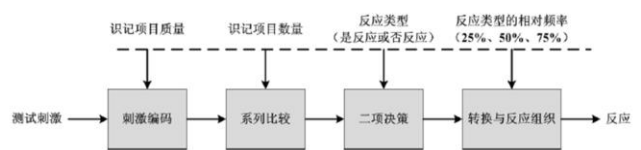


图 1-4 项目辨别过程的四个阶段

本实验旨在对 Sternberg 提出短时记忆提取实验进行验证，了解项目辨别范式的原理及流程，并进一步加深对加因素法实验逻辑及其特点的掌握。

2 实验方法

2.1 被试

浙江大学心理系大三、大四学生，男女各 25 人，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

IBM-PC 计算机一台，认知心理学教学管理系统。本实验呈现的项目集为“0~9”的数字，共计 10 个刺激集项目，每个数字的大小约为 $8.6\text{cm} \times 8.6\text{cm}$ 。

2.3 实验设计与流程

实验采用两因素被试内设计，因素一为记忆集的大小，该因素有 7 个水平（1~7 个项目数），因素二为刺激的清晰程度，该因素有 2 个水平，分别为：完整清楚、模糊不清（通过将刺激放置在黑白棋格上实现）。具体参见图 2-1。



图 2-1 实验中采用的识记项目材料

单次试验流程见图 2-2。首先，在屏幕中央呈现一个“+”注视点。随机 500~1500 毫秒后，注视点消失，而后依次系列呈现一组“0~9”的数字项目（记忆集），项目数从 1~7 个不等，每个数字呈现的速度为 1200 毫秒 / 个，最后一个数字呈现完毕后，随后呈现一个“!”，以示被试注意，2000 毫秒后，呈现测试数字。

实验中要求被试记住呈现的记忆集，并判断随后出现的探测刺激是否为记忆集中的一个，并作出反应。被试的任务是判断该测试数字是否为之前呈现的记忆集中的一个。如果是按“J”键；不是则按“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相应的反应时。如果被试在测试数字出现后 2000 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。

实验开始前，从正式实验中随机抽取 20 次作为练习，练习时，每次均有反馈，但结果不予以记录。练习的正确率达到 95% 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 560 次试验，分 4 组（每组 140 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。整个实验持续约 40 分钟。

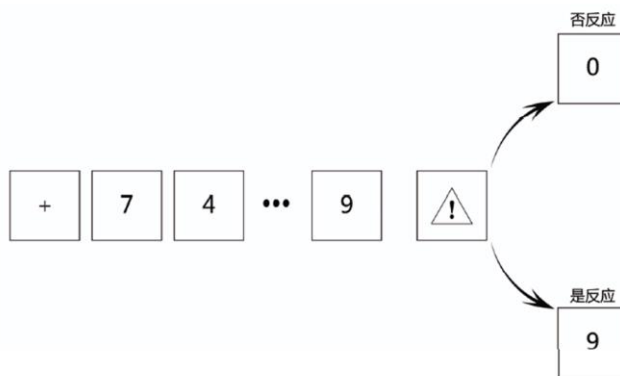


图 2-2 短时记忆信息提取实验流程示意图

3 结果分析

3.1 每个被试和所有被试在刺激不同清晰程度的条件下对不同记忆集的平均反应时

每个被试和所有被试在刺激不同清晰程度（完整清楚、模糊不清）的条件下对不同记忆集（SetSize）的平均反应时详见附表 1。

从图 3-1，我们可以看出来，随机记忆集大小的增加，被试的反应时增加，比较识记项目质量，可以发现，被试做模糊不清组的反应时要大于完整清楚组的反应时，且增长率基本相同。

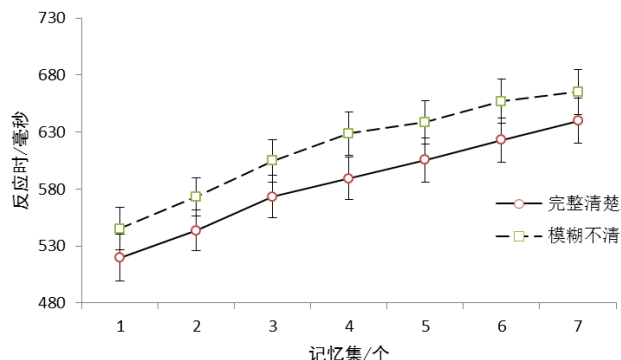


图 3-1 被试在刺激不同清晰程度（完整清楚、模糊不清）的条件下对不同记忆集的平均反应时

3.2 刺激不同清晰程度靶子呈现与否的反应时

以记忆集为横坐标，反应时为纵坐标，分别绘制刺激不同清晰程度条件下，靶子呈现与否的反应时折线图详见图 3-2。从图中我们可以看出刺激清晰且靶子呈现时被试反应时最短，而刺激模糊且靶子不呈现时被试反应时最长，且不管是在任何条件下，随着记忆集个数的增加，被试反应时均呈增长趋势，增长率基本相同。

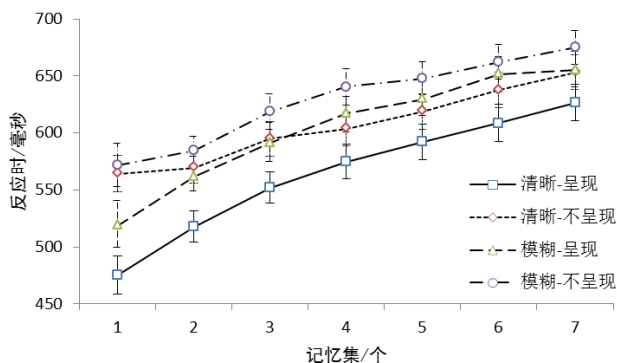


图3-2 被试在刺激不同清晰程度的条件下对不同记忆集靶子呈现与否的平均反应时

对刺激不同清晰程度和靶子呈现与否进行回归分析。

1. 在刺激模糊不清、靶子不呈现的条件下，Pearson 相关显著 $p < .01$ ，回归方程的系数为 18，公式为 $RT = 558 + 18N$ ， $R^2 = 0.092$ 。对回归进行显著性分析， $F(1, 348) = 36.555$ ， $p < .01$ ，说明回归显著。

2. 在刺激模糊不清、靶子呈现的条件下，Pearson 相关显著 $p < .01$ ，回归方程的系数为 22，公式为 $RT = 514 + 22N$ ， $R^2 = 0.146$ 。对回归进行显著性分析， $F(1, 348) = 60.836$ ， $p < .01$ ，说明回归显著。

3. 在刺激完整清楚、靶子不呈现的条件下，Pearson 相关显著 $p < .01$ ，回归方程的系数为 15，公式为 $RT = 545 + 15N$ ， $R^2 = 0.055$ 。对回归进行显著性分析， $F(1, 348) = 21.419$ ， $p < .01$ ，说明回归显著。

4. 在刺激完整清楚、靶子呈现的条件下，Pearson 相关显著 $p < .01$ ，回归方程的系数为 24，公式为 $RT = 467 + 24N$ ， $R^2 = 0.165$ 。对回归进行显著性分析， $F(1, 348) = 69.937$ ， $p < .01$ ，说明回归显著。

从上述数据我们也可以看出来，无论是哪一种情况，随着记忆集的增加，被试的反应时都会增加，且呈线性关于。在刺激完整清楚、靶子呈现的条件下，回归系数最大；而在刺激完整清楚、靶子不呈现的条件下，回归系数最小。

3.3 不同记忆集条件下的位置对反应时的影响

在靶子出现的条件下，以靶子所在记忆集中的位置为横坐标，反应时为纵坐标，分别绘制不同记忆集条件下的反应时折线图，详见图 3-3。从图中我们可以看出随着靶子位置的靠后，不同记忆集的反应时基本均呈先增长后减小的趋势，且靶子出现最后一位的反应时最低，同时，当靶子出现在正数第

二位置时，所需反应时最长。推测被试多采用倒序的方式进行回忆复述，但当靶子采用正序回忆时具有明显优势时，被试会抛弃倒序回忆而选择正序。（仅当判断靶子位于记忆集首位，内隐加工过程，对比靶子位于首位末位反应时长，认为该加工过程随记忆集大小增大，耗时增加，当记忆集在 1~7 时，反应时为 0~150ms。）

除此之外，随着记忆集的增加，反应时也逐渐增加。

由于当记忆集中数量大于 3 时，反应时与靶子所在记忆集中位置之间关系并非直线线性关系，出现了较为明显的先增大后减小的现象，直线回归方程分析不适用与此情况。

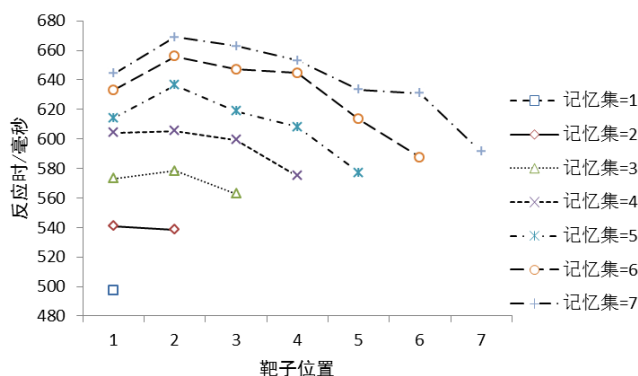


图 3-3 被试在在靶子出现不同记忆集条件下的的靶子所在位置不同的平均反应时

3.4 反应时与记忆集间的直线回归方程

对所有被试在不同记忆集的平均反应时做直线回归方程，如图 3-4，Pearson 相关显著 $p < .01$ ，回归方程的系数为 20，公式为 $RT = 521 + 20N$ ， $R^2 = 0.124$ 。对回归进行显著性分析， $F(1, 348) = 50.406$ ， $p < .01$ ，说明回归显著。

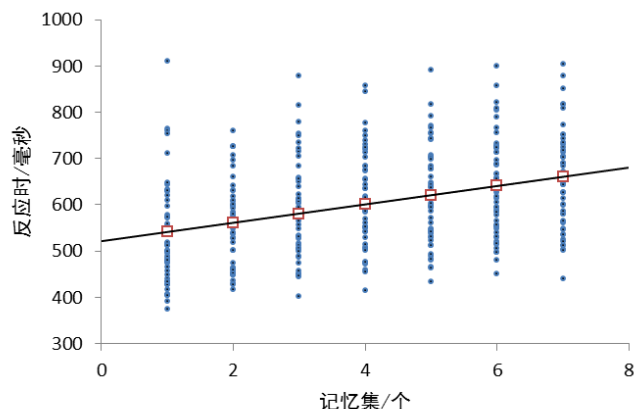


图 3-4 反应时与记忆集间的直线回归方程

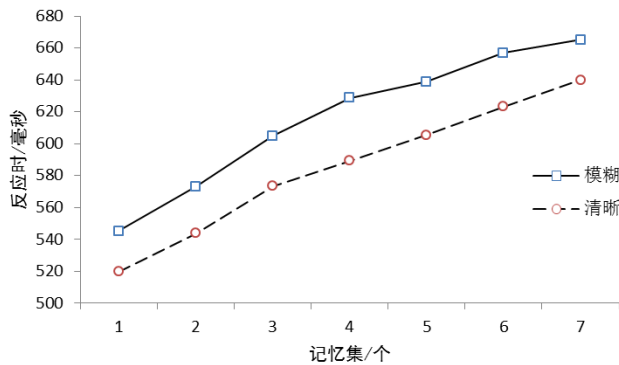


图 3-5 记忆集大小与刺激清晰度的交互作用

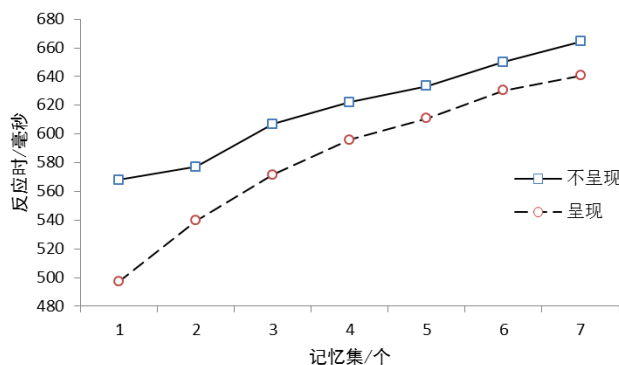


图 3-6 记忆集大小与靶子呈现与否的交互作用

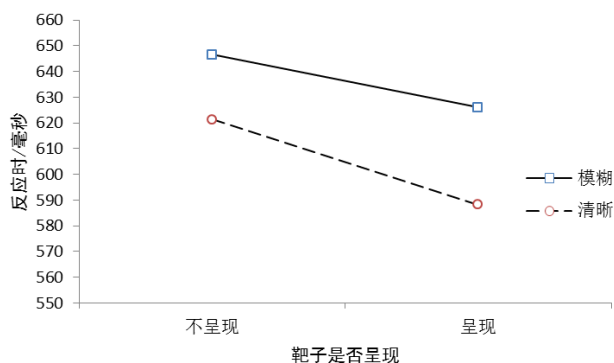


图 3-7 刺激清晰度与靶子呈现与否的交互作用

3.5 靶子呈现与否和刺激清晰程度与记忆集的大小之间的交互作用

多因素重复测量方差分析表明：

记忆集大小与刺激清晰度的交互作用： $F(3.383, 165.776)=0.749, p>.05$ ，说明交互作用不显著。详见图 3-5。

记忆集大小与靶子呈现与否的交互作用： $F(3.431, 168.102)=7.368, p<.01$ ，说明交互作用非常显著。详见图 3-6。

刺激清晰度与靶子呈现与否的交互作用： $F(1.000, 49.000)=11.579, p<.01$ ，说明交互作用非常显著。详见图 3-7。

记忆集大小、刺激清晰度与靶子呈现与否的交互作用： $F(3.362, 164.739)=0.390, p>.05$ ，说明交互作用不显著。

3.6 在刺激不同清晰程度条件下被试反应时和错误率随记忆集大小的变化

在靶子完整清晰的条件下，以记忆集大小为自变量，对被试的反应时进行单因素重复测量方差分析，结果表明，反应时的主效应非常显著， $F(2.163, 105.963)=56.813, p<.01$ ，说明在不同记忆集大小的条件下被试差异反应时非常显著，这表明在靶子完整清晰的条件下被试反应时随记忆集的增加有显著地增加。

在靶子模糊不清的条件下，以记忆集大小为自变量，对被试的反应时进行单因素重复测量方差分析，结果表明，反应时的主效应非常显著， $F(3.564, 174.633)=86.455, p<.01$ ，说明在不同记忆集大小的条件下被试差异反应时非常显著，这表明在靶子模糊不清的条件下被试反应时随记忆集的增加有显著地增加。

在靶子完整清晰的条件下，以记忆集大小为自变量，对被试的错误率进行单因素重复测量方差分析，结果表明，错误率的主效应非常显著， $F(3.559, 174.382)=7.120, p<.01$ ，说明在不同记忆集大小的条件下被试错误率差异非常显著，这表明在靶子完整清晰的条件下被试错误率随记忆集的增加有显著地增加。

在靶子模糊不清的条件下，以记忆集大小为自变量，对被试的错误率进行单因素重复测量方差分析，结果表明，错误率的主效应非常显著， $F(4.063, 199.089)=8.735, p<.01$ ，说明在不同记忆集大小的条件下被试差异错误率非常显著，这表明在靶子模糊不清的条件下被试错误率随记忆集的增加有显著地增加。

对刺激清晰度不同情况下的反应时进行配对样本 t 检验，经检验， $t=-13.598, p<.01$ ，说明两者存在显著差异。

对刺激清晰度不同情况下的错误率进行配对样本 t 检验，经检验， $t=-3.381, p<.01$ ，说明两者存在显著差异。

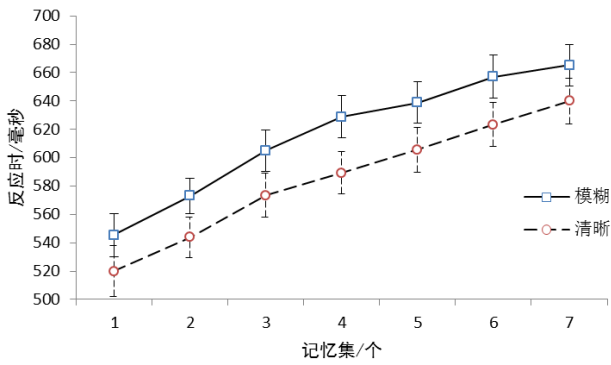


图 3-8 不同清晰程度条件下的反应时

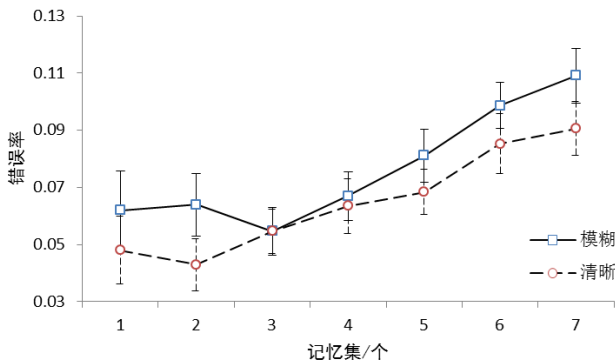


图 3-9 不同清晰程度条件下的错误率

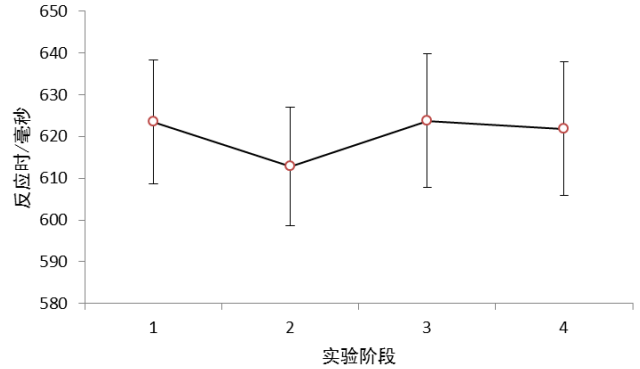


图 3-10 不同实验阶段下被试的反应时

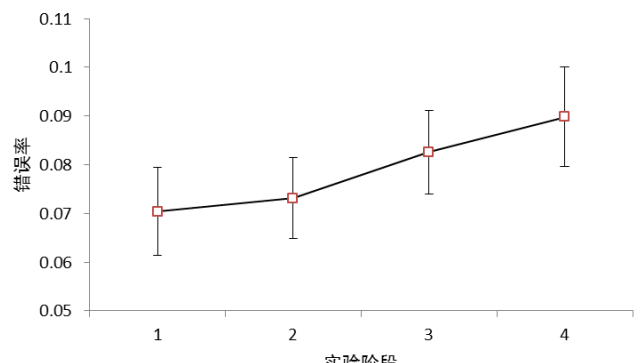


图 3-11 不同实验阶段下被试的错误率

3.7 被试在实验过程中的练习效应

将每个被试的实验数据按照实验设计中的方法分为 4 组，每组 140 个试次，认为 4 组实验试次当中，记忆集大小与刺激的清晰程度均为全部随机（后循环执行 4 次），被试内两因素在 4 个阶段内已得平衡。所有被试在四个阶段的平均反应时和错误率变化详见图 3-10 和图 3-11。

从 3-10 中我们可以看出，被试的平均反应时在第二阶段相比于第一阶段有明显的下降，故对其进行统计分析。以实验阶段为自变量，反应时为因变量，对第一阶段和第二阶段的数据进行配对样本 t 检验。经检验， $t=2.336$ ， $p<.05$ ，说明被试在第二阶段与第二阶段的平均反应时存在显著差异，即被试在实验过程中存在练习效应。而第三阶段相比于第二阶段又有明显的回升，对第二阶段和第三阶段的数据进行配对样本 t 检验。经检验， $t=-1.687$ ， $p<0.1$ ，说明被试在第二阶段与第三阶段的平均反应时存在边缘显著差异，即被试在实验过程中略存在疲劳效应。

从 3-11 中我们可以看出，错误率随着实验阶段的增加逐渐增加，所以不存在练习效应而是存在疲劳效应。

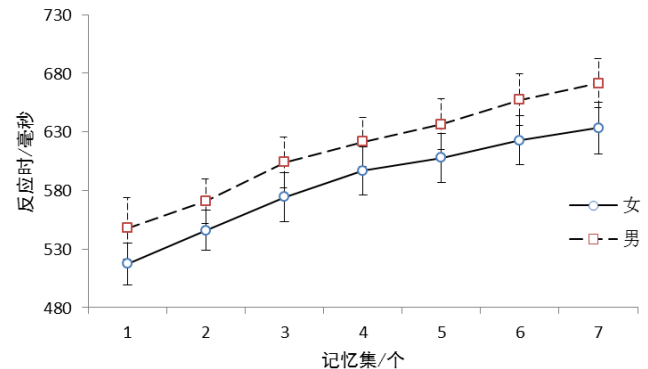


图 3-12 不同记忆条件下不同性别被试的反应时

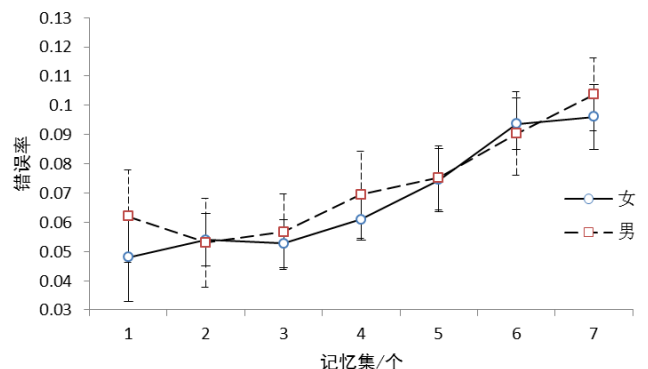


图 3-13 不同记忆条件下不同性别被试的反错误率

3.8 被试性别对反应时和错误率的影响

男女在不同记忆集条件下的被试反应时和错误率的变化情况详见图 3-12 和图 3-13。从图 3-12 我们可以看出来，男性反应的反应时略高于女性，从图 3-13 我们可以看出来，男性反应的错误率略高于女性。

以性别和记忆集大小为自变量，对反应时进行多因素重复测量方差分析，结果表明，性别主效应不显著 ($F(1, 48)=4.384, p>0.5$)，说明男女被试在反应时之间的差异不显著；同时，它们之间的二阶、三阶交互作用均不显著。

以性别和记忆集大小为自变量，对错误率进行多因素重复测量方差分析，结果表明，性别主效应不显著 ($F(1, 48)=0.91, p>0.5$)，说明男女被试在错误率之间的差异不显著；同时，它们之间的二阶、三阶交互作用均不显著。

4 讨论

4.1 靶子呈现与否对短时记忆项目提取效率的影响

以靶子呈现与否为自变量，对被试的反应时做单因素重复测量方差分析，结果显示， $F(1, 49)=37.823, p<0.01$ ，说明靶子呈现与否主效应显著。说明靶子存在与否会影响被试的反应时。由图 4-1 可知，靶子呈现时随着记忆集的增加，反应增加的更快。

以靶子呈现与否为自变量，对被试的错误率做单因素重复测量方差分析，结果显示， $F(1, 49)=61.815, p<0.01$ ，说明靶子呈现与否主效应显著。说明靶子存在与否会影响被试的错误率。有图 4-2 可知，随着记忆集的增加，靶子呈现时错误率也随之增加，而靶子不呈现时，错误率基本无变化。

根据 Sternberg 对短时记忆信息提取过程的分析，即短时记忆信息提取过程包含相应的四个独立加工阶段，靶子呈现与否会影响二项决策这一阶段，同时经 3.5 的计算得，靶子是否呈现与刺激清晰程度和记忆集大小均存在非常显著的交互作用，表明靶子是否呈现也会影响刺激编码与系列比较阶段，所以说明靶子是否呈现影响了被试对短时记忆项目提取效率的影响。

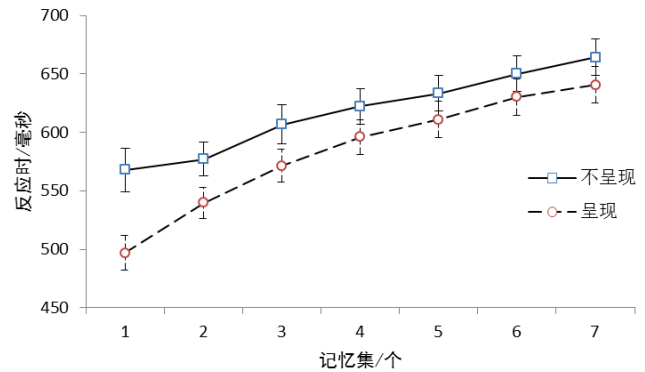


图 4-1 刺激是否呈现下的反应时

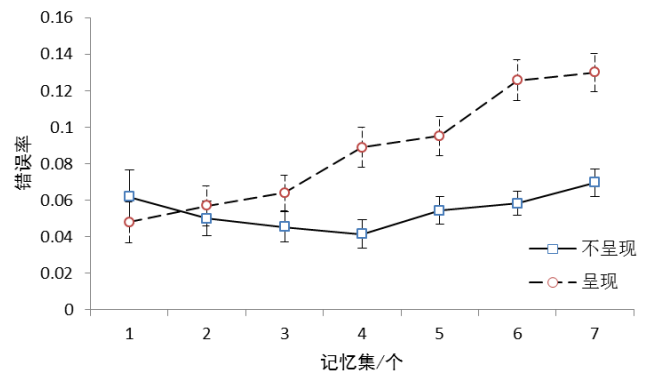


图 4-2 刺激是否呈现下的错误率

4.2 刺激的清晰程度对反应时的影响

以刺激清晰程度为自变量，对被试的反应时做单因素重复测量方差分析，结果显示， $F(1, 49)=190.775, p<0.01$ ，说明刺激清晰程度主效应显著。说明刺激清晰程度会影响被试的反应时。由图 3-1 可知，刺激模糊不清时的反应时明显高于刺激完整清楚时的反应时。

当刺激模糊不清时，被试的反应时大于刺激完整清楚的反应时，且从 3.5 的结论：刺激的清晰程度与记忆集大小不存在交互作用，这一点与 Sternberg 的实验数据一致。

根据加因素法的理论，这一结果说明我们在进行比较值前是存在一个独立的编码阶段专门用来识别刺激具体所代表的内容的。正因为不存在交互作用，所以我们可以排除记忆集大小的改变对反应时的影响这一假设，从而得出有另一个独立的、与记忆无关的阶段存在，这一阶段的反应时受刺激的清晰程度的影响。

根据 Sternberg 对短时记忆信息提取过程的分析，即短时记忆信息提取过程包含相应的四个独立加工阶段，刺激的清晰程度影响刺激编码的阶段。

4.3 靶子所在记忆集中的位置及搜索集大小对反应时的影响

随着搜索集的增大，被试的反应时逐渐增加。这一点与 Sternberg 的实验数据一致。同时这一点也支持了 Sternberg 关于该阶段是序列加工的结论。

当靶子处于同一位置的时候，随着搜索集的增大，被试的反应时逐渐增大。这可能是由于被试因为记忆集增大，认知资源消耗得比较多，负荷较重，故反应时加长。

随着靶子所在记忆集中的位置变得更加靠后，被试的反应时反而有所减少。但当记忆集较小时，在记忆集靠后的靶子所需反应时减小的并不明显，而在记忆集较大时，越靠后的靶子所需的反应时会有显著的减小。

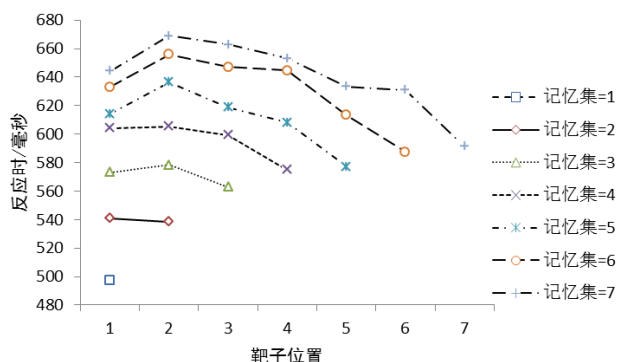


图 4-3 被试在在靶子出现不同记忆集条件下的的靶子所在位置不同的平均反应时

从记忆集的大小和反应时的关系我们基本可以认为被试该加工阶段处于序列加工。当记忆集较小时，数据不显著，而记忆集较大时，被试由于记忆的负担较大，故前期准备需要的时间更加得多，并且由于记忆集较大，可能出现较为明显的首因效应和近因效应以至于影响到实验结果。事实上，我们可以看数据分析中的 3.3 的图，显然当靶子处于首尾时，被试的反应时更短，而当靶子处于较为中间的位置的时候，被试的反应时增长。而由于近因效应比首因效应更为明显，所以末位的反应时往往比首位低。

4.4 加因素法和减法法各自的特点及应用

4.4.1 加因素法

斯滕伯格认为，人的信息加工过程是系列进行的，由一系列有先后顺序的加工阶段组成的。这也是加因素法的一个基本前提。

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。

根据这个逻辑，在应用加因素法进行实验时，研究者在影响反应时的各种因素（变量）中找出其中独立的因素。如果发现可以影响完成作业所需时间的一些因素，那么单独地或成对地应用这些因素进行实验，就可以观察到完成作业时的时间变化。当两个实验因素影响两个不同的阶段时，它们将对总反应时产生独立的效应，即不管一个因素的水平变化如何，另一个因素对反应时的影响是恒定的。这样称两个因素的影响效应是相加的。加因素法就是这样通过探索有相加效应的因素，来区分不同的加工阶段，从而尝试找出某信息加工的所有阶段，以推断整个的信息加工过程。可见，加因素法实验所侧重的，不是区分出每个阶段的加工时间，而是证实不同加工阶段的存在，以及辨认它们各自的前后顺序。

斯滕伯格的“短时记忆的信息提取”乃是使用加因素法分析心理过程的一个典型实验。斯滕伯格在《反应时实验揭示的心理过程》一文（1969）中，系统地阐述了加因素法反应时实验和用此方法所做的短时记忆信息提取的实验。

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。

第一阶段,改变测试刺激的质量,发现对一个残缺、模糊的刺激进行编码比对一个完整、清晰的刺激所花的时间更长,而且该因素对不同大小记忆表的影响相似,即记忆表的大小仅改变 y 截距,而不改变直线的斜率,表明系列比较阶段之前存在一个独立的编码阶段。

第二阶段,改变记忆表中项目的数量,得出记忆表大小与反应时间之间的线性关系,证实了系列比较阶段的存在。他假定对应于不同大小记忆表的余下三个阶段的反应时间是不变的。斯滕伯格将斜线向左延伸至 y 轴, y 轴上的点提供了系列比较为 0 时的反应时,实际上就是编码刺激作二分决定和组织反应共花的时间。

第三阶段,分别计算 Y 反应(肯定反应)与 N 反应(否定反应),发现对不同大小的记忆表,都是 N 反应时长于 Y 反应时,表明了两种绝对阶段的存在,即在系列比较之后,有一个被试选择反应种类的阶段,而且产生 N 反应比产生 Y 反应难。

第四阶段,改变某一反应(Y 或 N)的出现频率,发现对两类反应产生同样的影响,即提高任一类反应的出现频率,都会使这类反应组织更为容易,从而使反应时下降。表明反应选择之后存在一个独立的反应组织阶段。

4.4.2 减数法

它是由唐德斯首先提出的,故又称唐德斯减数法(Donders subtractive method)。减数法的反应时实验的逻辑是:如果一种作业包含另一种作业所没有的某个特定的心理过程,且除此过程之外二者在其他方面均相同,那么这两种反应时的差即为此心理过程所需的时间。减数法的这种逻辑可以通过唐德斯设计的三种反应时任务来加以说明和验证。

在当今涉及快速的信息加工过程中,例如识别、注意、表象和短时记忆等,常常应用减法反应时实验。这种实验既可用来研究信息加工的某个特定阶段或操作,也可用来研究一系列连续的信息加工阶段,以证明某一心理过程的存在。减数法的应用领域非常广泛。

4.4.3 证明心理旋转存在的实验

心理旋转(mental rotation)指单凭心理运作(不靠实际操作),将所知觉之对象予以旋转,从而获得

正确知觉经验的心理历程。也就是说,当一个知觉对象不是以符合知觉经验的角度呈现时,人们可能是通过内部心理过程把这个对象旋转到符合知觉经验的角度加以辨认。那么怎么证明这个心理旋转到底是否存在呢?

20 世纪 70 年代初,库柏(Cooper)和谢波德(1973)用减数法反应时实验证明了心理旋转的存在。研究者设想,如果连续的心理旋转确实存在,那么减数法反应时的逻辑正好可以与之吻合。假设有两个任务,它们之间除了被知觉对象需要心理旋转的角度不同外别无差异,那么两者的反应时之差应当就是心理旋转完成两者间角度差所需的时间。例如,倾斜度 0° 和倾斜度 60° 两种任务中,除了倾斜角度之外其他条件均一样,如果存在心理旋转过程的话,那么应该是第二个任务只比第一个任务多一个从 60° 旋转至 0° 的心理过程,

实验者进一步推论:如果发现以上任务的反应时确有差异,而且这种差异和两任务间角度差呈现正比关系,就可以证明心理旋转的确存在。

4.4.4 证明短时记忆视觉编码的实验

反应时新法在记忆领域,特别是对短时记忆编码问题的研究同样也有着重大的贡献。

自 20 世纪 60 年代以来,根据记忆实验中对错误回忆的分析,人们通常以为短时记忆信息(如字母)是以听觉形式来编码的。但是 70 年代初波斯纳等人(Posner, 1969)的实验却表明,这种信息可以有视觉编码。他们所依据的就是减数法反应时实验的结果。实验是这样进行的:给被试并排呈现两个字母,这两个字母可以同时给被试看,或者中间插进短暂的时间间隔,然后要被试指出这一对字母是否相同并按键作出反应,记下反应时。所用的字母对有两种:一种是两个字母的读音和书写方法都一样,即为同一字母(AA);另一种是两个字母的读音相同而写法不同(Aa)。在这两种情况下,正确的反应均为“相同”。在两个字母相继呈现时,其间隔为 0.5 秒、1 秒或 2 秒等。在两个字母同时呈现时,AA 对的反应时小于 Aa 对;随着两个字母的时间间隔增加,AA 对的反应时急剧增加,但 Aa 对的反应时则没有发生大的变化。并且 AA 对和 Aa 对的反应时的差也逐渐缩小,当时间间隔达到 2 秒时,这个差别就已经很小了,两条曲线趋于靠拢。

研究者按照减数法反应时的逻辑对实验结果作出如下解释。

其一，当两个字母同时呈现给被试时，Aa 对的反应时大于 AA 对。根据减数法的逻辑，这个反应时之差反映了对 Aa 对的加工中包含了对 AA 对的加工中所没有的过程；反过来说，AA 对中不包含的加工过程要少于 Aa 对。Aa 对与 AA 对的反应时之差反映了内部编码过程的差别。波斯纳等认为，既然 AA 对与 Aa 对的区别只在于前者的两个字母有一样的写法，而后者没有，那么，当两个字母同时呈现给被试时，AA 对字母可以直接按写法来比较，但 Aa 对却不能按写法而必须按读音来比较。这意味着 AA 对匹配是在视觉编码的基础上进行的，而 Aa 对匹配只能在听觉编码的基础上进行。必须从视觉编码过渡到听觉编码，这样就包含了更多的加工，因此需时也较多。

其二，AA 对的同时呈现和继时呈现的反应时之差反映的同样是信息编码的这种特点。AA 对同时呈现的反应时小于继时呈现的反应时，继时呈现的反应时与 Aa 对趋同，而 Aa 对的反应时受同时或继时呈现的影响很小。这说明随着时间的延长，AA 对的加工过程与 Aa 对趋于一致。根据这个结果可以推测，短时记忆时，先发生的是视觉编码，它保持一个短暂的瞬间后，才发生了听觉编码。这样，即使是 AA 对，随着两个字母之间插入时间间隔的逐渐增大，视觉编码的效应逐渐消失，听觉编码的作用逐渐增强，其反应时间便也逐渐增大，从而缩小了与 Aa 对反应时的差别。

波斯纳等人应用减数法反应时实验清楚地确定了，某些短时记忆信息可以有视觉编码和听觉编码两个连续的阶段，这是认知心理学上的重大发现。

但减数法要求加上的加工阶段是完全分离的，不能出现交互作用。

4.5 短时记忆项目提取过程中受到哪些因素的影响

由 3.1~3.8 可知记忆集大小、刺激质量、判断的种类、刺激的频率、判断标准、靶子所在位置等过程均会影响短时记忆项目提取

4.6 与 Sternberg 的实验结果进行对照比较

我们的实验结果与 Sternberg 的实验结果基本一致，Sternberg 的实验结果如图 4-4、4-5、4-6 所示。

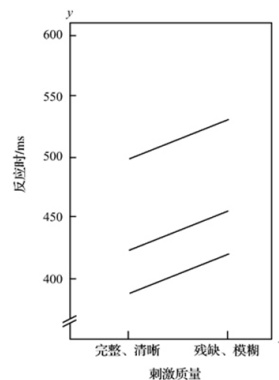


图 4-4 刺激质量对反应时的影响

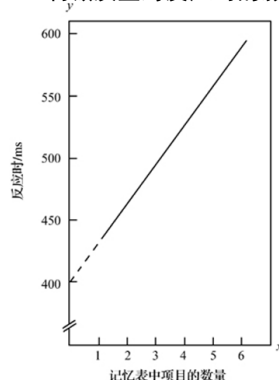


图 4-5 记忆集大小对反应时的影响

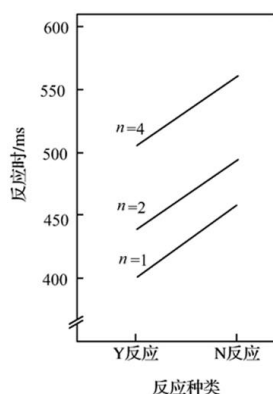


图 4-6 靶子存在与否对反应时的影响

在刺激质量方面，Sternberg 的实验发现，刺激完整清楚条件下的被试的反应时要短于模糊不清条件下的被试的反应时，且该辨别阶段并不与记忆加工阶段重合，即，该阶段独立于搜索阶段，影响刺激编码阶段。这与我们的实验结果一致，说明我们的实验结果支持了 Sternberg 的实验结果。

在记忆集大小方面，Sternberg 的实验发现，随着记忆集的增大，被试的反应时增大，且存在线性关系，他认为这是因为被试在整个过程中采取序列搜索的策略。并且在不同情况下，以记忆集为横坐标，反应时为纵坐标，画出来的回归的系数相差不大，说明整个搜索的过程不是自停止搜索，而是完

全系列搜索。这与我们的实验结果一致，说明我们的实验结果支持了 Sternberg 的实验结果。

在靶子存在与否方面，Sternberg 的实验发现，靶子存在的条件下被试的反应时更短，他认为这是由于反应类型的不同，影响于短时记忆信息提取的二项决策的阶段。这与我们的实验结果一致，说明我们的实验结果支持了 Sternberg 的实验结果。

我们的实验结果与 Sternberg 不一致的方面是：Sternberg 的实验结果中，即使靶子的位置改变，反应时也不会有太大差异，但我们的实验数据却不是，我们的实验数据存在较为明显的近因效应和首因效应。

4.7* 性别对该实验结果的影响

经过上述对被试的性别进行各方面的分析（详见 3.8），结果表明，虽然男性相对于女性存在较高反应时与较高错误率的趋势，但是经多因素重复测量方差分析后结果均不显著。所以，性别不影响短时记忆，即短时记忆并不会在性别间产生显著差异。

5 结论

1. 根据 Sternberg 的加因素法，可以得出实验中的记忆加工阶段不止一个。

2. 关于靶子的清晰度这一块，我们的结论与 Sternberg 一致；关于记忆集大小和靶子出现与否的实验结果与 Sternberg 的结果不一致。

3. 靶子清晰与否会影响被试的反应时，影响阶段并不在记忆阶段。

4. 记忆集的大小会影响被试的反应时。

6 思考题

在项目辨别范式中，为何“在已经搜索到匹配项目时”被试仍然采用穷尽搜索而非自终止搜索的策略。被试是否有可能采用自终止搜索策略。如果是，在何种情景下会采用上述策略。

Sternberg 对短时记忆提取的几个阶段进行了检验，发现系列比较的时间较短，二项决策的时间较长。穷尽搜索意味着被试需要进行全部的系列比较，最后做出二项决策。而自终止搜索意味着被试每进行一次系列比较，都需要进行一次二项决策。而因为系列比较的时间短于二项决策，所以如果被试需要搜索的记忆集较小时，可能直接进行自终止搜索，这样反应时可能较短，而当被试需要搜索的记忆集较大时，被试采用穷尽搜索的策略更为省力。

参考文献

- [1] 董一胜. (2016). 认知心理学实验手册.
- [2] 杨治良. 实验心理学.
- [3] Sternberg, S. (1969). Memory-scanning: mental processes revealed by reaction-time experiments.. *American Scientist*, 57(4), 421-57.
- [4] Sternberg, S. (1969). The discovery of processing stages: extensions of donders' method. *Acta Psychologica*(69), 276-315.
- [5] 肖崇好, & 黄希庭. (1999). 短时记忆提取机制研究. *心理科学*, 第 4 期, 302-304.
- [6] 郑涌. (1991). 关于英文词的短时记忆编码方式的实验研究. *心理科学*, 03 期, 51-52.
- [7] 刘万伦. (2003). 短时记忆研究综述. *巢湖学院学报*, 第 3 期, 6-10.

Information Extraction from Short-term Memory

(Department of psychology and behavior science, Zhejiang University, 310028)

Abstract The experiment of information extraction from short-term memory is additive factor method by Sternberg on the basis of the subtraction method by Donders. Additive factor method is not to deny the subtraction method, but method development and extension of the subtraction. This study is designed to verify the experiment of information extraction from short-term memory which put forward by Sternberg. The results showed that: the process of extracting information from short-term memory in the project include the processing stages memorization coding, series comparison, decision-making and response organizations of the four sequentially. When the memory set size, stimulate clarity, whether the target presentation, target location both will be tested and errors caused average response rate impact, while participants practice effect exists, but the gender difference was not significant.

Key words short-term memory, Sternberg, information extraction, additive factor method

附表

附表 1 所有被试在刺激不同清晰程度（完整清楚、模糊不清）的条件下对不同记忆集的平均反应时

记忆集	模糊不清							完整清楚						
	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7
1	598	585	646	670	711	687	730	559	567	633	677	644	688	731
2	407	448	475	473	499	528	566	376	424	425	446	476	498	507
3	515	617	588	633	630	676	701	629	550	574	591	615	656	642
4	361	474	417	418	453	470	442	450	359	388	411	413	432	438
5	435	587	531	555	561	572	556	587	486	481	546	515	524	539
6	419	467	487	518	499	512	539	390	430	485	498	488	482	513
7	520	646	626	609	647	649	682	450	545	556	585	607	602	627
8	406	498	467	489	487	498	514	510	405	436	459	445	462	493
9	425	466	520	551	544	565	532	410	433	487	476	481	494	508
10	641	696	709	795	789	790	841	644	625	702	758	749	819	860
11	824	718	740	739	815	861	820	702	648	691	737	768	780	813
12	522	521	536	551	582	622	625	426	481	496	534	561	567	627
13	571	580	616	653	692	676	662	498	527	572	616	604	658	626
14	651	630	704	739	782	715	699	616	557	664	666	702	677	709
15	497	546	573	569	585	591	583	384	490	521	517	511	564	544
16	581	649	644	686	689	742	674	418	589	581	600	723	686	667
17	510	606	671	722	688	729	713	523	608	640	646	673	725	691
18	458	454	499	473	487	537	521	395	441	448	470	473	502	503
19	517	538	578	608	627	609	658	460	518	550	570	570	599	594

短时记忆信息提取实验报告

记忆集	模糊不清							完整清楚						
	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7
20	543	558	639	631	668	660	694	566	539	572	606	651	647	684
21	517	563	581	589	597	599	625	472	512	567	517	522	576	574
22	467	459	482	490	522	546	549	387	459	433	461	502	488	521
23	772	714	759	744	767	763	791	746	678	709	683	713	702	713
24	588	688	753	720	705	722	741	669	594	805	721	701	723	760
25	533	498	570	564	571	567	572	506	607	493	576	486	543	549
26	609	780	814	862	842	870	880	652	739	817	827	791	844	876
27	504	534	615	627	662	670	717	519	547	535	566	618	648	686
28	465	472	529	593	549	542	572	402	431	496	506	514	537	559
29	693	627	648	666	704	712	737	602	635	668	645	701	658	712
30	537	582	563	609	622	617	658	467	532	548	511	569	572	595
31	815	624	744	810	743	807	790	1006	791	764	688	788	727	755
32	535	630	601	730	655	763	721	423	590	556	622	710	689	708
33	487	481	507	547	558	574	586	409	445	502	512	534	530	574
34	451	485	513	537	544	550	556	416	443	465	475	500	513	534
35	634	578	617	658	659	651	677	585	539	591	574	629	661	692
36	478	500	546	602	612	606	618	455	504	507	566	560	564	610
37	676	746	799	755	773	763	746	745	705	699	707	736	746	723
38	441	456	463	499	509	512	515	373	402	426	452	457	499	486
39	755	692	896	848	894	886	886	751	761	861	867	890	913	924
40	527	542	607	616	624	614	680	591	603	557	574	565	613	611
41	410	495	502	521	557	573	633	398	425	496	483	525	541	570
42	581	469	557	573	552	578	607	490	478	509	532	531	553	555
43	669	568	645	659	633	728	711	523	555	598	612	643	646	668
44	683	652	661	725	768	816	827	555	611	636	722	743	799	809
45	455	541	530	586	618	641	588	497	511	531	585	569	596	585
46	400	460	461	470	488	517	547	347	395	432	440	440	478	478
47	578	682	713	735	752	815	799	570	771	731	787	736	765	818
48	576	621	683	675	735	764	751	524	578	628	635	661	685	685
49	497	640	620	624	612	655	657	461	562	593	573	595	604	629
50	537	593	607	729	675	737	766	461	567	620	640	680	690	720
总计	545	573	605	629	639	657	665	520	544	573	589	606	623	640