

# 不同注意条件下大数与小数的加工差异\*

刘超 傅小兰

(中国科学院心理研究所认知心理学研究室, 北京 100101)

**摘要** 考察在注意(注视点)与非注意(非注视点)条件下数字加工的距离效应和符号效应。采用小数(1~4)和大数(6~9)的中文与阿拉伯数字为材料,以判断数字是否大于5为任务。实验结果表明:在注意条件下,大小数都出现了距离效应;而在非注意条件下,只有小数出现距离效应;在注意条件下,大小数都没有出现符号效应;而在非注意条件下,只有小数出现符号效应,中文数字绩效显著好于阿拉伯数字。

**关键词** 注意,数字加工,数字距离效应,数字符号效应。

**分类号** B842

## 1 前言

人类具有很强的数字加工能力,不仅能准确地把握具体事物的数量,而且能对抽象符号所代表的数量信息进行操作和加工。研究这两种数字加工能力之间的关系及其影响因素,建立完整合理的数字加工理论,将有助于我们更好地理解人类数字加工过程及其他相关的认知过程(如语言,记忆等)。

具体数量加工的研究发现了一些重要的实验现象。当要求观察者给出目标物体的数目时,数出四个以内的物体是非常准确和迅速的,然而对四个以上的物体就会出现较多的错误,速度也会慢很多。前者就是所谓的“感数(subitizing)”,后者则被称作“计数(counting)”<sup>[1]</sup>。感数与计数在动物、婴儿和成人身上都被证明是普遍存在的现象<sup>[2]</sup>,一直是具体数量加工研究关注的重点之一。Trick和Pylyshyn率先研究了注意在感数与计数加工中的作用,并从视觉理论出发提出:感数过程依靠前注意信息,而计数过程依靠空间注意<sup>[3]</sup>。具体而言,感数过程采用前注意信息中的一种示例手指(fingers of instantiation, FINST)机制,其作用相当于提供所需注意对象的基本信息,特点是容量有限和并行加工;而计数过程所依靠的空间注意则是一个序列加工的过程,需要不断变换注意焦点,将目标分组(grouping)、标记

(marking),最后进行计数。该观点得到两方面证据的支持:首先,在空间注意必不可少(例如,计算空间关系<sup>[4]</sup>,进行特征整合<sup>[5]</sup>)的情况下都没有出现感数现象;其次,提示注意焦点位置对计数比对感数有更大的影响<sup>[6]</sup>。采用PET进行的研究则进一步表明,感数激活的是枕叶纹状皮质外区(occipital extrastriate cortex),而计数则激活了更广泛的脑区<sup>[7]</sup>。

抽象数字加工的研究也发现一些重要的实验效应<sup>[8]</sup>。如果要求观察者对一个数字与另一个给定的数字之间的大小进行判断,或要求对两个任意数字之间的大小进行判断,通常会发现随着两个数字之间的距离减小,判断的难度增加,这就是所谓的数字距离效应<sup>[9]</sup>。这种效应不仅在一位数字<sup>[9]</sup>,两位数字<sup>[10~12]</sup>的比较研究中,而且也在其他类似的材料(例如,线段长度<sup>[13]</sup>,点阵数量<sup>[14]</sup>,物体大小<sup>[15]</sup>等)的比较研究中得到证实。因此,很多研究者都认为,具体数量或数字首先被转化为一种抽象的数字基线表征方式,然后再进行比较,所以在数字基线上距离近的容易混淆,比较难度就大,而距离远的比较难度就小<sup>[9,16]</sup>。Dehaene和Akhavain于1995年提出了一个数字比较过程的理论模型<sup>[17]</sup>。该模型包括自上而下共五个阶段:前三个阶段为识别阶段,分别是早期视觉加工、语义通达和语音表征;在第四个阶段,呈现的数字被识别并采用一种独立于其字母

收稿日期:2003-08-16

国家自然科学基金项目(30270466)、中国科技部973项目(2002CB312103)和中国科学院心理研究所创新重点项目(0302037)。

通讯作者:傅小兰,电话:010-64850862, E-mail: fuxl@psych.ac.cn

或符号等视觉形式的抽象形式(比如语音)所表征;在第五个阶段,数字才与所要求的固定数字标准进行比较并选择合适的反应。数字距离效应被认为产生于最后这个阶段<sup>[17]</sup>。

抽象数字加工的研究也表明,不同的数字符号系统,尤其是以语音为基础的口头文字和以视觉图形为基础的阿拉伯数字,在加工过程中有着很大的区别<sup>[18~22]</sup>。一般而言,各种口语方式的单词数字符号的绩效都比视觉形式的阿拉伯数字符号的绩效逊色<sup>[19~23]</sup>,这就是所谓的数字符号效应。这一效应说明对数字可能存在多种不同的表征方式,这些表征方式之间存在质的差异。针对这一点,Dehaene提出了三联体模型<sup>[24,25]</sup>。该模型认为:存在三种数字编码系统:一个近似的数量表征的模块化数字系统(具体的点、线等形式),一个视觉的阿拉伯数字系统和一个听觉口语编码系统。近似的数量表征的模块化数字系统由压缩数字基线组成,用来进行数字比较和近似计算。在一个空间展开的数字排列中,视觉形式的阿拉伯数字系统对阿拉伯数字进行操作,以完成多位数运算和奇偶性判断这样的任务。听觉口语编码系统则使用一般性的语言模式,能够利用已经储存的加法和乘法等公式表进行有目的的精确运算。数字信息可以直接由一种形式的编码转换成另一种形式的编码,而不需要经过第三种形式,即这三种系统具有直接转换机制,彼此之间能够直接沟通。每一个数字加工任务都基于一套固定的输入和输出编码。

概括而言,一方面,作为重要的数字加工效应,数字距离效应和数字符号效应虽然已经在抽象数字加工层次有了模型和理论方面的解释,但在具体数量加工方面的计数和感数层次(即大小数差异)上考察这两个效应的研究却很少;另一方面,注意的影响虽然在具体数量的研究中已备受关注,但在抽象数量的研究中将注意因素考虑进来的研究却还没有。能否将两者结合起来呢?根据数字表征多重编码理论(如三联体模型),不同数字形式之间可以相互转化,那么注意不仅影响对具体数量材料的加工,也会影响对抽象数字材料的加工。最新的研究已经表明,仅仅单独呈现抽象数字,其数字大小也会对后面呈现的物体的注意方向有影响<sup>[26]</sup>。而根据感数的注意理论,如果计数和感数过程确实是两个不同的认知加工过程,那么对它们各自适宜的不同范围内的数字进行加工必然会受不同注意条件的影响。我们可以假设,注意的这种影响很可能体现在数字加

工中的重要效应(如距离效应和符号效应)上。具体而言,在感数与计数两个范围内,不同的注意条件可能会对抽象数字的距离效应和符号效应产生不同的影响。因此,本研究拟同时采用阿拉伯数字和中文数字,考察在不同注意条件下抽象的数字符号加工中的距离效应和符号效应。

采用中文数字研究数字符号效应有明显优势。一方面,与阿拉伯数字相似,中文不属于语音符号系统(alphabetic notational systems),而属于象形文字符号系统(logographic notational system),一个符号就是一个独立的语言单位。而以往研究中多采用的语音符号系统(如英文、法文、日文等)文字的数字在处理加工过程中需以音节字母为加工单位,这无疑降低了语言数字符号的加工绩效。另一方面,中文数字又有着语言数字符号系统的其他一切特征,比如语音表征、量词搭配等。

根据数字比较模型<sup>[17]</sup>,距离效应发生在数字比较过程中的第五阶段,即后期比较阶段。因此,本研究的第一个假设是:注意条件对感数与计数范围内的数字的比较加工机制有不同影响。由于感数范围的小数的比较加工主要依靠前注意信息<sup>[3]</sup>,因此它更稳定和自动化,从而基本上不受注意的影响,将出现正常的数字距离效应;而计数范围的大数的比较加工主要依靠空间注意<sup>[3]</sup>,因此它更容易受注意的影响,在非注意条件下可能不出现数字距离效应。

根据数字比较的模型<sup>[17]</sup>,符号效应出现在数字比较过程中的前四个阶段,即识别或转化阶段。无论何种符号(中文数字“三”还是阿拉伯数字“3”),在加工过程中必然有听觉和视觉两种信息。根据多重编码模型,对中文数字“三”来说,听觉信息是重点,而对阿拉伯数字“3”来说,视觉信息才是重点。因此,本研究的第二个假设是:对于更多依靠前注意信息的小数来说,注意对中文数字符号与阿拉伯数字符号的识别和转化可能有不同影响。因为前注意过程的特点是并行和容量有限<sup>[3]</sup>,当一种符号出现后,听觉和视觉信息同时开始加工,其中一个的加工会对另一个的加工产生影响,后者可能会因前注意过程容量有限而得不到充分加工,而中文数字符号和阿拉伯数字符号的听觉信息和视觉信息的重要性有所不同,这就产生了数字符号效应。而对于更多依靠空间注意的大数来说,语言数字符号与阿拉伯数字符号的识别和转化基本上不受注意条件的影响。因为空间注意加工是一个序列过程,容量也比较大<sup>[3]</sup>,因此,无论是在注意还是非注意条件下,对中文数字符号和阿拉伯数字符号的识别和转化加工

都能完成,从而不会出现数字符号效应。

## 2 实验方法

### 2.1 被试

10 名视力或矫正视力正常的在校本科大学生(6 名男性),分别来自中国农业大学和中国林业大学。平均年龄 20.5 岁。

### 2.2 材料和仪器

实验在保持日光灯照明的房间内进行,被试坐在距离计算机屏幕 47cm 处,实验材料为计算机屏幕上呈现的黑色圆盘上的白色数字,共 2 组 16 种(见图 1)。圆盘直径 6mm,距离 47cm 时的视角为 0.7 度;白色数字直径 5mm 左右,距离 47cm 时视角 0.6 度左右。全部实验在奔腾 400 兼容机上完成,显示器为飞利浦 17 寸彩色显示器,刷新频率 100 Hz,分辨率 600 × 800,实验程序用 E-PRIME1.1 编制。

### 2.3 设计

实验采用 2 × 2 × 2 × 4 完全组内设计。4 个自变量分别是: 注意:注意(注视点,即 0 度视角位置)与非注意(注视点左或右 3 度视角位置); 符号:中文数字与阿拉伯数字; 大小:小数(1~4)与大数(6~9); 距离(数字与 5 的差值):1(数字 4 和 6),2(数字 3 和 7),3(数字 2 和 8),4(数字 1 和 9)。实验因变量为反应错误率和反应时。

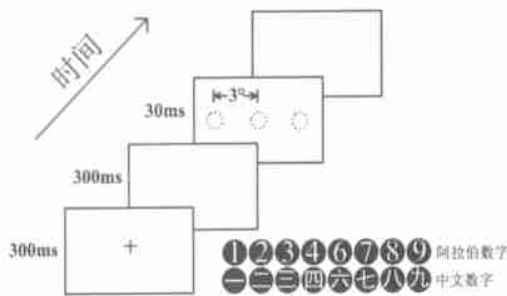


图 1 实验流程图

### 2.4 程序

实验流程如图 1 所示: 首先在屏幕正中呈现一个视角为 0.4 度的红色十字注视点 300ms; 然后是 300ms 的空屏; 随机在屏幕正中注视点、注视点偏左 3 度视角处和注视点偏右 3 度视角处这三个位置中的某一处随机呈现 16 个目标刺激中的 1 个刺激 30ms; 刺激消失后出现空屏,等待被试做出反应。刺激目标一出现被试就可做出反应,在被试反应后空屏 500ms,然后进入下一轮试验。被试在整个实验过程中被要求始终将注意力保持在红色

“+”号上。被试的任务是判断目标刺激中的数字比“5(五)”大还是小。一半被试按“F”键对“比 5(五)大”做反应,按“J”键对“比 5(五)小”做反应;另一半被试则相反。

在正式实验过程中,每个刺激各出现 120 次(左、中、右三个位置分别出现 30、60、30 次),16 个刺激共出现 1920 次。被试每完成 168 次试验,可以自己控制休息数分钟,约需 70 分钟完成整个实验。

本实验采用的是 Enns 和 DiLollo<sup>[27]</sup> 的注意研究范式。在这个范式中,由于刺激在三个位置上随机出现带来的不确定性,被试必须将注意资源分配到三个位置上,而中央位置(注视点)由于指导语要求和更多的呈现比率(50%)而得到更多的注意资源,此为注意条件;两侧的位置(非注视点)相对中央位置得到较少的注意资源,因此为非注意条件<sup>[27]</sup>。

## 3 结果

### 3.1 总的反应错误率与反应时

对反应错误率进行 2 × 2 × 2 × 4 重复方差分析,结果表明不仅四个自变量都有显著的主效应,而且存在复杂的多因素交互作用(表 1 和图 2)。

表 1 各自变量在反应错误率上的主效应及其交互作用

变异来源	df	MS	F
注意	1	16660.88	36.07 **
符号	1	1449.25	13.08 *
大小	1	2327.40	6.31 *
距离	3	1239.39	27.77 **
注意 × 符号	1	1955.25	24.28 **
注意 × 大小	1	1365.38	5.57 *
符号 × 大小	1	2958.53	66.39 **
注意 × 距离	3	141.42	3.12 *
符号 × 距离	3	41.66	1.81
大小 × 距离	3	972.19	20.64 **
注意 × 符号 × 大小	1	2946.38	74.73 **
注意 × 符号 × 距离	3	204.08	6.20 **
注意 × 大小 × 距离	3	611.69	17.07 **
符号 × 大小 × 距离	3	77.50	2.28
注意 × 符号 × 大小 × 距离	3	111.04	2.37

注: \*  $p < 0.05$  \*\*  $p < 0.01$

每个被试正确反应时的平均值加减两个标准差以外的值被作为极值剔除,剔除的数据占全部数据的 2.9%。对正确反应的反应时进行 2 × 2 × 2 × 4 重复方差分析,结果表明只有注意和距离的主效应显著,一些因素之间存在显著的交互作用(表 2 和图 3)。

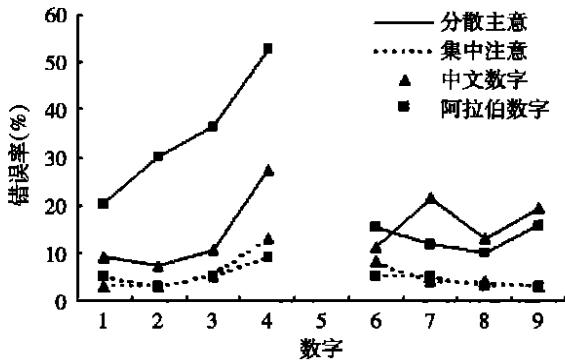


图2 不同数字材料在不同注意条件下的平均反应错误率

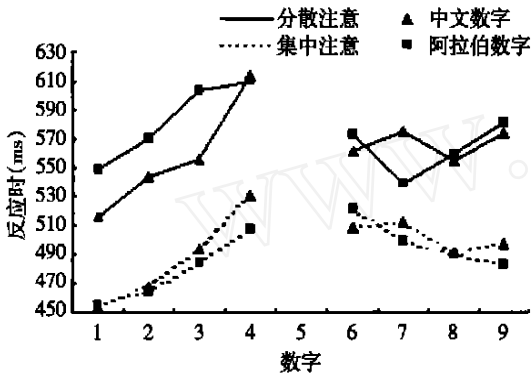


图3 不同数字材料在不同注意条件下的平均反应时

表2 各自变量在反应时上的主效应及其交互作用

变异来源	df	MS	F
注意	1	509413.70	28.04 **
符号	1	809.15	0.88
大小	1	3309.59	0.69
距离	3	24475.46	26.01 **
注意 × 符号	1	7812.22	5.59 *
注意 × 大小	1	11041.59	11.53 **
符号 × 大小	1	4911.68	3.53
注意 × 距离	3	706.90	1.05
符号 × 距离	3	460.77	1.06
大小 × 距离	3	13933.94	15.01 **
注意 × 符号 × 大小	1	8006.70	4.92
注意 × 符号 × 距离	3	133.38	0.38
注意 × 大小 × 距离	3	2610.95	4.09 *
符号 × 大小 × 距离	3	4215.91	10.49 **
注意 × 符号 × 大小 × 距离	3	1291.86	2.92

注: \*  $p < 0.05$  \*\*  $p < 0.01$

### 3.2 数字距离效应

3.2.1 错误率 在注意条件下,距离的主效应显著,  $F(3, 27) = 34.56, p < 0.001$ ;符号与距离交互作用显著,  $F(3, 27) = 4.34, p < 0.05$ ;大小与距离交互作用显著,  $F(3, 27) = 5.45, p < 0.01$ ;

其他主效应与交互作用均不显著,  $F_s < 3.58, ps > 0.05$ 。进一步分析表明,小数和大数的距离效应均显著:  $F(3, 27) = 40.60, p < 0.001$ ;  $F(3, 27) = 8.27, p < 0.001$ ;错误率随数字距离增加而递减(图4)。

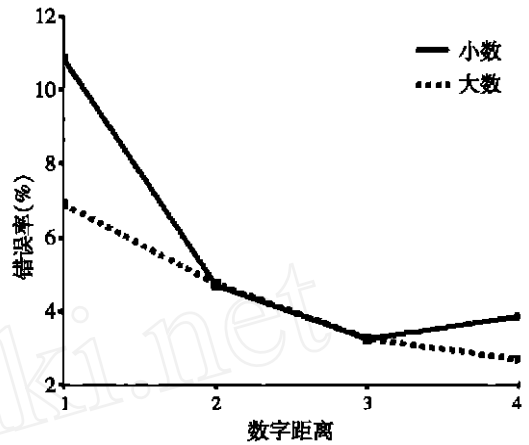


图4 注意条件下的数字距离效应(错误率)

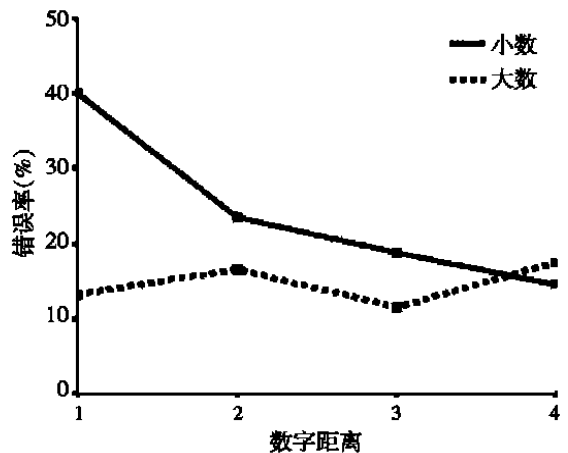


图5 非注意条件下的数字距离效应(错误率)

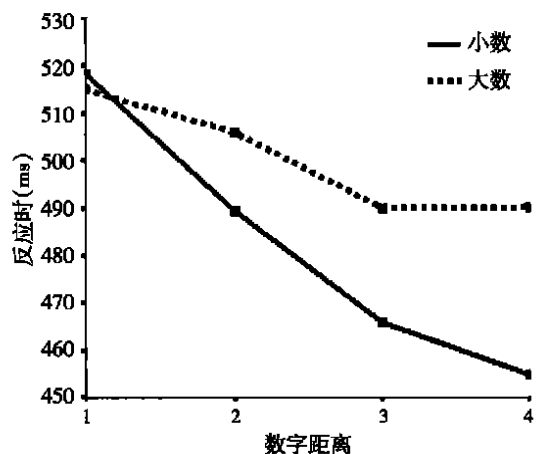


图6 注意条件下的数字距离效应(反应时)

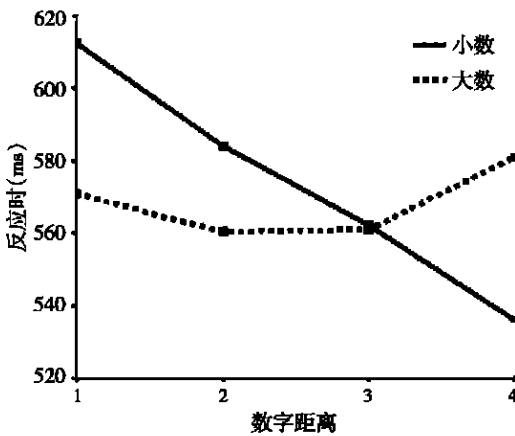


图7 非注意条件下的数字距离效应(反应时)

在非注意条件下,符号的主效应显著,  $F(1, 9) = 19.19, p < 0.01$ ;大小的主效应显著,  $F(1, 9) = 6.08, p < 0.05$ ;距离的主效应显著,  $F(3, 27) = 13.43, p < 0.001$ ;符号与距离交互作用显著,  $F(3, 27) = 4.40, p < 0.05$ ;大小与符号交互作用显著,  $F(1, 9) = 76.55, p < 0.001$ ;大小与距离交互作用显著,  $F(3, 27) = 20.24, p < 0.001$ 。进一步分析表明,小数的距离效应显著,  $F(3, 27) = 19.43, p < 0.001$ ,错误率随数字距离增加而递减(图5)。阿拉伯小数和中文小数的距离效应均显著:  $F(3, 27) = 12.20, p < 0.001$ ;  $F(3, 27) = 13.23, p < 0.001$ 。但是,中文小数的错误率随数字距离增加而递减的规律更明显(图2)。虽然大数的距离主效应也显著,  $F(3, 27) = 5.23, p < 0.01$ ,但错误率不随数字距离增加而单调递减(图5)。阿拉伯大数和中文大数的距离主效应均显著:  $F(3, 27) = 3.20, p < 0.05$ ;  $F(3, 27) = 6.67, p < 0.01$ 。但是,错误率均不随数字距离增加而单调递减(图2)。

**3.2.2 反应时** 在注意条件下,符号的主效应显著,  $F(1, 9) = 6.91, p < 0.05$ ;大小的主效应显著,  $F(1, 9) = 7.06, p < 0.05$ ;距离的主效应显著,  $F(3, 27) = 21.57, p < 0.001$ ;大小与距离的交互作用显著,  $F(3, 27) = 14.18, p < 0.001$ ;大小、距离和符号三者交互作用显著,  $F(3, 27) = 6.25, p < 0.01$ ;其他主效应与交互作用均不显著,  $F_s < 2.01, p_s > 0.05$ 。进一步分析表明,小数和大数的距离效应均显著:  $F(3, 27) = 27.86, p < 0.001$ ;  $F(3, 27) = 8.19, p < 0.001$ ;反应时随数字距离增加而递减(图6)。

在非注意条件下,距离的主效应显著,  $F(3,$

$27) = 10.40, p < 0.001$ ;大小与距离的交互作用显著,  $F(3, 27) = 10.06, p < 0.001$ ;大小、距离、符号三者交互作用显著,  $F(3, 27) = 6.61, p < 0.01$ ;其他主效应与交互作用均不显著,  $F(3, 27) < 3.31, p > 0.05$ 。进一步分析表明,小数的距离效应显著,  $F(3, 27) = 11.91, p < 0.001$ ,反应时随数字距离增加而递减(图7)。大数的距离主效应显著,  $F(3, 27) = 3.92, p < 0.05$ ,但反应时并不随数字距离增加而单调递减(图7)。阿拉伯大数的距离主效应显著,  $F(3, 27) = 5.590, p < 0.01$ ;然而中文大数字的距离主效应不显著,  $F(3, 27) = 2.584, p = 0.07$ (图3)。

### 3.3 数字符号效应

**3.3.1 错误率** 在小数条件下,注意的主效应显著,  $F(1, 9) = 61.41, p < 0.001$ ;符号的主效应显著,  $F(1, 9) = 38.09, p < 0.001$ ;距离的主效应显著,  $F(3, 27) = 28.89, p < 0.001$ ;注意与符号存在显著的交互作用,  $F(1, 9) = 60.20, p < 0.001$ ;注意与距离存在显著的交互作用,  $F(3, 27) = 10.07, p < 0.001$ ;其他主效应与交互作用均不显著,  $F_s < 1.91, p_s > 0.05$ 。进一步分析表明,在刺激出现在0度视角位置的注意条件下,中文小数与阿拉伯小数之间差异不显著(图8),  $F(1, 9) = 0.90, p = 0.37$ ;而在刺激出现在3度视角位置的非注意条件下,中文小数错误率显著低于阿拉伯小数(图8),  $F(1, 9) = 49.91, p < 0.001$ 。

在大数条件下,注意的主效应显著,  $F(1, 9) = 8.79, p < 0.05$ ;距离的主效应显著,  $F(3, 27) = 4.77, p < 0.01$ ;注意与距离的交互作用显著,

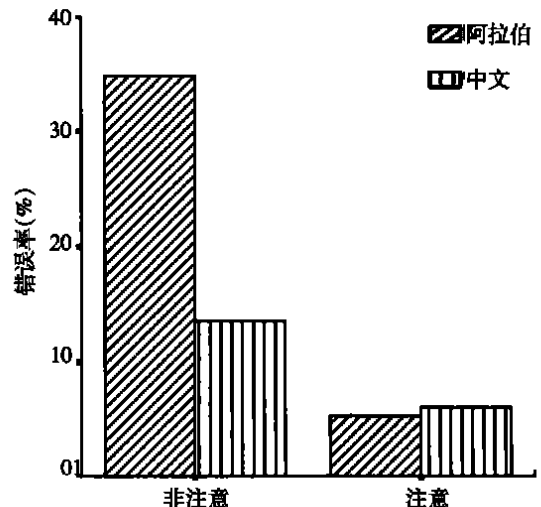


图8 小数条件下的数字符号效应(错误率)

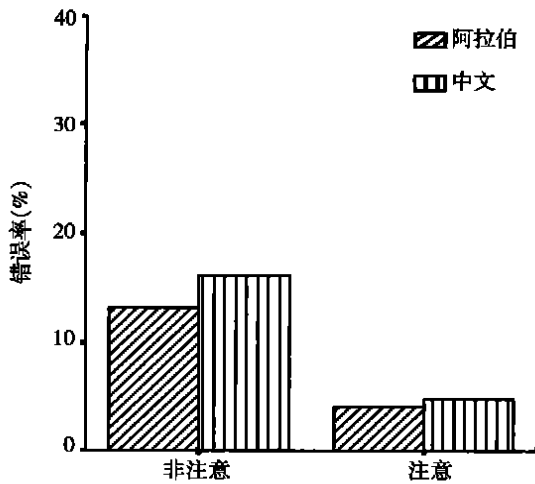


图 9 大数条件下的数字符号效应(错误率)

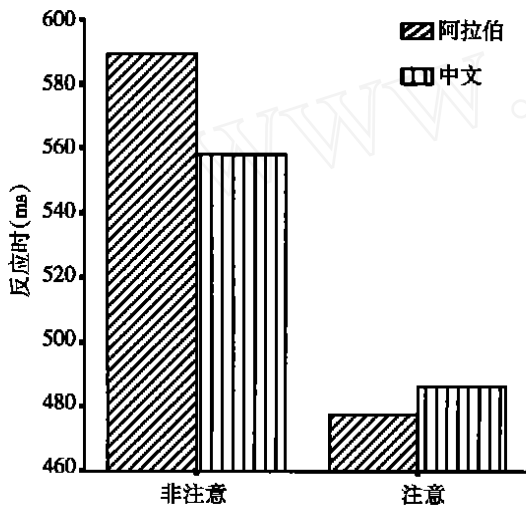


图 10 小数条件下的数字符号效应(反应时)

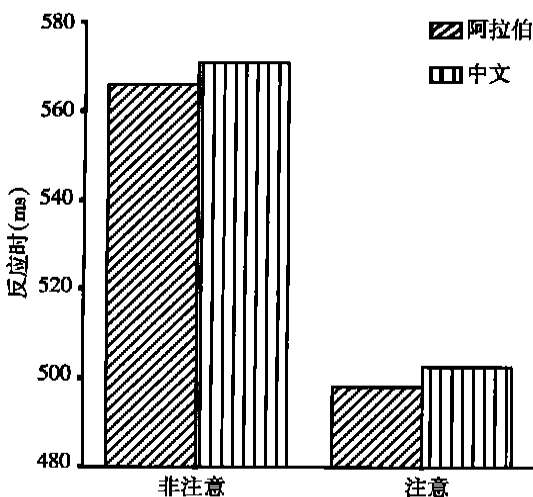


图 11 大数条件下的数字符号效应(反应时)

$F(3, 27) = 6.90, p < 0.001$ ; 注意与符号与距离三者交互作用显著,  $F(3, 27) = 6.66, p < 0.01$ ;

其他主效应与交互作用均不显著,  $F_s < 3.09, ps > 0.05$ 。进一步分析表明,无论在注意还是非注意条件下,中文大数和阿拉伯大数的错误率都没有显著差异(图 9):  $F(1, 9) = 2.45, p = 0.15$ ;  $F(1, 9) = 0.85, p = 0.38$ 。

### 3.3.2 反应时

在小数条件下,注意的主效应显著,  $F(1, 9) = 39.30, p < 0.001$ ;距离的主效应显著,  $F(3, 27) = 24.11, p < 0.001$ ;注意与符号存在显著的交互作用,  $F(1, 9) = 6.79, p < 0.05$ ;符号与距离存在显著的交互作用,  $F(3, 27) = 4.22, p < 0.05$ ;其他主效应与交互作用均不显著,  $F_s < 2.53, ps > 0.05$ 。进一步分析表明,在注意条件下,阿拉伯数字的反应时显著小于中文数字的反应时(图 10),  $F(1, 9) = 11.09, p < 0.01$ ;而在非注意条件下,中文数字反应时小于阿拉伯数字的反应时(图 10),两者的差异达到边缘显著,  $F(1, 9) = 4.66, p = 0.06$ 。

在大数条件下,注意的主效应显著,  $F(1, 9) = 17.47, p < 0.01$ ;距离的主效应显著,  $F(3, 27) = 5.71, p < 0.01$ ;注意与距离存在显著的交互作用,  $F(3, 27) = 5.82, p < 0.01$ ;符号与距离存在显著的交互作用,  $F(3, 27) = 7.48, p < 0.01$ ;其他主效应与交互作用均不显著,  $F(1, 9) < 2.15, p > 0.05$ 。进一步分析表明,无论在注意还是非注意条件下,中文和阿拉伯数字都没有显著差异(图 11):  $F(1, 9) = 0.52, p = 0.49$ ;  $F(1, 9) = 1.94, p = 0.20$ 。

## 4 讨 论

### 4.1 注意对大数和小数距离效应的影响

实验结果支持我们基于比较加工过程理论<sup>[17]</sup>和注意理论<sup>[3]</sup>提出的第一个假设:无论是错误率还是反应时,在注意条件下,大数(6~9)与小(1~4)都出现了非常明显的数字距离效应(图 4,图 6);而在非注意条件下,只有小数出现了明显的数字距离效应(图 5,图 7)。但是,无论是中文小数还是阿拉伯小数,其知觉复杂度都随数字变大而变大,这是否可能会造成在非注意条件下知觉它们的难度递增,从而出现与距离效应类似的结果?然而这种基于知觉难度上的解释却无法说明为什么在非注意条件下无论是阿拉伯数字“4”还是中文数字“四”,在所有数字中都是分辨难度最大的,因为它显然并不比其他大数的知觉复杂性更高。因此,在非注意条件下小

数的错误率和反应时随数字距离增加而递减的现象很可能并不是知觉原因造成的,而有其数字加工机制方面的原因。

基于比较加工过程理论<sup>[17]</sup>和注意理论<sup>[3]</sup>,距离效应发生在数字比较过程中的后期比较阶段,因此,对于主要依靠前注意信息进行比较加工的小数来说,加工较为稳定和自动化,因而不受注意的影响,出现了正常的数字距离效应;而对于主要依靠空间注意进行比较加工的大数来说,加工较容易受注意的影响,在非注意条件下没有出现数字距离效应。这一结果表明即使在抽象数字比较的过程中,注意也有着非常重要的作用,不同注意阶段对不同大小的数字有着不同的影响,小数加工主要是依靠前注意信息,而大数加工则更多地依靠空间注意。

#### 4.2 注意对大数和小数符号效应的影响

实验结果也支持我们基于比较加工过程理论<sup>[17]</sup>和注意理论<sup>[3]</sup>提出的第二个假设:无论是错误率还是反应时数据都说明,注意对大数与小数的数字符号效应有不同影响。小数的符号主效应显著,而且符号与注意有非常明显的交互作用:在非注意条件下,中文数字在反应时和错误率上都显著低于阿拉伯数字(图 8,图 10);而在注意条件下,阿拉伯数字在反应时上显著低于中文数字,在错误率上两者没有差异。而大数字的符号主效应不显著,而且符号与注意条件也没有明显的交互作用(图 9,图 11)。注意对大数和小数的符号效应有不同影响,这也不能基于知觉难度来解释,因为中文数字与阿拉伯数字在小数上的知觉差异并不比在大数上的知觉差异更大。例如,中文数字“一”和阿拉伯数字“1”的知觉差异应该是最小的,但两者之间的绩效差异却非常显著。可见这种差异并不是知觉因素造成的,而有其数字加工机制方面的原因。

在对大数的加工中,不同符号在注意和非注意条件下都没有差异;而在小数的加工中,不同符号与注意条件之间则出现了显著的交互作用。这个现象再一次说明了大小数在加工机制上有可能不同,同时也进一步支持了注意理论<sup>[3]</sup>。基于比较加工过程理论<sup>[17]</sup>和注意理论<sup>[3]</sup>,符号效应出现在数字比较过程中的前期识别或转化阶段。因为各种视觉表征最后都要采用语音抽象表征的形式,无疑口语方式的单词数字符号比视觉形式的阿拉伯数字符号在处理绩效上应该更有优势,这种优势在注意条件下由于前注意信息得到充分加工难以表现出来,而在非注意条件下,由于前注意信息无法得到充分加工,单

词数字符号和阿拉伯数字符号之间的差异就体现出来了。

上述结果一方面进一步支持了注意理论<sup>[3]</sup>,表明注意对抽象数字加工也有重要的影响。另一方面也在具体数量加工的计数和感数层次(即大小数的差异)上对抽象数字加工中的两个重要效应(距离效应和符号效应)进行了研究,表明注意对感数范围的小数和计数范围的大数的距离效应和符号效应有不同影响。下一步的研究,我们将试图采用抽象数字研究中的其他实验范式来进一步检验和讨论注意在数字加工中的具体影响,同时,也考虑采用脑成像的方法具体研究这一影响发生的脑区。

## 5 结 论

本研究考察不同注意条件下大数与小数的加工差异。实验结果表明:在注意条件下,大小数都出现了距离效应;而在非注意条件下,则只有小数出现距离效应;在注意条件下,大小数都没有出现符号效应;而在非注意条件下,则只有小数出现符号效应,中文数字绩效显著好于阿拉伯数字。

## 参 考 文 献

- 1 Kaufman E L, Lord M W, Reese T, et al. The discrimination of visual number. *American Journal of Psychology*, 1949, 62: 498 ~ 525
- 2 Dehaene S, Dehaene-Lambertz G, Cohen L. Abstract representations of numbers in the animal and human brain. *Trends in Neurosciences*, 1998, 21(8): 355 ~ 361
- 3 Trick L M, Pylyshyn Z W. Why are small and large numbers enumerated differently—a limited-capacity preattentive stage in vision. *Psychological Review*, 1994, 101(1): 80 ~ 102
- 4 Ullman S. Visual routines. *Cognition*, 1984, 18(1-3): 97 ~ 159
- 5 Treisman A M, Gelade G. Feature-integration theory of attention. *Cognitive Psychology*, 1980, 12(1): 97 ~ 136
- 6 Trick L M, Pylyshyn Z W. What enumeration studies can show us about spatial attention—evidence for limited capacity preattentive processing. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 1993, 19(2): 331 ~ 351
- 7 Sathian K, Simon T J, Peterson S, et al. Neural evidence linking visual object enumeration and attention. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 1999, 11(1): 36 ~ 51
- 8 Brysbaert M. Arabic number reading—on the nature of the numerical scale and the origin of phonological recoding. *Journal of Experimental Psychology: General*, 1995, 124(4): 434 ~ 452
- 9 Moyer R S, Landauer T K. Time required for judgements of numerical inequality. *Nature*, 1967, 215(5109): 1519
- 10 Dehaene S. The psychophysics of numerical comparison—a reexamination of apparently incompatible data. *Perception and Psy-*

- chophysics, 1989, 45(6) : 557 ~ 566
- 11 Dehaene S, Dupoux E, Mehler J. Is numerical comparison digital-analogical and symbolic effects in 2-digit number comparison. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 1990, 16(3) : 626 ~ 641
- 12 Link S. Modeling imageless thought—the relative judgment theory of numerical comparisons. *Journal of Mathematical Psychology*, 1990, 34(1) : 2 ~ 41
- 13 Johnson D M. Confidence and speed in the two-category judgment. *Archives of Psychology*, 1939, 241 : 1 ~ 52
- 14 Buckley P B, Gillman C B. Comparisons of digits and dot patterns. *Journal of Experimental Psychology*, 1974, 103(6) : 1131 ~ 1136
- 15 Moyer R S. Comparing objects in memory—evidence suggesting an internal psychophysics. *Perception and Psychophysics*, 1973, 13(2) : 180 ~ 184
- 16 Gallistel C R, Gelman R. Preverbal and verbal counting and computation. *Cognition*, 1992, 44(1-2) : 43 ~ 74
- 17 Dehaene S, Akhavein R. Attention, automaticity, and levels of representation in number processing. *Journal of Experimental Psychology—Learning Memory and Cognition*, 1995, 21(2) : 314 ~ 326
- 18 Jonides J, Geitman H. Conceptual category effect in visual search - O as letter or as digit. *Perception and Psychophysics*, 1972, 12(6) : 457 ~ 460
- 19 Pinel P, Dehaene S, Riviere D, et al. Modulation of parietal activation by semantic distance in a number comparison task. *Neuroimage*, 2001, 14(5) : 1013 ~ 1026
- 20 Allison T, et al. Human extrastriate visual-cortex and the perception of faces, words, numbers, and colors. *Cerebral Cortex*, 1994, 4(5) : 544 ~ 554
- 21 Cohen L, Dehaene S. Number processing in pure alexia: The effect of hemispheric asymmetries and task demands. *Neurocase*, 1995, 1(2) : 121 ~ 137
- 22 Butterworth B, Grana A, Piazza M, et al. Language and the origins of number skills: Karyotypic differences in Turner's syndrome. *Brain and Language*, 1999, 69(3) : 486 ~ 488
- 23 Koechlin E, Naccache L, Block E, et al. Primed numbers: Exploring the modularity of numerical representations with masked and unmasked semantic priming. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 1999, 25(6) : 1882 ~ 1905
- 24 Dehaene S, Mehler J. Cross-linguistic regularities in the frequency of number words. *Cognition*, 1992, 43(1) : 1 ~ 29
- 25 Nan Y, Luo Y J. Cognitive neuroscience research of number processing (in Chinese). *Advances in Psychological Science*, 2003, 11(3) : 289 ~ 295  
(南云, 罗跃嘉. 数字加工的认知神经基础. *心理科学进展*, 2003, 11(3) : 289 ~ 295)
- 26 Fischer M H, Castel A D, Dodd M D, et al. Perceiving numbers causes spatial shifts of attention. *Nature Neuroscience*, 2003, 6(6) : 555 ~ 556
- 27 Enns J T, DiLollo V. Object substitution: A new form of masking in unattended visual locations. *Psychological Science*, 1997, 8(2) : 135 ~ 139

## THE INFLUENCE OF ATTENTION ON THE EFFECTS OF NUMBER MAGNITUDE IN NUMBER COMPARISON TASK

Liu Chao, Fu Xiaolan

(Division of Cognitive Psychology, Institute of Psychology, Chinese Academy of Science, Beijing, China 100101)

### Abstract

A number comparison task was performed to examine the role of attention in number processing. Two main number comparison effects, number distance effect and number notation effect, were investigated in two attention conditions: attended (fixation) or unattended (3 left or right beside the fixation). Different number magnitude (large: 6 ~ 9 & small: 1 ~ 4) and number notations (Chinese & Arabic) were used. The task is to compare the numbers with 5. The number distance effect and number notation effect were investigated using ANOVA analysis. Both the error rates and RT data showed that, for number distance effect, both large numbers and small numbers had very clear distance effect in attended condition; however, only small numbers had distinct distance effect in unattended condition. For number notation effect, both small numbers and large numbers had no notation effect in attended condition; however, only small numbers showed a significant notation effect (the performance of Chinese numbers were significant better than Arabic numbers) in unattended condition.

**Key words** attention, number processing, number distance effect, number notation effect.