

认知心理学报告



短时记忆信息提取

专业：心理学
班级：心理 1402 班
学号：3140104088
姓名：李文敏
性别：男

短时记忆信息提取*

李文敏¹ 董一胜^{**}

(浙江大学心理与行为科学系, 杭州, 310028)

摘 要 本实验在 Sternberg 的实验基础上进行验证, 让 40 名被试接受三因素的被试内处理, 记录被试的反应时进行分析, 研究表明 (1) 靶子呈现与否、刺激的清晰程度等诸多因素都会影响短时记忆项目的信息提取效率 (2) 不同靶子位置的反应时以及靶子呈现与不呈现两种情况下的反应时表明本实验的被试采用的既不是自终止系列扫描也不是全系列扫描的策略 (3) 实验中没有发现练习效应。

关键词 短时记忆 信息提取 减数法 加因素法

1. 引言

1.1 减数法

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)提出的减数法(subtraction method), 其基本原理是在两个反应时任务(任务一、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。

减数法在 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, 减数法基于两个原因而备受批评: 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, 也可能是当一个任务里插入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, 在使用减数法解释实验结果时, 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)在唐德斯减数法的基础上, 提出了反应时的加因素法(additive factor method)。加因素法不是对减数法的否定, 而是减数法的发展和延伸。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所需时间的总和。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 1-2-1 为上述逻辑示意图。

在图 1-2-1 中, 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

* 完稿日期: 2016-10-10

* 研究项目: 认知心理学实验项目

** 通讯作者: 董一胜, 浙江大学心理与行为科学系, E-mail: dongyisheng@zju.edu.cn

C。由于F因素和G因素分别独立作用于阶段A和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 1-2-2。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 1-2-3。

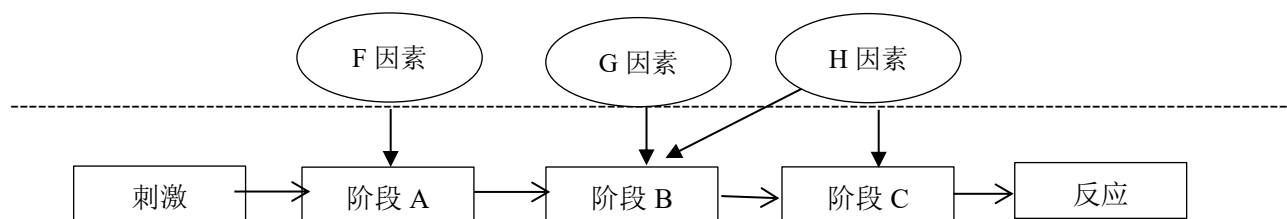


图1-2-1 各因素对反应时各个阶段的影响示意图

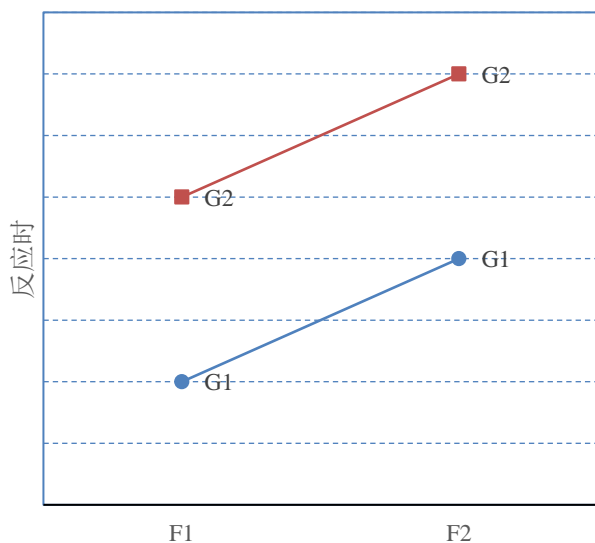


图1-2-2 F因素和G因素对整体反应时的叠加

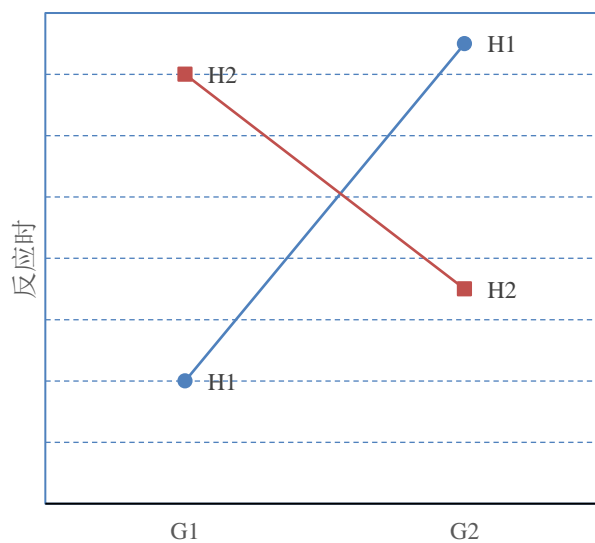


图1-2-3 G因素和H因素对整体反应时的交互作用

可见，加因素法不像减数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，继而通过分析各种条件下整体反应时间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)，并在此基础上设计了一系列实验，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 1-2-4。

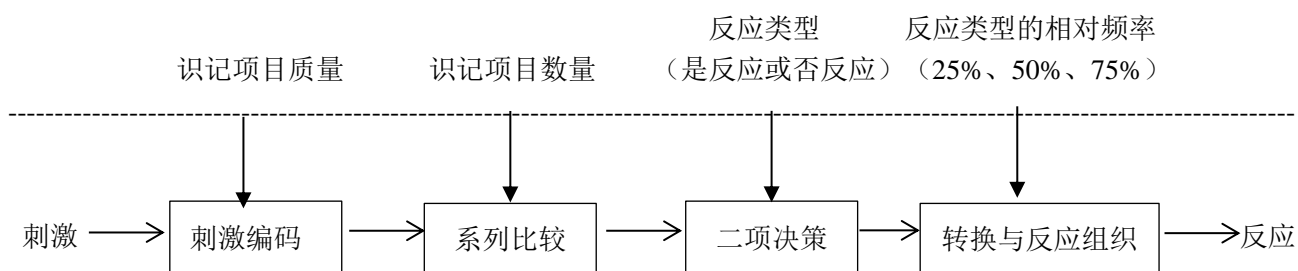


图1-2-4 项目辨别过程的四个阶段

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，从短时效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。

本实验旨在对 Sternberg 提出短时效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. 方法

2.1 被试

被试为浙江大学心理与行为科学系大三本科生 50 名（其中男生 20 名），所有被试的平均年龄 20 岁（19-21 岁， $SD=0.77$ 岁）。实验被试均身体健康，无视觉知觉和肢体障碍。

2.2 仪器与材料

IBM-PC 计算机一台、认知心理教学管理系统。本实验呈现的项目记忆集为 0~9 之间的数字，共计 10 个刺激项目，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：完整清晰、模糊不清（通过将刺激放置在黑白棋格上实现）。具体参见图 2-3-1。

单次试验流程见图 2-3-2。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，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，并做出反应。被试的任务是判断该测试数字是否为前面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，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 120 分钟。

完整清晰

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9

模糊不清



图 2-3-1 实验中采用的识记项目材料（完整清晰和模糊不清）

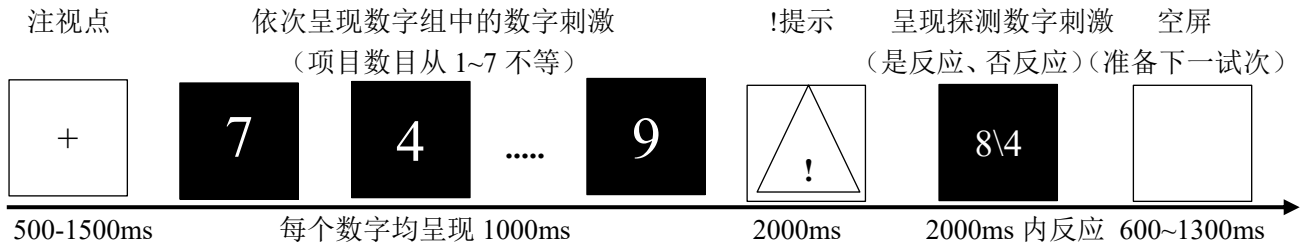


图 2-3-1 短时记忆信息提取实验流程示意图（以清晰数字为例）

3.结果

3.1 所有被试在刺激不同清晰程度下的不同记忆集的平均反应时

求得所有被试在不同刺激清晰度下对不同记忆集的平均反应时，详细数据参见附录表 1。

3.2 不同记忆集下反应时的直线回归方程

求得所有被试在靶子呈现与否两种情况下不同记忆集的平均反应时，绘制折线图如下图 3-2-1 所示。

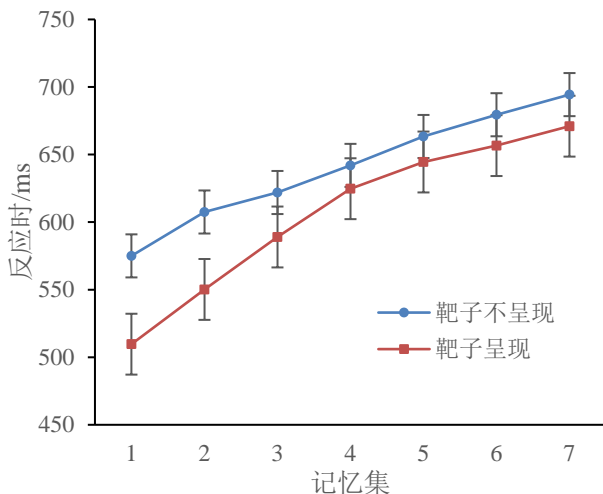


图 3-2-1 靶子呈现与否下的反应时随记忆集变化趋势

求得所有被试在刺激项目的不同清晰程度下对不同记忆集的平均反应时，绘制折线图如图 3-2-2 所示。

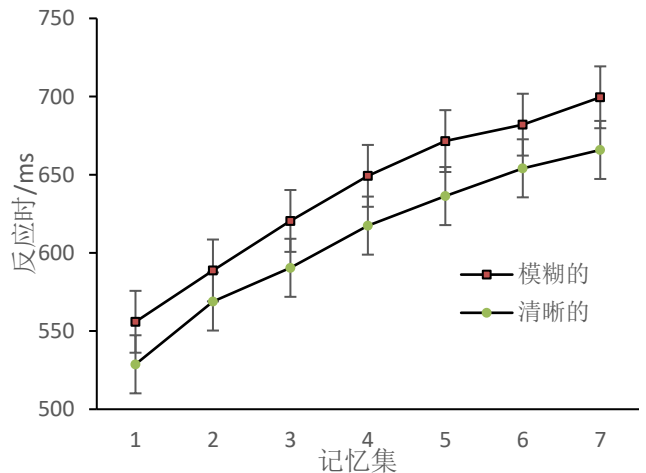


图 3-2-2 不同清晰程度下反应时随记忆集变化趋势

分别对四种条件进行回归分析，可以分别得到回归方程、回归系数显著性、决定系数 R^2 。综合四种情况的结果得到一张汇总表如表 3-2-3 所示。

由回归分析结果可知，四条回归直线的回归效果都非常显著 ($p < .01$)，且决定系数都高于 0.95。这说明反应时 95%以上的变异可以由记忆集解释。

表 3-2-3 不同清晰程度、靶子呈现与否下的反应时与记忆集之间的回归分析结果

实验条件	回归方程	回归方程显著性	决定系数
模糊的	$RT=23.869*SetSize+542.74$	$F(1,5)=163.807, p<.01$	0.97
清晰的	$RT=22.414*SetSize+519.18$	$F(1,5)=171.351, p<.01$	0.972
靶子呈现	$RT=26.872*SetSize+499.04$	$F(1,5)=93.047, p<.01$	0.949
靶子不呈现	$RT=19.411*SetSize+562.88$	$F(1,5)=438.135, p<.01$	0.989

表 3-3-2 不同记忆集的反应时与靶子位置之间的回归分析结果

记忆集大小	回归方程	回归方程显著性	决定系数
3	$RT=-9.740*TargetPos+608.48$	$F(1,1)=.428, p=.631$	0.3
4	$RT=-14.632*TargetPos+661.32$	$F(1,2)=3.09, p=0.221$	0.607
5	$RT=-11.759*TargetPos+679.78$	$F(1,3)=2.942, p=0.185$	0.495
6	$RT=-14.401*TargetPos+707.04$	$F(1,4)=4.535, p=0.100$	0.531
7	$RT=-12.713*TargetPos+721.86$	$F(1,5)=12.536, p<.05$	0.715

3.3 所有被试在不同记忆集下的不同探测项目位置的平均反应时

求得所有被试在靶子出现的情况下,不同靶子位置下的不同记忆集的平均反应时,绘制折线图如图 3-3-1 所示。

并且可以计算出不同记忆集下,反应时与靶子所在记忆集中的位置之间的直线回归方程,相关回归方程的参数值如上页表 3-3-2,其中当记忆集为 1 和 2 的时候不存在回归直线方程。发现只有记忆集为 7 的时候回归系数才是显著的,回归系数 0.715,说明反应时的变异有 71.5%的可以由靶子位置的不同来解释,而其他记忆集下的回归效果均不显著。

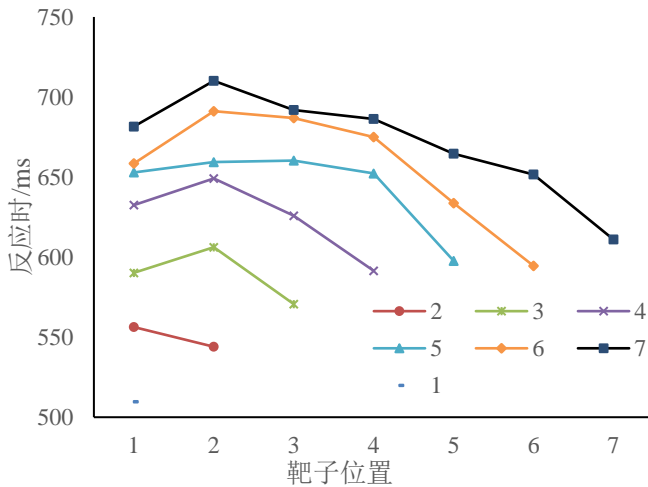


图 3-3-1 不同记忆集下反应时随靶子位置变化趋势

3.4 靶子呈现与否、识记项目清晰程度和记忆集的交互作用分析

根据本实验的实验设计,对所有被试的数据进行三因素的重复测量分析,详细数据参见附录表 2。

球形检验均不符合 ($p < .001$),我们采用多变量检验结果。靶子是否呈现、刺激清晰程度、记忆集的主效应显著。是否呈现与刺激清晰程度的交互作用边缘显著 ($F(1,39) = 3.928, p = .055, \eta_p^2 = 0.092$),是否呈现与记忆集交互作用显著 ($F(6,34) = 6.553, p < .01, \eta_p^2 = 0.536$),刺激清晰程度和记忆集交互作用不显著 ($F(6,34) = 0.635, p = .701, \eta_p^2 = 0.101$),三者的交互作用不显著 ($F(6,34) = 1.813, p = .126, \eta_p^2 = 0.242$)。

3.5 不同项目清晰程度下记忆集下的被试的反应时和错误率

根据前面的重复测量结果,可知记忆集与项目清晰程度的交互作用不显著 ($F(6,34) = 0.635, p = .701, \eta_p^2 = 0.101$),记忆集的主效应显著 ($F(6,34) = 36.468, p < .001, \eta_p^2 = 0.866$),不论是清晰项目还是模糊项目,

随着记忆集的增大,都有反应时增大,绘制折线图如前面的图 3-2-1 所示;将所有被试的错误率数据也进行重复测量,可知记忆集与项目清晰程度之间无交互作用 ($F(6,34) = 0.158, p = .402, \eta_p^2 = 0.158$),记忆集的主效应依旧显著 ($F(6,34) = 9.288, p < .001, \eta_p^2 = 0.621$),但项目的清晰程度却不再显著 ($F(1,39) = 0.025, p = .322, \eta_p^2 = 0.025$),绘制折线图如下图 3-5-1 所示。虽然记忆集主效应显著,但是依旧可以发现,反应时并非是随着记忆集的增大而一直增大,对于清晰的项目,错误率在记忆集为 2 的时候先增大之后又减小最后持续增加,而对于模糊项目,错误率在记忆集为 2 的时候先减小,之后又逐渐增大。

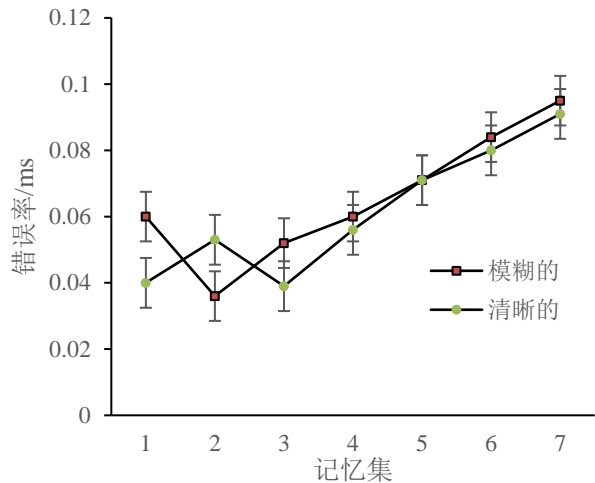


图 3-5-1 不同清晰程度下错误率随记忆集变化趋势

3.6 练习效应分析

将所有试次分为四个区组,每个区组 140 试次,分别求出一个平均值,得到所有被试的数据(参见附录表 4),计算出四个区组分别对应的平均反应时如下表 3-6-1 所示,对四个区组进行单因素方差分析(详细分析结果参见附录表 3),方差齐性 ($p = .826$),不同区组的主效应不显著 ($F(3,156) = 0.413, p = 0.744 > 0.1, \eta_p^2 = 0.008$),由此可见,在本实验中并没有发现练习效应的存在。

表 3-6-1 不同区组的平均反应时

区组	反应时/ms
1	650.81±64.10
2	645.85±66.09
3	637.09±68.95
4	652.92±77.14

4. 讨论

4.1 信息扫描策略总体分析

在具体解释靶子出现与否为何会影响短时记忆的提取效率之前,笔者先整体分析一下本实验中我们的被试到底采用的是何种扫描策略,平行扫描、自终止还是全系列扫描,或者其他模型。

显然,如果是平行扫描的话,被试应该对短时记忆中保存的项目同时进行提取,无论短时记忆保存的项目数量多大的时候,提取反应时都是一样的,而实际上,不同记忆集的搜索反应时差异较大,由此可以排除。如果被试采用的是自终止系列扫描策略,那么当靶子不呈现的时候,被试需要搜索完整的项目序列才能做出“否”判断,平均来看,靶子呈现时的平均位置为记忆集的一半,响应的搜索反应时也应该是靶子呈现的提取反应时的两倍,并且靶子不呈现的反应时与靶子呈现之间的反应时差异应该随着记忆集的增大而逐渐增大(参见下图 4-4-1 的下半部分第一个图),但实际上两者差异只是很小一

部分($M=640.52\text{ms} > M=606.53\text{ms}$),并且没有随着记忆集的增大而增大,反而在记忆集为 1 的时候差异最大(参见图 3-2-1),并且反应时应该随着靶子位置的后移而逐渐增大(参见图 4-4-1 的下部分的第三个图),而实际的搜索反应时在靶子位置为 2 之后就呈现下降趋势(参见图 3-3-1)。如果是全系列扫描,那么靶子呈现与不呈现之间的反应时应该是相等的,线性斜率一样(参见图 4-4-1 的上半部分的第一个图),而实际上两者之间的反应时总体表现为靶子不呈现大于呈现的反应时,并且反应时差异逐渐减小(参见图 3-2-1),并且如果是全系列扫描,那么无论靶子所在记忆系列位置在哪儿,反应时都是相等的(参见下图 4-1-1 上半部分的第二个图),而实际上在靶子位置为 2 之后呈现下降趋势(参见图 3-3-1)。综上所述,本实验中的被试采用的扫描策略既不是平行扫描也不是系列扫描的任何一种。

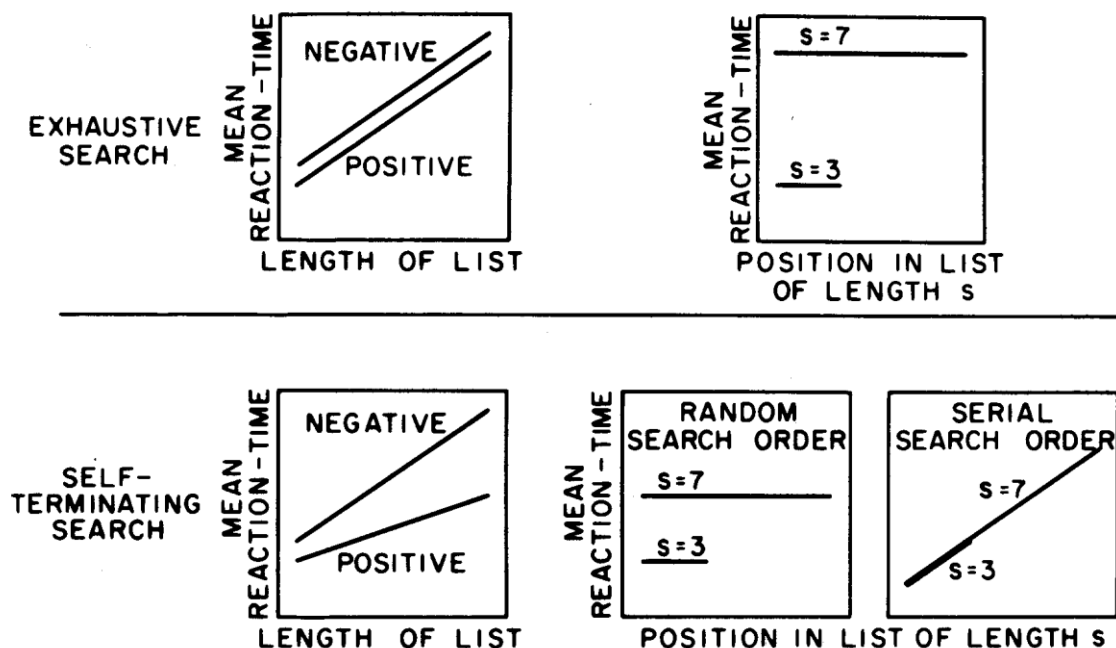


图 4-4-1 自终止系列扫描和穷尽搜索所具有的特征

在分析是否是以上两种扫描策略的时候,主要依据的是靶子呈现与不呈现下反应时随着记忆集的变化趋势和不同靶子位置反应时的变化趋势。这些数据背后其实还有一些特征可以值得分析。

首先是靶子呈现与不呈现之间的差异问题(参见图 3-2-1),虽然靶子呈现与不呈现的反应时差异显著,但却是建立在全班 40 个人的基础上得出的整体显著性,单独对具体的一个人来讲,640 与 606 之

间的差异基本可以忽略,认为相等,需要解释的是为何全班 40 个人的数据均表现出这样的微小差异,都有靶子不呈现的反应时稍大于靶子呈现的反应时,这也是下一个讨论中所关心的问题,其实这可以归因于被试做出否反应的速度慢于反应,因为相对于是反应,否反应情况下被试更有返回检查的倾向,本实验也就是重新扫描的倾向,存在迟疑,由此导致了提取效率的差异,如果这样解释,前面用

以否定全系列扫描的理由就排除一个了。

靶子呈现与不呈现下反应时随着记忆集的变化趋势还有一个值得关心的,即两条折线的斜率问题,就算刚刚用否反应慢于是反应的反应速度,也只能解释为何靶子不呈现的反应时比靶子呈现的反应时稍长。观察折线图可以发现,是反应的折线斜率大于否反应的折线斜率,再仔细观察,还可以发现,在记忆集为4-7之间的时候,两者的斜率趋于一致了。也就是后面符合全系列扫描,而前面不符合。这种差异如果用首位效应就可以得到很好的解释了。

还有一个就是靶子不同位置的反应时之间的差异(参见图3-3-1),很明显出现了系列位置效应,而如果存在首位效应和近因效应,那么项目辨别范式的前提就不成立,因为 Sternberg 的项目辨别范式本身就是建立在搜索或扫描的前提之上。有研究者认为(肖崇好,黄希庭,1999;肖崇好,黄希庭,2001),短时记忆的信息提取不是以全系列扫描或平行扫描为前提,短时记忆的信息提取机制受到记忆集的影响,当记忆集小于3的时候,短时记忆的信息提取是系列自终止扫描,当记忆集大于3的时候,短时记忆的提取以记忆项目的痕迹强度为依据。在这样的研究前提下,我们的实验数据或许也可以用来类似的结论来解释。当记忆集小于2的事实,短时记忆是系列自终止扫描,随着靶子位置后移,反应时逐渐增大,当记忆集大于2的时候,存在近因效应,此时被试的搜索并不是以扫描为基础。研究者认为,当记忆集较小的时候,记忆内容是线性存储的,不仅存储记忆内容,而且还存储记忆内容的先后顺序,

因而提取的时候是系列扫描,当记忆集较大的时候,由于心理资源有限,只有记忆内容得到加工被有效存储,因而提取的时候是以记忆项目的痕迹强度为线索,即此时更符合直通模型,由于记忆痕迹强度高,所以直通速度更快,故而存在系列位置效应。

尽管如此,这些数据我们都“分别”用一些理论模型或效应进行解释,但是这些模型都无法完美解释我们实验的所有数据差异。至此,笔者基本可以得出这样的结论,本实验的被试采用的是不一样的扫描策略,所谓各有各的方法,且偏向性不明显,以至于各种数据都无法完美契合,也就是被试选取的问题。

4.2 短时效记忆项目提取效率分析

根据前面的重复测量结果可知,靶子呈现与否的主效应显著($F(1,39)=33.523, p<.001, \eta_p^2=0.462$),靶子呈现的反应时($M=606.53\text{ms}$)显著低于靶子不呈现的反应时($M=640.52\text{ms}$)。可见,靶子呈现与否对短时效记忆项目提取效率存在一定影响。这一点在上一问中已经讨论到,笔者归因于是反应快于否反应。

4.3 刺激项目的清晰程度对信息提取的影响

根据前面的重复测量结果可知,项目的清晰程度对反应时的主效应显著($F(1,39)=83.248, p<.001, \eta_p^2=0.681$),清晰项目刺激的反应时显著($M=608.84\text{ms}$)低于模糊项目刺激的反应时($M=638.21\text{ms}$)。可见,项目清晰程度对信息提取效率也有一定影响。

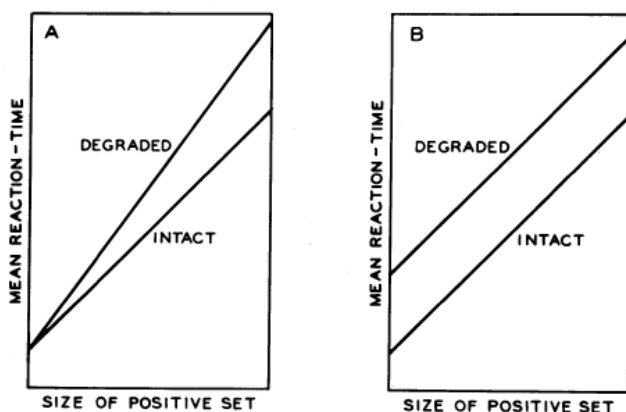
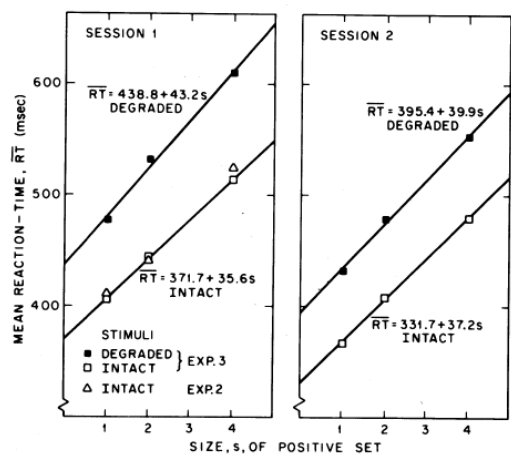


FIG. 9. Two possibilities for the effect of test-stimulus quality on the RT-function. A: Quality influences comparison stage only. B: Quality influences encoding stage only.

图 4-3-1 项目清晰程度对反应时的影响

项目清晰程度直接影响了被试一开始对项目的识记,对于模糊项目被试需要花费较多的注意资源进行编码加工辨认,一方面是模糊项目识记效果不



好,有的记忆不准确甚至没有记住,信息提取的时候存在迟疑,记忆效果不好也会影响提取效率;一方面对于模糊项目的编码加工阶段花费较多的注

意资源, 被试的工作记忆负荷处于较高水平, 对信息提取效率产生影响, 进而影响反应时。按照 Sternberg 的研究, 即项目清晰程度影响了项目编码阶段和项目比较阶段, 进而影响最后的信息提取。具体图示如 4-3-1 所示。在下图的第三个折线图可见, 截距具有一定微小的差异 (B: 影响信息编码阶段), 斜率也具有一定的差异 (A: 影响项目比较阶段), 结合在一起就是下图的第三个图所示。再参见我们自己的折线图 (参见图 3-2-2), 也是具有一定的截距差异和斜率差异, 虽然很小。

4.4 靶子位置和记忆集对反应时的影响

根据重复测量结果可知, 记忆集对反应时的主效应显著 ($F(6,34)=36.468, p<.001, \eta_p^2=0.866$), 记忆集越大, 平均反应时也逐渐增大。根据图 3-3-3 可知, 反应时变化趋势大致相同, 当记忆集为 2 的时候, 靶子在二号位置反应时更短, 当记忆集为 3 及 3 以上的时候, 随着靶子位置的后移, 当靶子处于第二个位置的时候, 反应时最大, 之后随着靶子位置后移反应时逐渐减小。

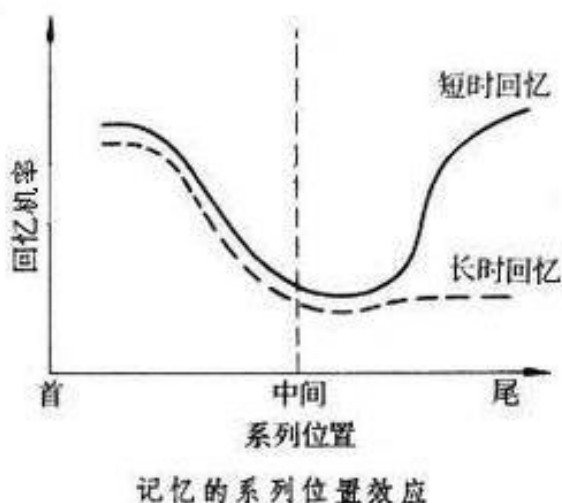


图 4-4-1 记忆的系列位置效应

有研究表明, 由于短时记忆项目序列开头和结尾的负荷较小或不繁忙, 有更多的注意资源去处理信息使其转换进入长时记忆, 因此记忆材料时存在系列位置效应, 包括近因效应和首位效应, 即被试对处于记忆系列的首位项目和末尾项目的记忆效果最好。由于近因效应, 从 2 号位置往后, 记忆效果逐渐增强; 而还有研究表明记忆痕迹强度与信息提取效率有关 (肖崇好, 黄希庭, 2001), 因此系列位置效应最终也就影响了信息提取。

4.5 减数法和加因素法分析

4.5.1 减数法

简述: 减数法又称唐德斯反应时 ABC, 是一种用减法方法将反应时分解为各个成分, 然后用来分析信息加工过程的方法。

实验逻辑: 如果一种心理模块包含另一种心理模块所没有的心理过程, 那么两种反应时之间的差异即为此心理过程所需要的时间。

逻辑前提: 在简单心理模块到复杂心理模块之间插入一个新的心理加工过程, 这不会改变其他的心理加工过程。

特点理解: 减数法中的“减”在于将不同心理模块作减法运算, 如果不同心理模块之间只有几个心理过程的差异, 则反应时之差就体现了这几个心理过程需要的反应时。具体图示参见下图

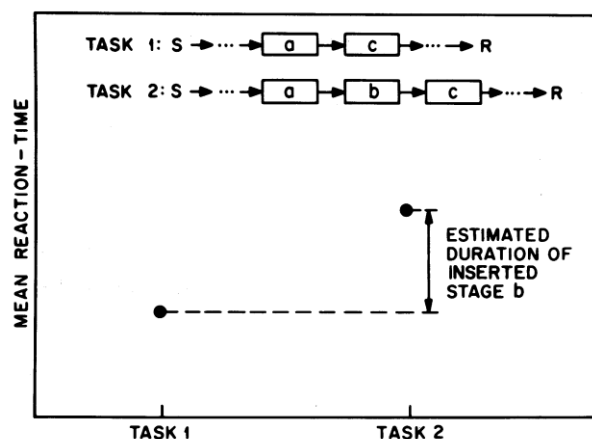


图 4-5-1 唐德斯减法过程示意图 (来自 Sternberg, 1969)

应用场景: 主要应用于信息加工的相关研究中, 例如识别、注意、表象和短时记忆等。几个著名的利用减数法原理的实验有心理旋转实验、短时记忆视觉编码实验等。

4.5.2 加因素法

前提: 假设人的信息加工过程是系列进行而不是平行发生的, 人的信息加工过程是由一些有先后顺序的加工阶段组成。完成一个作业所需要的时间是这一系列信息加工阶段所需要的时间总和。

实验逻辑: 如果两个因素各自作用于不同的心理加工过程, 是相互独立, 那么这两个因素对于任务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过程, 那么这两个因素相互制约, 表明为一个因素的效应可以改变另一个因素的效应。因此, 如果两个因素有交互作用, 那么他们是作用于同一个加工阶段, 如果两个因素不存在交互作用, 则相互独立, 作用于不同的加工阶段。

特点理解: 加法指的通过控制多个因素的变化,

考察多个对整体反应时的效应是不是可加的，进而区分不同的加工阶段。

应用场景：短时记忆的信息提取等认知领域。

4.5.3 比较总结

减数法是通过不同的心理加工过程之间的反应时之差得出某心理加工过程所需要的反应时，而加因素所侧重的并不是区分出每个加工阶段的加工时间，而是证实不同加工阶段的存在，以及辨认不同加工阶段的前后顺序。

加因素法前提是强调作业的完成是由一系列有前后顺序的信息加工阶段，而减数法却么有这样的限制。

4.6 短时记忆想提取影响因素

Sternberg 根据实验将整个短时记忆信息提取分为刺激编码、系统比较、二项决策、转换与反应组织四个阶段，得出影响短时记忆信息提取的因素有识记项目的质量（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%）。反应类型的相对频率指的是某种反应类型的出现频率，如果实验中是反应的出现频率很高，被试做出是反应的速度会更快，如果实验中否反应的出现频率很高，被试做出否反应的速度会更快。

除此之外，还有研究（Theios, 1973）证明短时记忆的信息提取还受到长时记忆内容的影响，研究者发现，常见词的反应时快于非常见词；还有研究（Gathercole, 1999; Baddeley & Ecob, 1973）表明项目的痕迹强度也可以影响短时记忆信息提取，Gathercole 等发现，如果记忆集中某个项目出现两次，

当该项目成为探测项目的时候，被试对该项目的反应明显快于同一个位置上的其他非重复项目，Baddeley 等也发现识记项目列表中重复出现的项目反应时少于非重复项目；探测项目在系列项目中的位置也是影响短时记忆信息提取，这一点在本实验得到验证，不同位置项目有着不同的记忆痕迹强度，也就影响了信息提取；系列项目到探测之间的时距也是影响短时记忆信息提取的关键因素（陈红芳, 2006），当探测项目在 1000ms、2000ms 后进行检测被试对短时记忆的信息提取效率不一样，项目的加工时间也可以影响信息提取效率，这两个因素本质上都可以归因于痕迹强度的不同；还有研究表明，编码方式会影响信息提取的方式（水仁德, 1996），当用声音编码对汉字进行编码，被试在信息提取的时候倾向于从头到尾的完全系列扫描，而当用形状编码对汉字进行编码的时候，被试更倾向于自终止扫描策略。

4.7 与 Sternberg 的实验结果对比分析

4.7.1 靶子呈现与不呈现的反应时对比

Sternberg 原实验中，靶子呈现与不呈现下反应时随着记忆集的变化斜率一致，两者的反应时基本相同，但是本实验当中靶子呈现和靶子不呈现的反应时差异显著，并且靶子呈现与靶子不呈现的反应时随着记忆集的变化斜率并不相同（参见下图的图 4-7-1）。但仔细观察折线图，我们发现原实验在记忆集为 1 的时候，差异也是最大，也是逐渐趋于一致，只是说我们的实验差异更大一点而已，所以笔者将这种差异归于被试选取差异以及实验环境等无关因素。

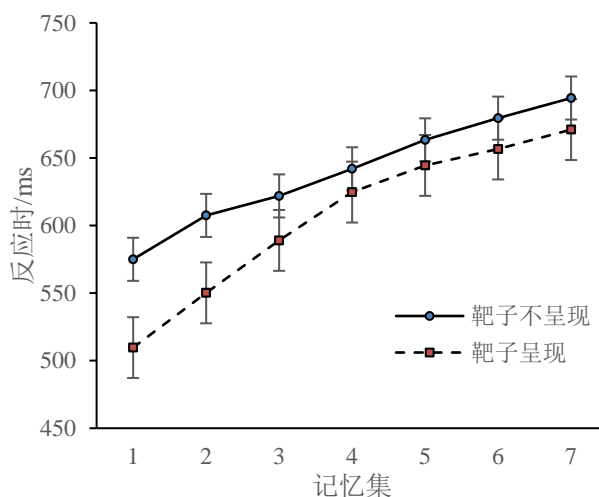
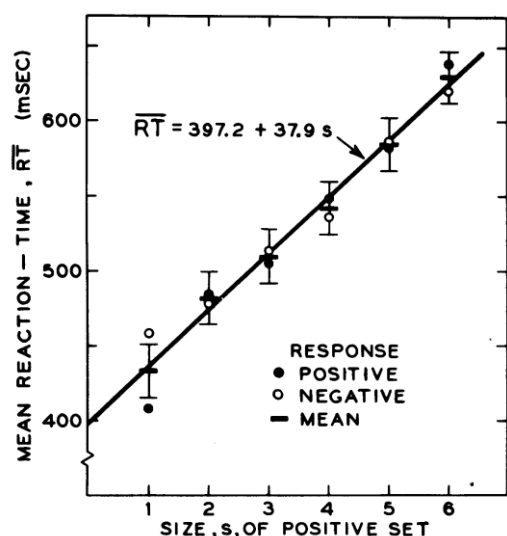


图 4-7-1 靶子呈现与不呈现下反应时随记忆集的变化趋势

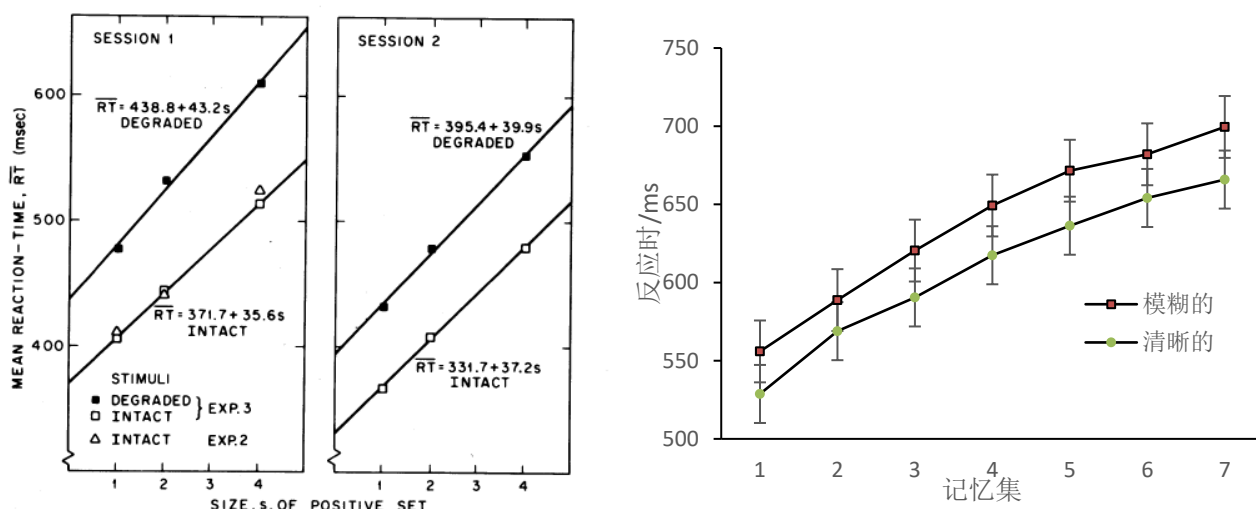


图 4-7-2 不同项目清晰程度随记忆集的变化趋势

4.7.2 不同项目清晰程度下的反应时对比

原实验和本实验的结果是基本一致的，具体分析在前面的不同项目清晰程度反应时随着记忆集的变化影响的讨论中已经具体分析，参见 4.3。

5. 总结

本实验在 Sternberg 的实验基础上进行实验，结果表明 (1) 靶子呈现与否、刺激的清晰程度等诸多因素都会影响短时记忆项目的信息提取效率 (2) 不同靶子位置的反应时以及靶子呈现与不呈现两种情况下的反应时表明本实验的被试采用的既不是自终止系列扫描也不是全系列扫描的策略 (3) 实验中没有发现练习效应。

6. 思考

6.1 对穷尽搜索策略的两种解释

在前面的讨论中，笔者持有的观点是本实验中的被试不完全采用的是全系列扫描，也不完全是自终止扫描。但不乏全系列扫描的成分在其中，假设有这样一群被试（例如 Sternberg 的被试），他们采用的是全系列扫描策略。

当记忆集中的一个项目得到匹配之后被试仍然要继续进行比较的原因笔者认为可以用 Sternberg 自己提出的那个认知系统来解释（参见图 6-1-1），他认为在信息提取过程中，需要经过图示过程。首先扫描器（Scanner）从记忆系列中扫描提取一个项目，

扫描项目进入比较器（Comparator）后，比较器自动输出一个配对信号到匹配寄存器（Match register），可能是匹配也可能是不匹配，此时中央处理器（Central processor）既可以继续让扫描记忆项目，也可以立即将比较器产生的配对信号拿出来进行检验，到底是匹配还是不匹配。由此被试产生两种扫描策略，一种是每次扫描输出配对信号后立即进行配对检验，此时可能的结果是匹配也可能是不匹配，如果不匹配，需要重新进行扫描，而由检验配对信号任务转换为扫描任务的转换时间（Switching time）远大于扫描时间，也即每次都检验的代价很大，一种是全面扫描后再对匹配寄存器里面的配对信号一次性进行检验，这样任务转换代价就大大降低。

如果抛开 Sternberg 的系统观点，笔者认为还可以用损失厌恶理论进行解释。即人们对收益和损失的风险偏好是不一样的，被试可以搜索到匹配项目后立即做出判断，也可以搜索完整个序列再做出判断，但这两种策略的风险是不一样的，就像我们在做单选的判断题的时候，我们通常习惯于四个选项都看一遍，以保证我们的选择是正确无误的。被试在进行扫描的时候，也有这样的考量，如果立即做出判断，有自己比对错误的可能，但是选择全系列扫描策略被试可以更为准确地判断正确。由此，当被试已经匹配到探测项目，出于规避损失的考量，更有可能扫描整个记忆系列之后再行判断。

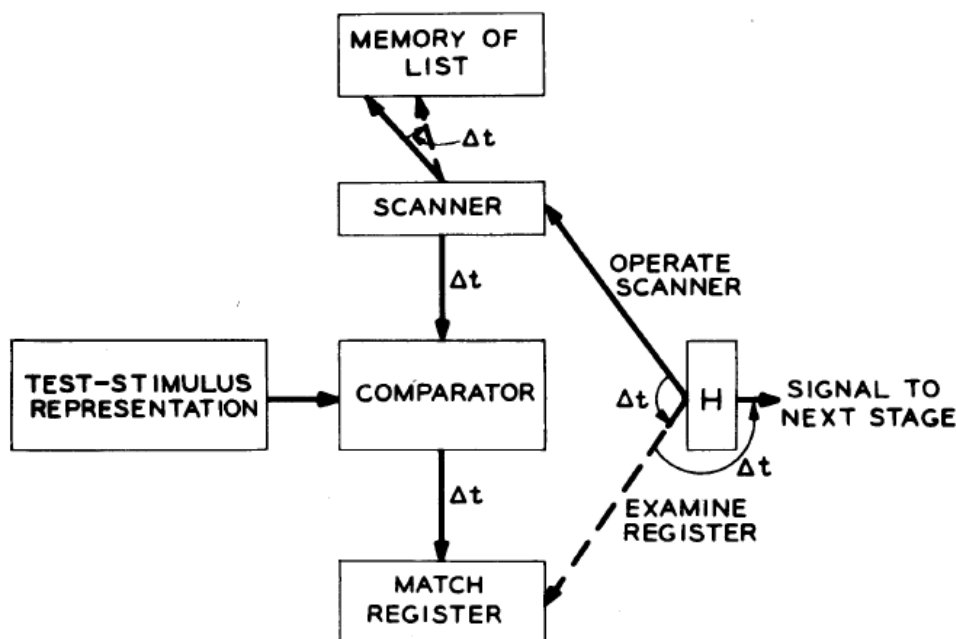


FIG. 18. A system in which exhaustive scanning could be more efficient than self-terminating scanning. Some loci of possible time delays are represented by Δt s.

图 6-1-1 扫描和比较决策系统流程图

参考文献

6.2 被试对记忆项目的再编码

在实验过程中被试存在其他的一些扫描策略。有研究(肖崇好, 黄希庭, 2001)被试的扫描并不是以系列扫描为前提, 当记忆集大于 4 的时候是以记忆痕迹强度为线索。在该研究中, 每个项目加工编码的时候为 1200ms, 该研究认为心理资源是有限的, 所以当记忆集大于 4 的时候是以记忆痕迹强度为线索, 但是实际上笔者在记忆集为 7 的时候依旧有效地存储了记忆内容和前后顺序, 而我们的实验每个项目的识记时间只有 1000ms, 所以该研究的结论存执一定的质疑。并且, 笔者不仅有这样的注意资源对记忆项目的前后顺序进行加工, 而且笔者还对识记项目进行了重编码, 当记忆集越大的时候, 笔者此时会采取非全系列扫描策略, 例如特征识别的直通模型、补集下的系列扫描。当记忆集越大之后, 数字的规律越明显, 例如一串数字序列“7351492”, 笔者有充分的时间进行重编码, 构建为 12345 和 79, 特征很明显, 出现项目 6 后笔者可以迅速判断“大于 5”“非 79 偶数”, 笔者此时是直接做出判断的。当记忆集的时候, 记忆系列只有 3-4 个没有出现, 有足够判断出有哪些数字没有出现, 此时自己往往会记住未出现的项目, 再来对未出现项目列表进行扫描。

- Sternberg, S. (1969a). The discovery of processing stages: extensions of donders' method. *Acta Psychologica*, 30(69), 276-315.
- Sternberg, S. (1969). The discovery of processing stages: extensions of donders' method. *Acta Psychologica*, 30(69), 276-315.
- Gathercole, S. E., Frankish, C. R., Pickering, S. J., & Peaker, S. (1999). Phonotactic influences on short-term memory. *Journal of Experimental Psychology Learning Memory & Cognition*, 25(1), 84-95.
- Theios, J., & Smith, P. G. (1973). Memory scanning as a serial self terminating process. *Journal of Experimental Psychology*, 97(3), 323-336.
- Alan D. Baddeley, & Russell J. Ecob. (1973). Reaction time and short-term memory: implications of repetition effects for the high-speed exhaustive scan hypothesis. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 25(2), 229-240.
- 陈红芳, 梁翀, & 安晓镜. (2006). 影响短时记忆提取的因素研究及提取方式研究. *山西煤炭管理干部学院学报*, 19(3), 94-95.
- 肖崇好, & 黄希庭. (2001). 影响短时记忆信息提取

的因素研究. *心理学探新*, 21(3), 17-19.
肖崇好, & 黄希庭. (1999). 短时记忆提取机制研究.
心理科学(4), 302-304.

水仁德, & 刘爱伦. (1996). 编码方式对汉字短时记忆提取的影响. *应用心理学*(1), 59-63.

Information Extraction Short - term Memory

LI Wen-Min Dong Yi-Sheng

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

Abstract

In this study, based on the Sternberg experiment, 40 subjects were tested with three factors within subjects and reaction time were recorded to analysis. The study showed (1) Whether the target is present or not, the clarity of the stimulus and many other factors may influence the efficiency of information extraction (2) The reaction time of the different target location and the reaction time of different target presentation showed that the subjects in this experiment adopted neither self-terminating search nor exhaustive search strategy (3) practice effect was not found in this study.

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

附录

表 1 每个被试以及所有被试在不同刺激质量下的不同记忆集下的平均反应时

姓名	项目质量	记忆集大小						
		1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0
岑梦媛	Degraded	670.9	528.8	582.8	596.5	679.4	642.9	677.8
	Intact	511.7	555.2	530.6	623.7	605.7	628.1	646.9
陈权	Degraded	524.1	587.2	608.0	639.6	692.7	713.6	705.9
	Intact	486.9	533.6	614.3	657.6	651.3	666.3	695.4
陈滋正	Degraded	508.0	584.8	589.1	615.8	664.7	672.5	686.7
	Intact	513.9	532.0	583.4	602.6	616.5	639.5	656.0
樊丹红	Degraded	545.0	638.4	691.7	754.3	772.4	869.7	856.6
	Intact	547.0	612.3	719.6	752.1	733.3	807.0	796.4
郭佳	Degraded	532.6	619.5	639.4	679.7	703.0	692.2	707.3
	Intact	506.6	621.6	568.9	607.3	636.6	669.2	669.1
胡沁艺	Degraded	580.6	678.8	673.0	707.1	709.7	715.2	715.9
	Intact	736.0	681.4	677.1	675.7	737.0	684.1	695.8
黄杨初	Degraded	472.1	559.5	620.5	664.7	704.9	688.4	722.7
	Intact	482.0	594.3	554.8	588.4	619.5	677.3	672.2
金多	Degraded	579.1	607.3	707.2	752.8	750.6	742.3	732.7
	Intact	509.9	580.9	629.5	687.3	718.6	735.1	792.9
黎松	Degraded	689.3	753.9	754.0	739.8	818.0	809.2	836.9
	Intact	679.6	670.0	780.3	732.2	851.9	816.0	818.2
李伟	Degraded	580.6	643.7	678.4	654.6	677.1	707.5	707.1
	Intact	528.7	570.4	608.7	641.7	618.5	664.7	689.3
李蔚	Degraded	460.1	599.4	541.0	609.9	624.1	658.2	663.0
	Intact	562.6	481.3	498.1	593.1	602.6	644.9	649.1
李文敏	Degraded	561.4	651.1	680.2	728.9	739.3	806.9	869.8
	Intact	551.6	584.0	689.7	755.4	710.8	761.3	848.3
李彦哲	Degraded	518.5	559.4	523.3	509.7	534.8	555.5	584.7
	Intact	567.7	537.7	484.3	500.9	516.8	497.1	541.5
梁展鸿	Degraded	556.7	522.9	583.9	587.5	594.9	657.4	636.5
	Intact	419.4	502.3	518.4	518.0	567.2	617.3	588.4
廖一帆	Degraded	730.7	720.4	670.2	705.0	718.2	733.6	761.7
	Intact	579.6	637.0	658.5	669.8	730.4	721.6	712.4
刘锡隆	Degraded	552.2	569.0	656.0	670.0	701.1	697.4	722.7
	Intact	492.8	629.5	635.3	639.9	684.5	691.1	647.7
娄佳飞	Degraded	517.4	553.4	605.1	633.5	646.3	660.0	719.0
	Intact	509.5	496.6	556.0	578.3	605.1	635.5	690.7
陆辰馨	Degraded	557.4	578.0	592.2	598.1	618.6	619.7	656.5
	Intact	485.0	538.6	558.1	595.4	577.0	595.7	592.1
任帅	Degraded	581.2	628.2	650.8	650.7	730.6	699.1	721.6
	Intact	443.7	549.4	608.9	611.7	690.4	651.1	678.0
盛超悦	Degraded	564.8	622.3	718.6	677.9	684.4	704.7	705.7
	Intact	585.9	633.8	645.5	646.3	657.2	644.3	657.8

施欣然	Degraded	535.8	555.6	572.1	625.9	628.8	608.5	632.8
	Intact	474.1	496.0	527.7	552.4	560.9	593.3	611.4
史东麟	Degraded	641.6	532.5	660.7	694.2	683.9	663.2	687.8
	Intact	577.6	564.2	647.8	662.5	619.2	666.9	630.9
宋津南	Degraded	508.8	554.0	552.6	608.0	618.7	630.8	634.0
	Intact	543.1	482.4	519.6	536.7	584.8	569.0	579.2
万子薇	Degraded	613.1	621.4	670.0	734.5	746.1	703.9	738.9
	Intact	509.9	601.3	663.7	655.0	694.6	681.7	728.3
汪明慧	Degraded	531.3	571.9	575.5	608.9	659.3	655.4	666.8
	Intact	515.8	594.5	597.2	587.8	625.9	655.1	661.9
王曼华	Degraded	580.0	513.3	555.2	559.8	603.9	596.2	597.2
	Intact	547.8	529.8	522.8	582.5	570.2	573.6	570.8
王思懿	Degraded	512.4	516.4	539.7	570.4	577.7	605.9	653.8
	Intact	443.5	514.4	531.0	522.3	526.3	567.8	590.2
王晓君	Degraded	470.8	561.4	590.7	631.6	622.2	650.7	669.4
	Intact	435.7	570.0	558.1	568.4	598.9	598.9	612.1
温馨	Degraded	739.4	618.0	670.2	712.5	696.4	734.4	798.6
	Intact	513.4	559.1	611.0	658.4	703.9	692.4	703.2
吴彦佑	Degraded	441.6	477.7	513.1	508.1	527.0	534.0	531.2
	Intact	410.8	456.0	443.8	469.3	490.9	492.8	507.8
谢未佳	Degraded	596.4	686.9	664.3	692.8	700.2	678.2	666.9
	Intact	691.3	623.2	602.3	690.8	646.9	664.3	656.8
俞一凡	Degraded	516.0	679.5	735.7	748.3	802.0	798.6	771.1
	Intact	688.2	774.2	806.1	764.6	691.7	763.1	777.1
云纵杨	Degraded	689.7	580.4	660.1	704.1	733.1	726.8	767.2
	Intact	623.6	727.0	663.6	690.2	695.0	719.9	759.4
詹少炜	Degraded	513.5	558.8	586.9	631.6	634.3	629.5	628.8
	Intact	539.1	503.6	490.9	554.3	593.4	624.5	614.6
张易坤	Degraded	462.7	499.8	537.4	575.1	615.3	618.9	671.6
	Intact	432.0	462.7	509.1	510.6	556.9	598.6	601.4
章嘉裴	Degraded	533.1	568.8	617.6	625.4	614.5	640.4	648.3
	Intact	515.4	558.1	570.7	591.4	614.8	610.1	608.5
赵剑辉	Degraded	490.4	527.6	550.5	596.0	607.5	658.3	668.1
	Intact	502.4	492.7	503.1	548.3	569.8	620.4	591.6
郑程如	Degraded	554.0	575.7	613.4	675.7	716.4	707.5	756.6
	Intact	460.3	554.6	581.5	597.9	680.3	705.5	775.9
郑林枫	Degraded	532.8	530.1	581.8	637.6	634.2	660.3	655.2
	Intact	474.0	563.0	544.8	576.3	602.0	606.1	616.8
朱月平	Degraded	491.6	616.1	605.0	654.7	674.8	734.0	745.8
	Intact	551.7	588.6	604.5	701.3	697.1	713.0	698.0
平均	Degraded	555.9	588.8	620.4	649.3	671.5	682.0	699.5
	Intact	528.7	568.9	590.5	617.5	636.4	654.1	665.9

表 2 所有被试关于靶子是否呈现、清晰程度、记忆集的三因素重复测量方差分析

多变量检验		值	F	假设自由 度	误差自由 度	显著性	偏 Eta 平 方
是否呈现	Pillai's 轨迹	.462	33.523	1.000	39.000	.000	.462
	Wilks' Lambda	.538	33.523	1.000	39.000	.000	.462
	Hotelling's 轨迹	.860	33.523	1.000	39.000	.000	.462
	Roy 最大根	.860	33.523	1.000	39.000	.000	.462
清晰程度	Pillai's 轨迹	.681	83.248	1.000	39.000	.000	.681
	Wilks' Lambda	.319	83.248	1.000	39.000	.000	.681
	Hotelling's 轨迹	2.135	83.248	1.000	39.000	.000	.681
	Roy 最大根	2.135	83.248	1.000	39.000	.000	.681
记忆集	Pillai's 轨迹	.866	36.468	6.000	34.000	.000	.866
	Wilks' Lambda	.134	36.468	6.000	34.000	.000	.866
	Hotelling's 轨迹	6.435	36.468	6.000	34.000	.000	.866
	Roy 最大根	6.435	36.468	6.000	34.000	.000	.866
是否呈现 * 清晰程度	Pillai's 轨迹	.092	3.928	1.000	39.000	.055	.092
	Wilks' Lambda	.908	3.928	1.000	39.000	.055	.092
	Hotelling's 轨迹	.101	3.928	1.000	39.000	.055	.092
	Roy 最大根	.101	3.928	1.000	39.000	.055	.092
是否呈现 * 记忆集	Pillai's 轨迹	.536	6.553	6.000	34.000	.000	.536
	Wilks' Lambda	.464	6.553	6.000	34.000	.000	.536
	Hotelling's 轨迹	1.156	6.553	6.000	34.000	.000	.536
	Roy 最大根	1.156	6.553	6.000	34.000	.000	.536
清晰程度 * 记忆集	Pillai's 轨迹	.101	.635	6.000	34.000	.701	.101
	Wilks' Lambda	.899	.635	6.000	34.000	.701	.101
	Hotelling's 轨迹	.112	.635	6.000	34.000	.701	.101
	Roy 最大根	.112	.635	6.000	34.000	.701	.101
是否呈现 * 清晰程度 * 记忆集	Pillai's 轨迹	.242	1.813	6.000	34.000	.126	.242
	Wilks' Lambda	.758	1.813	6.000	34.000	.126	.242
	Hotelling's 轨迹	.320	1.813	6.000	34.000	.126	.242
	Roy 最大根	.320	1.813	6.000	34.000	.126	.242

Mauchly 球形检验

度量: MEASURE_1

主体内效应	Mauchly's W	上次读取的卡方	自由度	显著性	ϵ		
					Greenhouse-Geisser	Huynh-Feldt	下限值
是否呈现	1.000	.000	0	.	1.000	1.000	1.000
清晰程度	1.000	.000	0	.	1.000	1.000	1.000
记忆集	.030	128.696	20	.000	.391	.418	.167
是否呈现 * 清晰程度	1.000	.000	0	.	1.000	1.000	1.000
是否呈现 * 记忆集	.058	104.984	20	.000	.434	.467	.167
清晰程度 * 记忆集	.071	97.300	20	.000	.519	.570	.167
是否呈现 * 清晰程度 * 记忆集	.049	110.777	20	.000	.463	.502	.167

表 3 不同区组的单因素方差分析（练习效应检验）

描述性

区组

	N	平均值	标准 偏差	标准 错误	平均值 95% 置信区间		最小值	最大值
					下限值	上限		
1.0	40	650.816	64.1042	10.1358	630.315	671.318	519.6	820.1
2.0	40	645.850	66.0938	10.4503	624.712	666.987	507.0	794.3
3.0	40	637.094	68.9528	10.9024	615.042	659.146	489.1	790.3
4.0	40	652.923	77.1381	12.1966	628.253	677.593	478.4	852.0
总计	160	646.671	68.8661	5.4443	635.918	657.423	478.4	852.0

方差同质性检验

区组

Levene 统计	df1	df2	显著性
.299	3	156	.826

ANOVA

误差源	平方和	df	均方	F	显著性	偏 Eta 平方
区组	5946.187	3	1982.06	0.413	0.744	0.008
错误	748117.8	1556	4795.63			
总计	754063.981	159				

表 4 不同被试不同区组的平均反应时汇总

被试\区组	1	2	3	4
岑梦媛	613.52	622.65	599.09	657.25
陈权	667.58	652.58	667.61	649.14
陈滋正	642.06	625.03	625.32	630.70
樊丹红	820.06	768.87	790.34	693.07
郭佳	671.20	645.30	662.86	648.95
胡沁艺	705.46	663.31	700.86	725.31
黄杨初	678.29	637.11	630.74	652.38
金多	727.97	738.37	686.36	713.40
黎松	772.70	794.31	751.94	852.02
李伟	696.25	678.89	643.62	629.09
李蔚	637.14	616.13	606.97	586.14
李文敏	738.96	764.61	744.92	774.10
李彦哲	519.56	529.46	530.71	549.04
梁展鸿	630.04	581.08	546.89	584.01
廖一帆	714.21	707.81	706.82	714.23
刘锡隆	635.21	712.59	660.52	663.55
娄佳飞	653.51	625.69	596.39	649.79
陆辰馨	641.03	598.30	592.26	562.00
任帅	617.78	636.90	712.52	690.83
盛超悦	686.12	658.15	678.34	648.73
施忻然	580.84	604.51	604.98	566.44
史东麟	648.08	683.00	619.31	656.11
宋津南	605.40	578.82	576.28	570.08
万子薇	672.56	714.47	681.54	710.98
汪明慧	610.64	614.67	635.59	658.69
王曼华	573.11	551.49	550.24	616.73
王思懿	585.17	573.00	546.51	571.76
王晓君	552.79	597.11	599.96	677.93
温馨	744.64	620.65	688.39	732.72
吴彦佑	527.17	506.96	489.09	478.44
谢未佳	694.19	677.24	645.33	647.40
俞一凡	696.34	754.11	749.96	832.79
云枫扬	680.40	686.86	702.80	785.87
詹少炜	617.19	621.09	552.55	603.47
张易坤	557.37	594.87	575.77	584.79
章嘉斐	637.01	592.63	599.79	612.09
赵剑辉	616.09	590.22	556.79	604.58
郑程如	679.11	703.48	662.24	679.64
郑林枫	628.67	629.34	607.58	570.91
朱月平	657.21	682.31	704.01	681.78