

# 汉字、拼音、英文 Stroop 干扰效应的比较研究\*

刘海程<sup>1,2</sup> 翁旭初<sup>\*\*1</sup>

(<sup>1</sup>中国科学院心理研究所,脑高级功能研究实验室,北京,100101)(<sup>2</sup>中国科学院研究生院,北京,100039)

**摘要** 本研究通过比较汉字、拼音和英文的 Stroop 干扰效应,考察文字系统的差异能否影响 Stroop 干扰效应。结果表明汉字、拼音、英文在 Stroop 任务中的干扰效应依次降低。组块之间的比较表明随着刺激的重复呈现,汉字、拼音、英文的 Stroop 干扰效应都逐渐变小且趋于相同。对 Stroop 效应更加合理的理论解释是整合了文字加工过程的平行分布加工模型。

**关键词:** Stroop 干扰 练习效应 文字加工 平行分布加工模型

## 1 引言

Stroop 认为“词汇刺激和阅读反应之间形成的联系比颜色刺激和颜色命名之间形成的联系更加有效,而这些联系是训练的结果。联系强度上的不同和训练程度上的不同是大体对应的。阅读和颜色命名的不同训练程度是 Stroop 干扰效应的直接原因<sup>[1]</sup>。Stroop<sup>[1]</sup>发现的 Stroop 翻转效应和 Macleod & Dunbar<sup>[2]</sup>发现的练习对形状和颜色相互干扰产生影响的结果表明练习对 Stroop 任务表现有直接影响。但是也有研究未能发现练习导致 Stroop 任务表现发生变化<sup>[3,4]</sup>,这可能是因为这些研究采用的刺激类型和反应方式不同造成的<sup>[4]</sup>。

不一致的颜色汉字、拼音和英文三种不同的复合刺激各有两个维度,其中三种复合刺激中有一个维度(书写颜色)是相同的,另一个维度(内容本身)的训练程度不同,根据不同训练程度的假说,训练程度大的维度所在复合刺激的 Stroop 干扰效应当更大。对以汉语为母语的正常成人来说,汉字的训练程度一般都大于拼音和英文,因此预测汉字的干扰应当大于拼音和英文。当前对 Stroop 干扰效应进行解释的理论主要有自动化理论<sup>[5]</sup>和平行分布加工模型<sup>[6]</sup>。自动化理论对 Stroop 干扰效应的解释是,词汇阅读是自动的过程,而颜色命名是受注意控制的过程,在二者冲突的条件下,颜色命名的过程变慢<sup>[5]</sup>。平行分布加工模型的主要观点是加工发生在激活沿着不同强度通路扩散的过程中。注意是一种信息来源,能够调制通路中不同加工单元的操作。练习能够使通路中的连接强度发生变化<sup>[6]</sup>。如果前者的解释是正确的,应当预测和短时的练习无关,自动化程度高的汉字所造成的干扰应当总是大于拼音和英文。如果后者的解释是正确的,应当预测三种材料的干扰量会随着练习发生变化。

本实验关注的问题是汉字、拼音和英文三种熟练程度不同的材料间 Stroop 干扰效应有无差异?三者加工方式上的异同能否反映在 Stroop 干扰量上?经过一段时间的训练后,Stroop 干扰量是否会发生变化?这些实验结果对于 Stroop 效应的理论解释<sup>[5,6]</sup>有哪些启示?

## 2 方法

### 2.1 被试

视力正常或者矫正视力正常的某大学学生,共 23 人(男 12 人,女 11 人)。所有人都是右利手,均非色盲,小学时均学过汉语拼音。

### 2.2 材料与实验设计

实验采用被试内设计,材料为红、绿、黄、蓝四个汉字、拼音和对应的英文(其中拼音带声调标注),这些材料的呈现颜色也是红、绿、黄和蓝,但是材料的呈现颜色和材料的内容颜色均不一致,每个刺激在整个实验中重复呈现 4 次。另外还有红、绿、黄、蓝四种颜色的色块,每个色块在整个实验中重复呈现 12 次。整个实验的刺激数目为 192 个。刺激分为四个组块呈现。每个组块的刺激一样但呈现顺序不一致。刺激以伪随机的顺序呈现:即连续两个刺激的呈现颜色、内容颜色和刺激类型均不相同。

### 2.3 实验程序

实验程序用 E-Prime 软件编写,用 IBM 笔记本电脑呈现,刺激材料的字体为宋体 45 号。刺激的呈现顺序为:白屏 1500ms,注视点“+”1000ms,然后呈现刺激至被试做出反应,如果 2000ms 时被试仍然没有做出反应,刺激消失,进行下一个序列;要求被试在实验过程中保持盯着注视点,并且既快又准地报告出材料的呈现颜色,如果反应错误时不要理会,注意下一个将要出现的序列。实验以单个被试的方式进行。组块之间让被试适当的休息。实验前让被试

\* 本研究得到国家自然科学基金委国家杰出青年基金(30425008)的资助。

\*\* 通讯作者:翁旭初,男。E-mail: wengxc@psych.ac.cn

练习以熟悉实验程序。

## 2.4 数据处理

首先删除错误反应的项目(小于全部数据的2%),计算每个被试分别在汉字、拼音、英文和色块四种刺激类型下的平均反应时和标准差。然后删除反应时数据在三个标准差之外的数据(小于全部数据的2%)。剩下的数据进入下一步处理。

## 3 结果

### 3.1 不同刺激类型的结果

汉字、拼音和英文的 Stroop 干扰量采用了两种

表1 不同刺激类型的干扰量

刺激类型	差值法干扰量的平均值	差值法干扰量的标准差	比例法干扰量的平均值	比例法干扰量的标准差
汉字	147.3ms	11ms	21.3%	2%
拼音	118ms	7.1ms	17.4%	1.4%
英文	94.9ms	5.5ms	13.6%	0.9%

### 3.2 不同组块的比较

将组块和刺激类型的比例法干扰量进行重复测量的方差分析,结果是组块和刺激类型的主效应都显著( $F(3, 22) = 5.576, p = 0.002$ ;  $F(2, 22) = 16.414, p = 0.000$ );二者的交互作用显著( $F(6, 22) = 3.983, p = 0.001$ )。简单效应的分析表明:不同刺激类型的比例法干扰量在前三个组块上的差异都显著( $F(2, 22) = 13.66, p = 0.000$ ;  $F(2, 22) = 12.81, p = 0.000$ ;  $F(2, 22) = 8.57, p = 0.001$ )。进一步的多重比较发现汉字和拼音的干扰量在第三个组块上差异不明显,三种刺激类型的比例法干扰量在第四个组块上的差异不显著。

考察不同材料在四个组块上的变化趋势:图1表明前三个组块汉字、拼音和英文的比例干扰量呈现逐渐下降的趋势,第四个组块的汉字、拼音比例干扰量与第三个组块相比不变,英文比例干扰量与第三个组块相比有所上升。多重比较的结果是:汉字的干扰量中只有组块一与二、三与四的差异不明显;拼音的干扰量中组块一与三的差异明显;英文的干扰量中组块三与其它组块的差异明显。总之,三种材料类型中组块三的干扰量降到最低。

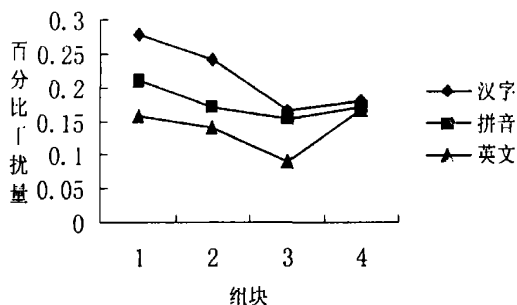


图1 不同组块比例法干扰量的比较

考察各个组块三种材料干扰量的差异:组块一

计算方法,一种是差值法,即和色块的反应时数学相减;一种是比例法<sup>[7]</sup>,即和色块的反应时相减后的差值除以色块的反应时,目的是使基线标准化。由表1看出两种方法计算所得的结果是相似的:汉字、拼音、英文干扰量的平均值和标准差依次变小。对比例法计算出的干扰量进行的单因素方差分析结果表明,刺激类型的主效应显著( $F(2, 22) = 16.896, p = 0.000$ )。多重比较的结果差异都显著(汉字 vs. 拼音:  $p = 0.015$ ; 汉字 vs. 英文:  $p = 0.000$ ; 拼音 vs. 英文:  $p = 0.000$ )。

和组块二中,三种材料的干扰量两两比较差异显著(汉字 vs. 拼音  $md = 6.6\%, 6.9\%, p = 0.027, p = 0.002$ ; 汉字 vs. 英文  $md = 11.8\%, 10\%, p = 0.000, 0.001$ ; 拼音 vs. 英文  $md = 5.2\%, 3\%, p = 0.002, 0.049$ );组块三中,英文和其它两种材料的差异显著,汉字和拼音的干扰量差异不显著(汉字 vs. 英文  $md = 7.6\%, p = 0.003$ ; 拼音 vs. 英文  $md = 6.4\%, p = 0.000$ );组块四中,三种材料的干扰量两两比较无差异。可见,三种材料的干扰量差异随着组块进行逐渐由有差异变为无差异;差异量上,拼音和英文干扰量的差异在组块二到三之间增加,其余的两两差异都随着组块进行逐渐减小。

## 4 分析与讨论

### 4.1 不同刺激类型干扰量的比较

本研究发现汉字、拼音、英文的 Stroop 干扰量依次减小。根据不同训练程度的假说<sup>[1]</sup>,以汉语为母语的正常成人被试汉字的训练程度大于英文,汉字阅读的训练程度大于拼音阅读,因而出现汉字的干扰大于英文、汉字的干扰大于拼音的结果。但是,对拼音和英文训练程度的差异却难以判断,也就不能根据不同训练程度的假说来解释拼音干扰大于英文干扰的实验结果。汉字、拼音、英文除了有训练程度的差异,还有一个不同之处是三者的加工方式。这样便可以通过分析汉字、拼音、英文在 Stroop 任务中具体加工过程的差别,比较三种条件下干扰源的差异,进而解释三者 Stroop 干扰量不同的实验结果(见图2)。

对图2中(1)和(2)的比较表明,汉字有词典通路通达语音,而拼音没有与之对应的确定的语义,它通过非词典通路通达语音;汉字自动的语义激活能

够增强对应的语音激活和语音编码,而拼音因为仅有微弱的语义激活,几乎没有这样的增强效应。汉字和拼音语音加工方式的不同得到了 Chen<sup>[8]</sup>的 fMRI 实验的支持。总之,一方面,由于汉字的语音加工是整体的,熟练的;而拼音的语音加工是部分的,不熟练的;另一方面,汉字的干扰来自语音和语义两个方面,而拼音的干扰主要来自语音。所以,汉字的干扰应当大于拼音。对图 2 中(2)和(3)的比较表明,英文有词典通路和 GPC 两条通路通达语音,而拼音只能通过非词典通路通达语音;英文自动的语义激活能够增强对应的语音激活和语音编码,而拼音几乎没有语义的激活,不能对语音激活和语音编码产生增强效应。对图 2 中(1)和(3)的比较表明,汉字和英文的加工是相似的。二者都有词典通路,自动的语义激活能够增强对应的语音激活和语音编码。但是,在 Stroop 任务中,自动加工的第二语言的语音不会对要求注意加工而且极其熟练的第一语言

的语音加工和输出产生太大的干扰。因此,英文材料的语音干扰很小。例如,用红色书写的“green”,“green”对说出“红”的干扰很小。而大学生被试对中、英文的颜色词是非常熟悉的,对于熟练的双语者,采用的是同一语义系统(概念连接假说<sup>[9]</sup>),因此,英文的语义和颜色的语义会发生干扰。总之,英文的 Stroop 干扰主要来自语义。这个观点和 Chen<sup>[10]</sup>对汉英双语者跨语言 Stroop 干扰效应的研究结果、MacLeod<sup>[4]</sup>的结论认为语言内的干扰大于语言之间的干扰和跨语言 Stroop 干扰的主要来源是语义的结论是一致的。

总之,汉字的干扰来自语音和语义两个方面;拼音的干扰主要来自语音;英文相对于汉字和拼音,主要的干扰源在语义。汉字的干扰源多于英文和拼音,干扰效应最大。实验任务是语音任务,所以拼音由语音导致的干扰大于英文由语义导致的干扰。

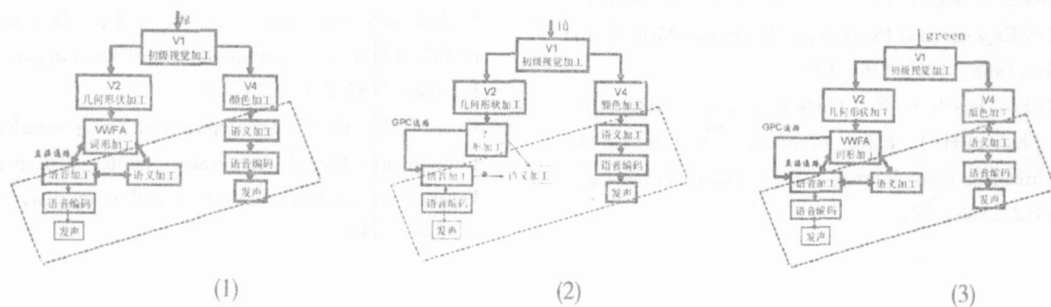


图 2 从加工方式的差异看汉字、拼音和英文 Stroop 干扰量的差异

4.2 练习效应

在四个组块的实验中,三种材料的 Stroop 干扰量不断减小,到第三个组块时,三者的 Stroop 干扰量下降到最低。第四个组块干扰量的上升反映了向平均值的回归现象。不同于前人<sup>[11]</sup>在不同天的训练中得到的 Stroop 练习效应,本实验的练习效应是在同一天约半个小时的训练中得到的。这两种不同的练习效应是否有性质上的根本差别有待于进一步实验研究。

和自动化理论<sup>[5]</sup>预测汉字的干扰总是大于拼音和英文不同,到第四个组块时,三种材料的干扰量近乎相等。这表明,第一,自动化并不是全或无的,而有程度的差别,汉字、拼音、英文的自动化加工程度不同,故表现出不同的 Stroop 干扰效应;第二,三种不同材料在 Stroop 任务的练习中逐渐形成的自动化阅读抑制也有程度差别,表现为三种材料随着练习 Stroop 干扰量有不同程度的降低。所以不包含注意过程的自动化理论不能解释本实验结果。

练习效应的结果支持平行分布加工模型<sup>[6]</sup>。Stroop 干扰效应是由长时记忆、注意等多种认知过

程导致的综合现象,是心理资源竞争的结果。在 Stroop 任务命名呈现颜色而忽略文字的要求下,人们对于颜色分配了很大的注意资源,而对于习惯化的文字阅读趋势则需要抑制。然而,在没有训练的条件下,注意可能是一个相对慢的过程,当前的注意导致的连接强度和(或)连接速度远远小于习惯化造成的连接强度和(或)连接速度,这样便造成了文字维度对颜色维度的命名干扰,即经典的 Stroop 干扰效应。但是,随着对 Stroop 任务的不断练习,一方面是材料和任务熟悉性增加导致人们对复合刺激的颜色维度从刺激到命名反应的相应节点的激活阈限降低;另一方面是来自前额叶执行控制指令的增强导致颜色命名通路上的动力增加和(或)对文字阅读通路上的阻力增加。根据 Dulaney<sup>[7]</sup>等人的研究结论成人 Stroop 干扰效应的机制主要是在不断的练习中形成了一种自动化的操作:对阅读反应的自动抑制。所以,汉字、拼音、英文的 Stroop 干扰量都不断下降,反映了对文字自动化的阅读抑制,这种阅读抑制是在练习中逐渐形成并不断强化的。

## 5 结论

研究表明,汉字、拼音、英文在 Stroop 任务中干扰量依次减小;随着刺激的重复呈现,汉字、拼音、英文的 Stroop 干扰效应逐渐变小且趋于相同。前者主要反映了三种材料的训练程度和加工方式的差异。后者反映了在练习过程中逐渐形成的自动化的阅读抑制。综合两个结果来看,平行分布加工模型对于实验结果的解释较好,但是仍然有所欠缺,对 Stroop 干扰效应更加合理的理论改为解释应该是整合了文字加工过程的平行分布加工模型。

## 6 参考文献

- 1 Stroop J, R. Studies of interference in serial verbal reactions. *Journal of Experimental Psychology*, 1935, 18(6) : 643 - 662
- 2 MacLeod, C. M. & Dunbar, K. Training and Stroop - like interference: Evidence for a continuum of Automaticity. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 1988, 14(1) : 126 - 135
- 3 Shor, R. E. , Hatch, R. P. , Hudson, L. J. , Landrigan, D. T. , & Shaffer, H. J. Effect of practice on a Stroop-like spatial directions task. *Journal of Experimental Psychology*, 1972, 94(2) : 168 - 172
- 4 MacLeod, C. M. Half a century of research on the stroop effect: an integrative review. *Psychological Bulletin*, 1991, 109(2) : 163 - 203
- 5 Posner, M. I. , & Snyder, C. R. Attention and cognitive control. In: R. L. Solso. *Information processing and cognition*. Hillsdale, NJ : Erlbaum, 1975 : 55 - 85
- 6 Cohen, J. D. , Dunbar, K. On the control of automatic processes: a parallel distributed processing account of the Stroop effect. *Psychological Review*, 1990, 97(3) : 332 - 361
- 7 Dulaney, C. L. , Rogers, W. A. Mechanisms underlying reduction in Stroop Interference with practice for young and old adults. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 1994, 20(2) : 470 - 484
- 8 Chen, Y. P. , Fu, S. M. , Iversen, S. D. , Smith, S. M. , & Matthews, P. M. Testing for dual brain processing routes in reading: A direct contrast of Chinese character and Pinyin reading using fMRI. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 2002, 14(7) : 1088 - 1098
- 9 Potter, M. C. , So, K. F. , Eckardt, B. V. , & Feldman, L. B. Lexical and conceptual representation in beginning and proficient bilinguals. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 1984, 23(1) : 23 - 28
- 10 Chen, H. C. , Ho, C. Development of Stroop interference in Chinese and English bilinguals. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 1986, 12(3) : 397 - 401

## Differences of Stroop Interference : Characters, Pinyin and English

Liu Haicheng<sup>1, 2</sup>, Weng Xuchu<sup>1</sup>

(<sup>1</sup> Lab for Higher Brain Function, Institute of Psychology, Chinese Academy of Sciences, Beijing, 100101)

(<sup>2</sup> Graduate School of Chinese Academy of Sciences, Beijing, 100039)

**Abstract** To investigate whether Stroop Interference is influenced by the difference between scripts, we applied classic Stroop tasks using Chinese color characters, the Pinyin of those characters and corresponding English words in our study. The result showed that the Stroop Interference of English words was lower than that of Chinese characters and Pinyin, and Pinyin was lower than Chinese characters. Furthermore, with repeating of stimulus, Stroop Interference of all the three scripts decreased gradually and nearly arrived at the same. We concluded a reasonable explanation of Stroop Interference should be the Parallel Distributed Processing Model combined with script processing.

**Key words** : Stroop interference, practice effect, script processing, parallel distributed processing