

# 认知心理学报告



## 视觉编码保持实验报告

专业：\_\_\_\_\_  
班级：\_\_\_\_\_  
学号：\_\_\_\_\_  
姓名：\_\_\_\_\_  
性别：\_\_\_\_\_

# 视觉编码保持实验报告

(浙江大学心理与行为科学系 杭州, 310028)

**摘要** Posner 曾利用视觉编码保持实验来验证短时记忆的编码特点,即短时记忆开始是以视觉编码的形式储存的,之后会转换为听觉编码。本实验旨在对 Posner 等人的经典视觉编码保持实验进行验证,了解短时记忆中各种编码形式的特点,并进一步探讨短时记忆中各种形式编码的影响因素。

**关键词** 视觉编码保持; 短时记忆; 视觉编码; 听觉编码

## 1 引言

### 1.1 反应时与减数法

反应时,又称反应潜伏期,是指刺激作用于有机体后到外部反应开始时所需要的时间。刺激作用于感官引起感官的兴奋,兴奋传到大脑,并对其加工,再通过传出通路传到运动器官,运动反应器接受神经冲动,产生一定反应,这个过程可用时间作为标志来测量,这就是反应时。反应时的研究已有一百多年的历史,最早始于德国天文学家贝塞尔(F. W. Bessel)对“人差方程”(personal equation)的研究。而后,生理学家赫尔姆霍茨(Hermann Von Helmholtz)在1850年实施了历史上第一个反应时的实验,成功测定了蛙的运动神经传导速度(约为26米/秒)。其后又测定了人的神经传导速度约为60米/秒。据此,他认为神经传导所占据的时间是很短的,而整个反应时却比较长且变动很大。

将反应时正式引入心理学领域的是荷兰生理学家唐德斯(F. C. Donders),他意识到可以利用反应时来测量各种心理活动所需的时间,并发展了三种反应时任务,后人将其称为唐德斯反应时ABC——简单反应时、选择反应时和辨别反应时三类。

减数法(subtractive method)是一种用减法方法将反应时分解成各个成分,据此分析信息加工过程的方法。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。如短时记忆编码中形同字母

对与音同形异字母对反应时之差即代表着期间对字形的视觉编码。

### 1.2 短时记忆

短时记忆(short-term memory)简称STM,是个体对注意的信息进行加工和操作的过程。短时记忆的容量是有限的,较之记忆的其他两个阶段(感觉记忆、长时记忆),它储存的信息要少得多。信息在短时记忆中储存约20秒后消失。但是,短时记忆又是唯一对信息进行有意识加工的记忆阶段。如果加以注意,信息在短时记忆中的保持同注意的时间一样长,可以远远超过20秒。感觉记忆和长时记忆中的信息是我们意识不到的,这两种记忆中的信息只有被传送到短时记忆中才能被执行、控制和加工。

近几十年来,记忆领域研究的较多的问题之一就是短时记忆的编码问题。短时记忆的编码方式可以分听觉编码和视觉编码,其中1964年Conrad对短时记忆的听觉编码的相关研究,结果发现听觉编码是记忆的一种有效方式。1969年,Posner等人对短时记忆的视觉编码进行了研究,并认为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,视觉编码实为存在。相关研究表明造成学生对不同类别材料的记忆力差异是由记忆时的编码方式与加工程度不同而引起的。短时记忆主要以听觉编码为主,长时记忆以视觉编码为主。

### 1.3 短时记忆中的编码过程

在短时记忆中,信息以何种形式保持或储存即为短时记忆的信息编码问题。20世纪60年代以来,通过对记忆实验中的错误回忆数据的分析,通常认为短时记忆中的信息(如字母)是以听觉形式来进行编码的。但是Posner等人(Posner, Boies, Eichelman,

& Taylor, 1969; Posner & Keele, 1967)的实验却表明,短时记忆中的信息也可以有视觉编码。在实验中给被试同时或继时呈现两个并排的字母对(AA或Aa),要被试指出这一对字母是否相同(不考虑大小写)并做出按键反应,仪器会自动记录被试的选择反应时,实验结果表明:两字符同时呈现时,形同字母对(AA)的反应时要小于形异音同字母对(Aa);随着两字符继时呈现的时间间隔增加,形同字母对的反应时急剧增加,而形异音同字母对的反应时却未出现较大变化。两者的反应时之差随时间间隔增加而逐渐减小。据此,Posner等人认为,如果短时记忆中只有听觉编码,那么形同字母对(AA)与形异音同字母对(Aa)的反应时应该不存在差别,因此,该结果表明短时记忆中可能还存在其他形式的编码,而形同字母对(AA)与形异音同字母对(Aa)的区别仅在于前者两个字母的物理形状完全相同,而后者不同。因此,当字母对同时呈现时,形同字母对(AA)可以直接比较视觉上的物理形状,而形异字母对(Aa)则必须按发音进行比较。换言之,形同字母对(AA)的知觉匹配以视觉编码为基础,而形异字母对的知觉匹配以听觉编码为基础。而正是由于视觉编码优先于听觉编码产生,从而导致形同字母对(AA)的反应时要小于形异音同字母对(Aa),两者的反应时之差即反映内部编码过程的差别。但随着字母对呈现的时间间隔逐步增大时,两者的反应时的差距在逐步变小,这表明视觉编码的作用在逐渐减弱,而听觉编码的作用则在逐步增强,暗示了短时记忆中的信息编码逐步从视觉编码过渡到听觉编码,故形同字母对(AA)的反应时间应逐渐增大,从而缩小了与形异音同字母对(Aa)之间反应时之差。

本实验旨在对Posner等人的经典视觉编码保持实验进行验证,了解短时记忆中各种编码形式的特点,并进一步探讨短时记忆中各种形式编码的影响因素。

## 2 实验方法

### 2.1 被试

浙江大学心理系大三学生,男女各25人,年龄为 $20.3 \pm 1.3$ 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。本实验呈现的字母集为“A”与“a”、“B”与“b”、“F”与“f”、“H”和“h”,共8个字母。每个字母的大小约为 $1.6\text{cm} \times 1.6\text{cm}$ 。

### 2.3 实验设计与流程

本实验采用两因素被试内设计。因素一为字母对类型,该因素有2个水平:相同字母对(AA或Aa)或不同字母对(AB),相同字母对又分为形同字母对(AA)与形异音同字母对(Aa);因素二是字母对呈现时间间隔(ISI: 全称 Inter-Stimulus Interval),该因素有4个水平:0毫秒、500毫秒、1000毫秒和2000毫秒。

单次试验流程见图2-1。首先在屏幕上中央呈现一个黄色“+”注视点,500~1500毫秒后在屏幕中央呈现第一个字母,字母预览1000毫秒后消失,间隔一段时间(0毫秒、500毫秒、1000毫秒和2000毫秒)后,在屏幕中央呈现第二个字母。

被试的任务是判断第二个字母与第一个字母是否相同(不考虑大小写),并立即做出按键反应。如果是按“J”键;不是按“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1000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。正式实验共有192次试验,分4组(每组48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30分钟。

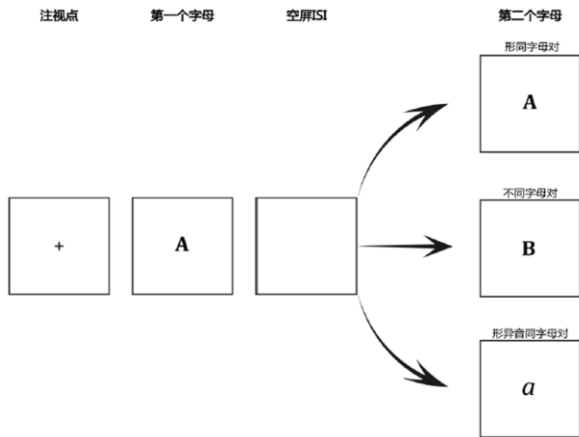


图 2-1 视觉编码保持实验流程示意图

### 3 结果分析

#### 3.1 不同 ISI 条件下, 形同字母对与形异音同字母对以及不同字母对条件下反应时

每个被试和所有被试在不同 ISI 条件下, 形同字母对与形异音同字母对以及不同字母对条件下反应时详细数据见附表 1。

以间隔时间 (ISI) 和为三种字母类型自变量, 对反应时进行两因素重复测量方差分析, 结果表明, 间隔时间 (ISI) 主效应非常显著,  $F(3, 147)=229.844$ ,  $p<.01$ , 说明随着 ISI 的增加反应时显著降低; 字母种类主效应非常显著,  $F(2, 98)=85.113$ ,  $p<.01$ , 说明在整体上对三种字母类型的反应时差异显著; 交互作用非常显著,  $F(4.235, 207.510)=11.059$ ,  $p<.01$ , 说明 ISI 与字母类型之间存在着显著地交互作用。

对其进行事后检验, 即对 ISI 中的四种条件中的三种字母类型的反应时进行两两比较。

(1) 在  $ISI=0ms$  的前提下, 字母种类之间反应时的差异显著,  $p$  均小于 0.01, 说明在  $ISI=0ms$  的前提下, 字母种类因素显著。

(2) 在  $ISI=500ms$  的前提下, 字母种类之间反应时的差异显著,  $p$  均小于 0.01, 说明在  $ISI=500ms$  的前提下, 刺激种类因素显著。

(3) 在  $ISI=1000ms$  的前提下, 字母种类之间反应时的差异显著,  $p$  均小于 0.01, 说明在  $ISI=1000ms$  的前提下, 刺激种类因素显著。

(4) 而在  $ISI=2000ms$  的前提下, 形同字母与形异音同字母之间的反应时差异不显著,  $F(1,49)=0.718$ ,  $p>0.05$ , 说明 ISI 在 2000ms 时被试

对形同字母与形异音同字母的反应时差异不显著。

以 ISI 为横坐标, 反应时为纵坐标, 绘制形同字母对与形异音同字母对及不同字母对条件下的反应时折线图, 如图 3-1。

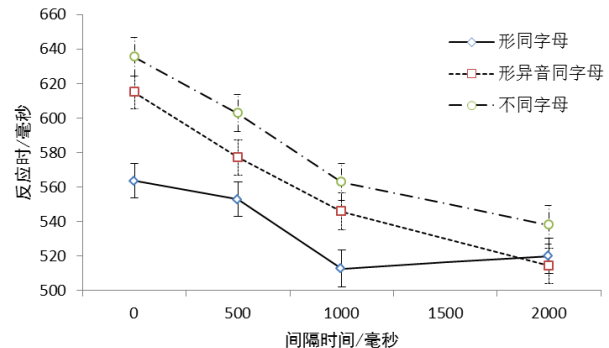


图 3-1 不同 ISI 条件下的不同字母状况下的反应时

#### 3.2 反应错误率在不同 ISI 条件下的变化

反应错误率在不同 ISI 条件下的变化情况详见图 3-2。从图 3-2 我们可以看出来, 随着刺激间隔时间的增加, 被试反应的错误率逐渐减少。

以间隔时间 (ISI) 为自变量, 对被试反应的错误率进行单因素重复测量方差分析, 结果表明, 的  $F(2.386, 168.275)=18.149$ ,  $p<0.01$ , 说明在不同 ISI 的条件下被错误率差异非常显著。出现这种现象的原因可能是随着 ISI 的增加, 被试记忆储存和转换的时间更为充足, 准备更为充分, 且时间并不是足够长, 被试的注意力一般仍然集中在实验上, 故被试的正确率提高。

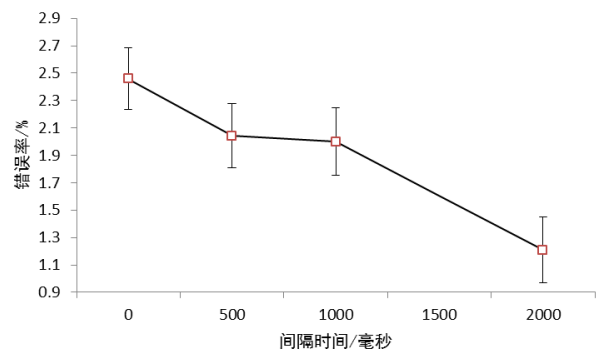


图 3-2 不同 ISI 条件下的被试错误率

#### 3.3 不同性别对错误率的影响

男女在不同 ISI 条件下的被试错误率的变化情况详见图 3-3。从图 3-3 我们可以看出来, 在绝大多数情况下男性反应的错误率低于女性。

以 ISI 和性别为自变量, 对被试反应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,  $F(2.398, 114.674)=18.088$ ,  $p<0.01$ , 说明在不同 ISI 的条件下被试错误率差异非常显著; 性别的主要效应不显著,  $F(1, 48)=0.111$ ,  $p>0.05$ , 说明男女被试在错误率之间的差异不显著; 交互作用不显著,  $F(2.398, 114.674)=0.834$ ,  $p>0.05$ , 说明两者交互作用不显著。

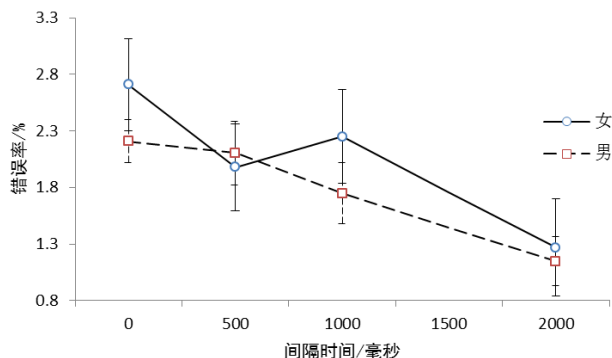


图 3-3 男女在不同 ISI 条件下的被试错误率

### 3.4 不同性别对反应时的影响

男女在不同 ISI 条件下的被试反应时的变化情况详见图 3-4。从图 3-4 我们可以看出来，男性反应的反应时略高于女性。

以性别、ISI、字母类型为自变量，对反应时进行多因素重复测量方差分析，结果表明，性别主显著 ( $F(1, 48)=0.24$ ,  $p>0.5$ )，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。

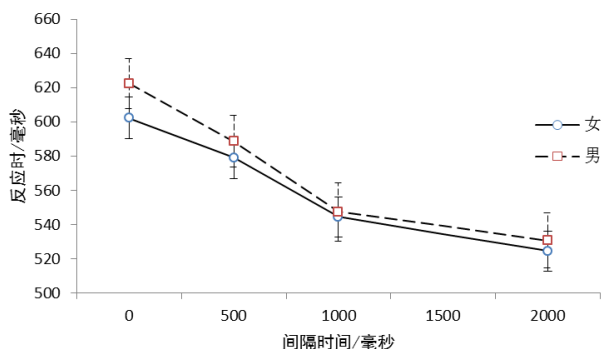


图 3-4 男女在不同 ISI 条件下的被试反应时

## 4 讨论

### 4.1 与 Posner 等人的实验结果进行对照比较

首先，与 Posner 等人的实验相同的是，随着刺激的时间间隔 (ISI) 的增加，三种不同类型的刺激，即形同组、形异音同组和不同字母组的反应时差异变小，其中形异音同组的反应时甚至在 ISI=2000ms

的时候低于了形同组的反应时，两者出现了一个交叉的现象，即存在一定的交互作用。

然而与 Posner 等人的实验结果不同的是：他们研究发现，在 ISI 增大的过程中，形异音同组的反应时并未发生较大的变化，而是形同组的反应时出现了延长，这与我们实验的结果并不相同，我们的结果是：三组的反应时都随着 ISI 的增加而减少，其中，由于形异音同组的反应时减少的最多，而表现出与形同组反应时的接近甚至低于形同组。

我认为我们的实验结果是可以理解的。因为整个实验的过程中，我们的大脑大概的步骤是：记忆、记忆的存储、记忆的转换、记忆的提取然后做出反应。当 ISI 相对较短甚至为 0ms 时，整个过程均被记录在反应时中，而当 ISI 相对较长时，我们在明白了实验要求下，往往会将记忆的储存及转换放到 ISI 的过程中，即记忆的储存及转换的时间并没有被放入我们对反应时的计时中，利用减法法则，显然我们可以理解随着 ISI 的增加，不管是哪一种类型的刺激，其反应时都会随着 ISI 的增加而减少，当然这种减少并不是无限制的，但在本次实验的结果中并没有表现出这个结果。

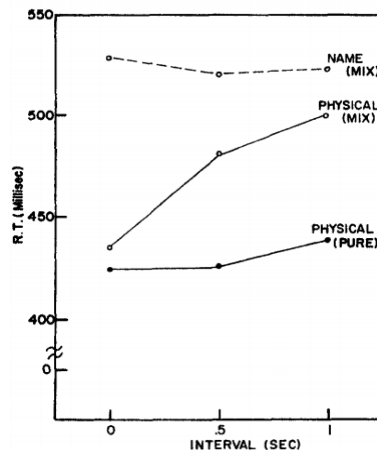


图 4-1 Posner 的实验结果

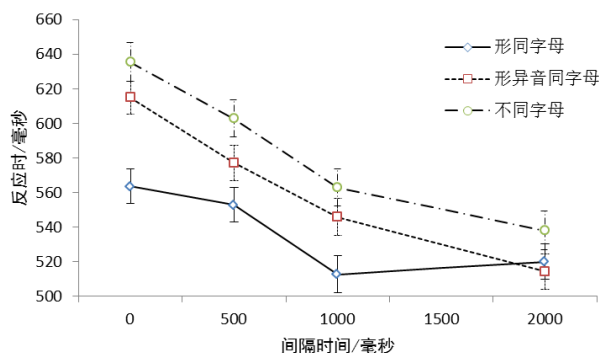


图 4-2 本次实验的实验结果

同时，在实验设计方面也存在着不同。Posner 将单纯大写字母的形同和不同两种配对方式以及混合大小写字母的形同、音同形异、不同三种配对方式分别进行实验，而本实验直接将三种配对方式进行实验，被试并不会如 Posner 实验中不能确定开头字母字形是否可以成为判断线索，而是更加明确，从而使反应时曲线更趋于 Posner 研究中单纯（PURE）字形相同时的曲线趋势。其次 Posner 利用 4 天时间进行实验，使被试疲劳误差以及练习效应得到减弱，而本实验作为单因素被试内设计，可能会产生较大的疲劳误差，使在间隔时间增大时注意力容易涣散从而使反应时上升，得到实际的变化曲线。

#### 4.2 三种字母对条件下反应时随 ISI 的变化反映的心理加工机制

形同字母对与形异音同字母对以及不同字母对条件下反应时随 ISI 的变化反映了短时记忆加工储存机制。

一般认为在信息输入成功后，短时记忆信息存在感觉代码与语义代码，其中前者包括听觉代码与视觉编码；对于感觉编码的过程而言，视觉编码率先出现并保持一个短暂的瞬间，然后出现听觉编码；此外，仅就短时记忆信息编码本身而言，现在所确定的几种代码并非互相排斥，一个刺激项目可不止一种代码，甚至有可能存在相互叠加的效应。

#### 4.3 短时记忆编码特点及影响因素

短时记忆的编码包括感觉代码和语义代码，感觉代码中听觉代码十分突出，也存在视觉代码。

短时记忆的信息代码可以是声音代码，例如本次实验的部分结果，当 ISI 足够长时，形同组和形异音同组的反应时相同，即使最开始的时候，记忆是以视觉的形式存储的，后来也会转化为声音代码。当然，视觉代码也是存在的，本次实验的部分结果证明：当 ISI 足够短时，形同组的反应时要快于形异音同组。不过短时记忆的感觉代码不同于感觉记忆信息，感觉代码虽然带有各自感觉道的特性，但比感觉信息更加抽象，它已派出刺激的某些物理特性或细节。当刺激与意义有关时，往往使用一种与意义有关的抽象代码，即语义代码，它不带有任何一个感觉到的特性，Wickens (1970, 1972) 的实验支持这一观点。

短时记忆编码的影响因素有：（1）刺激的方式：本实验是利用视觉字母进行判断，而 Posner 的实验中利用了声音作为信息提供方式，所以不同的刺激方式可能激活不同的编码形式；（2）间隔时间的长短：由实验结果可以看出，当间隔时间长时主要为听觉编码进行短时记忆的编码工作，而较短时间时为视觉编码，故不同的间隔时间可能引起不同的编码形式；（3）认知负荷的大小，注意分配：是否同时进行其他认知活动可能会干扰编码的产生，特别是无意识的视觉编码。Posner 的实验中，利用额外作业增加认知负荷，从而引起了反应时的增加以及视觉编码优势的减退。除此之外，还有实验材料、任务要求、操作策略等。例如本次实验，可能正是因为任务要求被试不关注字母的物理属性，而关注其读音，故被试出于策略上的考虑，可能会更倾向于将此信息使用声音代码进行存储和提取。

#### 4.4 Posner 等人得出的研究结论所依据的心理学里的研究方法

Posner 等人得出的研究结论所依据的是心理学里的减数法。

减数法的逻辑是，当一个作业包含另一个作业所没有的过程，而剩余部分两者一致，那么两者相差的反应时的部分即处理该过程的部分。

本实验中有好几者的比较。比如在 ISI 较短的时候，形同组与形异组的反应时的差别，形异组的反应时要长于形同组，说明记忆存储、记忆提取和比较的过程两者存在一定差别；而在 ISI 较长的时候，形同组与形异组的反应时的差别不大，说明记忆的提取及判断的过程是一致的。再由前两者的差别的改变，可知是记忆的储存形式发生了改变。而两者均是音同形异，说明前者储存的是形而后者储存的是音。

#### 4.5\* 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 3.3 与 3.4），结果表明，虽然男性相对于女性存在较高反应时与较低错误率的趋势，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. ISI 和刺激的类型均会影响被试的反应时。

2. 本实验验证了 Posner 的实验结果,即短时记忆一开始是以视觉记忆的形式储存,而后则是以听觉记忆的形式储存。

3. 性别对短时记忆相关结果并无显著影响。

## 6 思考

**6.1 在 Posner 等人的实验中,字母对均采用视觉形式呈现。请思考实验中字母对是否可以采用听觉形式和视觉形式混合的方式呈现?如果可以,应如何设计实验以验证 Posner 等人的实验结果;如果不可以,请说明理由。**

实验中字母对是可以采用听觉形式和视觉形式混合的方式呈现。

在本实验基础上再另加 4 组进行对照。第一遍呈现视觉刺激,记忆判断时利用听觉刺激,即播放字母的读音。在 ISI 相同的基础上比较反应时。如果假设成立,即短时记忆先是视觉编码再是听觉编码的话,结果应当是:当 ISI 较短的时候,形同组的反应时应当明显少于形异组、不同组和听觉刺激组,而在 ISI 较长,即短时记忆的存储方式转换为听觉时,形同组、形异音同组和听觉刺激组应该不会有太大差别,或者听觉刺激组的反应时会短于另外两组。

**6.2 汉字有大量的同音异形字,如“李”、“里”、“礼”、“力”、“离”;“汗”、“汉”、“旱”、“寒”、“喊”,如果上述实验的刺激材料用汉字呈现,请大胆预测一下实验结果。**

本次实验及 Posner 实验通过对实验结果反应时的分析进一步分析短时记忆中的加工编码形式,而针对汉字而言,其短时记忆中信息的编码形式与英文字母相比存在较大的差异。

莫雷选用三种类型的汉字进行研究,发现形状噪音对汉字再认的干扰最大,推测汉字短时记忆中的编码形式以形状编码为主;刘爱伦以汉字为材料,通过将显示通道由听觉转换成视觉或由视觉转换成听觉而引起短时记忆前摄抑制释放的方法进行研究,结果表明视觉显示比听觉显示条件下的回忆成绩好,且被试均在显示通道双向转换时都出现明显

的前摄抑制释放,与用英文材料作类似实验的结果作比较,认为中英文短时记忆的编码操作存在显著差异——英文字母短时记忆中的编码操作基本公认为听觉编码,汉字则很有可能主要以视觉编码(即形状编码)为主。

根据上述推论,将汉字分为四类,相同汉字对、形异音同对、形似音异汉字对、不同汉字对,采用本实验的实验范式,进行实验。

其实验反应时结果依据以视觉编码为主进行推测如下:

当任务要求判断呈现汉字形状是否相同时(即完全相同)相同汉字对的反应时最短,音同形异对、不同汉字对、音异形似对的反应时在较短 ISI 时差异不显著;当任务要求判断呈现汉字读音是否相同时,由于汉字在进行短时记忆编码时先进行视觉编码后进行听觉编码,形状相同汉字只需进行视觉编码后即可判断读音相同,反应时最短,其余三类型均需要操作两种编码形式,反应时相同。

与英文编码类似,短时记忆中占据优势地位的编码形式在呈现字词中出现相似时,错误率增高,形似(音同&音异)汉字对的错误率远高于其他汉字对组。

与英文不同,汉字中不仅存在大量的同音异形字,还存在大量的多音字,以及声调问题,都会增加被试的认知过程,上述推论还有待实验验证。

**6.3 为何视觉短时记忆中储存的信息到后期需要转成听觉形式的编码。**

在任务过程中等同辨认的反应时短;但若使两个字母的呈现时间间隔较长时,等同辨认的优越趋于消失。这表明由瞬间记忆转入短时记忆后,编码的形状(视觉)优势已经让位于语音(听觉)了——即视觉的感觉记忆过渡到主要为听觉的语词记忆。

1. 可能是因为视觉信息的容量较大,而听觉信息所需的容量较小,为了减少单个组块的容量储存,增大短时记忆容量,故将视觉信息转换为听觉信息。

2. 可能是因为本次任务的需要。因为本次任务判断的标准是听觉信息,即读音,故大脑采用了最优策略,即将信息以听觉的方式储存,以便更好地完成任务。

## 7 建议

本实验主要对 Posner 等人的经典视觉编码保持实验进行验证，使用材料仍为字母，但在实际生活中，我们更多使用的是词语——同汉字相似具有一定的形状，并具有整体意义，与字母存在较大的差异。根据前人对汉字短时记忆编码方式的研究，短时记忆编码方式很有可能受到短时记忆材料的影响，有待进一步完善。

## 参考文献

- 董一胜. (2016). 认知心理学实验手册.
- 杨治良. 实验心理学.
- Keele, M. I. P. S. W. (1967). Decay of visual information from a single letter. *Science Magazine*(3797), 137-139.
- Sternberg, S. (1967). Two operations in character recognition: some evidence from reaction-time experiments. *Attention Perception & Psychophysics*, 2(2), 45-53.
- Posner, M. I., & Keele, S. W. (1967). Decay of visual information from a single letter. *Science*, 158(3797), 137-9.
- Posner, Michael I.; Boies, Stephen J.; Eichelman, William H.; Taylor, Richard L. Retention of visual and name codes of single letters. *Journal of Experimental Psychology*, Vol 79(1, Pt.2), Jan 1969, 1-16.
- Mo, L. (1986) Experimental study on the short-term memory encoding. *Acta Psychologica Sinica*, 18(2), 166-173.
- 莫雷. (1986). 关于短时记忆编码方式的实验研究. *心理学报*, 02 期, 166-173.
- 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.
- 宋杨. (2013). 视觉记忆与认知. *科技创业家*, 09 期.
- 刘爱伦, & Charles. K. Allen. (1989) 对汉字短时记忆编码的实验研究. *心理科学* (4), 12-15.

# Retention of Visual and Name Codes of Single Letters

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

**Abstract** Posner has used the experiment of retention of visual encoding to verify the encoding features of short-term memory, that is, the short-term memory is stored in the form of visual encoding at first, then will be converted to audio encoding. The purpose of this experiment is to verify the classical experiment of Posner, to understand the characteristics of various forms of encoding in short-term memory, and to further explore the impact of various forms of short-term memory in encoding.

**Key words** short-term memory, visual coding, audio coding



附表

附表 1 被试在不同 ISI 条件下不同刺激条件下的反应时

时间间隔/ms	0			500			1000			2000		
字母类型	形同字母	形异音同字母	不同字母	形同字母	形异音同字母	不同字母	形同字母	形异音同字母	不同字母	形同字母	形异音同字母	不同字母
1	438	488	508	454	430	485	396	403	407	409	427	392
2	556	611	650	556	620	623	522	523	555	518	515	531
3	513	596	614	523	612	608	447	510	546	455	492	533
4	431	503	505	398	457	495	400	450	467	400	383	431
5	512	621	617	575	496	592	498	512	566	483	502	508
6	465	491	602	407	460	492	386	414	433	383	440	429
7	648	621	658	621	678	653	573	600	654	583	640	585
8	557	576	610	524	573	612	530	566	579	441	483	567
9	572	675	658	566	645	618	537	639	613	590	562	646
10	549	596	611	555	583	590	472	557	531	514	561	572
11	519	595	588	560	600	611	508	502	553	515	430	516
12	486	499	562	482	476	474	432	425	446	462	396	409
13	499	558	567	495	441	533	431	468	459	462	382	471
14	576	635	655	604	599	625	565	585	610	555	500	571
15	564	670	674	534	584	654	538	574	587	582	561	565
16	516	567	633	458	564	558	415	476	581	453	537	487
17	553	586	599	552	578	573	506	495	516	530	464	472
18	486	548	559	482	485	529	448	486	548	474	456	527
19	622	739	694	603	658	712	525	615	630	541	564	601
20	515	588	646	493	494	622	426	488	516	451	481	531
21	567	642	662	547	582	611	516	529	601	528	458	557
22	627	628	717	614	663	632	499	562	560	527	585	556
23	517	570	512	537	540	491	453	484	456	438	457	437
24	623	619	717	617	634	709	591	572	665	582	668	644
25	515	550	490	454	475	502	442	455	452	460	413	457
26	597	675	680	589	632	654	604	612	631	577	550	591
27	591	750	656	594	622	669	551	634	651	571	501	556
28	536	643	611	514	575	576	503	529	576	537	493	540
29	617	571	660	537	537	633	544	616	547	581	542	565
30	626	629	681	562	624	617	628	564	554	536	579	546
31	507	503	552	472	528	525	466	457	477	424	385	445
32	619	737	687	610	670	680	601	599	663	587	572	597
33	522	511	561	514	486	521	434	522	505	482	460	461
34	467	487	533	462	509	495	474	454	487	436	416	450
35	604	620	612	559	570	579	555	586	597	581	564	552
36	557	613	680	584	552	615	453	529	562	501	574	493
37	776	673	773	726	697	743	639	667	681	604	672	645
38	608	676	640	640	670	658	557	566	554	599	611	554
39	615	562	585	521	568	563	498	510	489	458	455	474
40	644	666	726	608	675	688	572	591	650	603	570	630

视觉编码保持实验报告

时间间隔/ms	0			500			1000			2000		
字母类型	形同字母	音同形异字母	不同字母	形同字母	音同形异字母	不同字母	形同字母	音同形异字母	不同字母	形同字母	音同形异字母	不同字母
41	654	780	765	704	629	692	691	643	654	705	675	669
42	568	728	705	632	653	615	595	610	619	587	558	626
43	516	498	617	506	533	536	453	443	477	447	426	485
44	619	754	719	600	728	695	623	716	655	613	616	640
45	634	711	717	580	621	688	599	614	709	557	496	647
46	606	693	713	651	664	674	550	681	616	599	609	616
47	486	500	545	446	435	523	361	447	456	386	452	435
48	599	661	723	660	559	658	540	624	601	559	518	568
49	670	719	721	635	651	659	651	691	672	624	605	601
50	525	612	606	535	541	581	447	500	537	511	474	525
总计	564	615	635	553	577	603	513	546	563	520	515	538