

# 刺激-反应相容的拼音和弦键盘的实验研究

杨斌 孙向红 张侃

中科院心理研究所 北京 100101

文 摘 本研究依据刺激-反应相容性 (Stimulus-Response Compatibility) 的显著特征编码原则 (Salient Feature Coding Principle), 设计了汉语拼音和弦键盘 (Chord Keyboard) 并将之与随机匹配编码的汉语拼音和弦键盘。结果表明在看打的汉语拼音输入工作中刺激-反应相容性表现为跨通道的相容性 (Cross-Modal Compatibility Effects), 按照显著特征编码原则设计的两种和弦键盘之间在汉语拼音字母和单字看打的反应时和错误率上没有显著差别, 显著特征编码原则设计的和弦键盘在汉语拼音字母看打的反应时和错误率上和随机匹配编码键盘没有显著差别, 但是在汉语拼音单字看打的反应时上显著快于随机匹配编码键盘。

关键词: 刺激-反应相容性 显著特征编码原则 跨通道的相容性 和弦键盘 QWERTY 键盘

## 1 研究背景和理论基础

QWERTY 键盘是计算机系统中主要的输入设备, 为改进其不足, 工程心理学界提出了各种 QWERTY 改进型和重新设计的键盘, 主要分为普通型和特殊型。普通型包括对 QWERTY 键盘进行键位重新排布和改良的方案, 如 DOVORAK 键盘和各种保健键盘; 特殊型主要以和弦键盘为代表。和弦键盘致通过同时按下两个或多个键产生一个字符的键盘; 这种通过按键组合输入字符的方式称为和弦。和弦键盘在和 QWERTY 键盘的比较研究中均表现出在学习速度和输

入速度上的优势<sup>[1,2]</sup>。

在人-机系统设计中, 刺激-反应相容性原则是重要的指导原则之一<sup>[3]</sup>。早期的刺激-反应相容性的研究集中于空间刺激和带有空间信息的反应的相容性。这些研究证明了随刺激与反应在空间物理位置上的一致性的提高, 刺激-反应相容性也随之增加, 反应时减小错误率下降。这一类刺激-反应相容性是由于物理维度上的一致性而产生的, 称为物理相容。Gorden and Meyer 在听觉-言语感觉道上的刺激-反应相容性的研究表明刺激和反应具有相同特征时的反应时比没有相同特征时的快。Proctor 等人提出了关于刺激-反应相容性的显著特征编码原则 (Salient-feature coding principle)。该原则认为刺激-反应相容的编码是建立在刺激和反应的显著特征 (Salient features) 的匹配之上的, 反应时和错误率在刺激的显著特征和反应的显著特征得到完全匹配时达到最优。如果这一原则能够成立, 那么可以推断在缺少空间信息的刺激和反应中仍然可以发现刺激-反应相容性效应, 只要刺激和反应具有显著特征。

Proctor 根据显著特征的原则认为刺激-反应相容性现象不仅存在于视觉-空间感觉道和听觉-言语感觉道, 而且在刺激和反应分别属于这两个不同感觉道的条件下也存在, 而且符合显著特征编码原则, 在跨通道的刺激和反应配对在两者的显著特征完全对应时出现最快的反应时和最低的错误率<sup>[4]</sup>。Dutta 采用 Gordon & Meyer 实验的刺激材料要求被试对不同的音节做不同的按键反应。通过对各种刺激-反应配对的测试, 结果表明被试的反应时和错误率随匹配形式的不同而不同, 当发音这一特征被分配到某一单侧手时的反应时和错误

率均优于将这一特征分配到双侧手的条件,而且这种优势在长时间练习后仍然存在<sup>[5]</sup>。

根据上述理论和研究成果,中文和弦键盘在设计中应遵循显著特征编码原则来实现刺激和反应的相容。语音信息在汉字加工中占有重要的地位,汉字在发音上分为声母和韵母两部分,声韵的划分是汉字音码的显著特征。将这个显著特征和动作反应的双手分配这一显著特征进行匹配应该是比不匹配条件下更为合理的设计,能够实现刺激和反应的相容。

因此将汉语拼音的声母和韵母分别安排到左手和右手的和弦键盘应在学习速度和输入速度上都快于将码元随机分配的方式。

根据显著特征编码原则将汉语拼音的声母和韵母分别映射于左手和右手有利于提高输入速度,但是最优绩效是出现在左手对应声母右手对应韵母条件下还是左手对应韵母右手对应声母条件下并不清楚,因此本实验主要比较左声右韵键盘、左韵右声键盘和随机匹配键盘在基本掌握的水平下的汉语拼音字母和汉语拼音单字的反应时和错误率。

## 2 实验方法与结果

### 2.1 实验材料

1988年科学出版社出版的《汉字信息字典》中,汉语拼音方案所包含的字母共45个,其中声母23个韵母22个。和弦键盘编码表,其中两个显著特征编码组为声韵母分配到不同的手,两个组互为镜像;随机编码组是将与显著特征编码组相同和弦编码和拼音字母随机对应。汉语拼音单字58个,选自《计算机文字录入处理元技术等级考试题解》。

### 2.2 实验方法

大学一年级学生60人作为被试,男性女性各占一半,年龄18-20岁,视力正常或矫正正常,没有和弦键盘使用经验,但是有QWERTY键盘使用经验,每位被试已经上过计算机基础课程,有至少50小时的上机经验。参加实验的被试有报酬。

实验仪器为486 PC计算机、彩色显示

器和QWERTY键盘。和弦键盘采用QWERTY键盘上的十个键模拟,其中左手键为(由左至右顺序)左SHIFT, Z, X, C, SPACE五个键,右手键为(由左至右顺序)右Ctrl, Delete, End, Page down, 7五个键。实验时被试距显示器60cm,实验程序由研究人员编制,计算机时钟精确度为1ms。

本实验为单因素组间设计,被试被随机地分配到三个组,每组20人,分别为左声右韵组(第一组)、左韵右声组(第二组)和随机匹配组(第三组)。实验分成学习和测试两个阶段。第一阶段为学习和拼音字母测试阶段。由于学习量比较大,学习过程分步进行。全部材料被分成I, II, III三个组,学习过程为I, II, I+II, III, I+II+III。学习时被试首先阅读指导语和和弦编码表,然后上机练习。上机练习过程为在呈现指导语后计算机发出提示音,然后显示汉语拼音字母,要求被试尽快按下字母对应的键位,如果正确刺激消失;500ms后第二次测试开始。如果反应错误,计算机发出错误警告音,刺激不消失直到被试输入正确的键位。字母为随机呈现,每一个练习组通过的标准为连续两遍全对;最后以I+II+III组的最后一次全对的测试结果为测试成绩。

第二阶段为拼音单字测试部分。在提示音出现后呈现汉语拼音单字,被试通过按键进行反应。与前一部分不同的是被试对一个单字必须有至少两次按键。要求被试在保证正确的同时尽快输入。每一次被试反应后计算机记录反应时和被试输入的内容,然后进入下一个刺激,不对被试的反应作任何反馈。刺激按事先排好的顺序呈现,全部材料呈现完后,实验结束。

### 2.3 实验结果

#### 2.3.1 单字母反应时

各组平均反应时结果见表1。对各组数据进行ANOVA检验,表明主效应(分组因素)作用不显著,即不同的键盘设计方案对反应时没有显著影响, $F(2, 57)=0.8412, p=0.4365$ 。

表1 单字母反应时平均数和标准差

实验组	每组有效被试数	平均数 (ms)	标准差
左声右韵组	20	3237.81	1457.17
左韵右声组	20	2829.96	952.03
随机匹配组	20	3390.26	1719.23

## 2.3.2 拼音单字的反应时和错误数

## &lt;1&gt; 反应时

各组平均反应时见表2。对所有被试的反应时进行 ANOVA 检验,表明主效应作用显著,不同的设计对单字输入有显著影响,  $F(2, 57)=5.96, p<.01$ 。进行 LSD Post Hoc 分析表明,左声右韵组和左韵右声组之间没有显著差异,随机匹配编码组的反应时显著长于两个显著特征编码组。结果见表3:

表2 拼音单字反应时的平均数和标准差

实验组	有效被试人数	平均数 (ms)	标准差
左声右韵组	20	2562.74	1143.22
左韵右声组	20	2202.06	697.80
随机匹配组	20	3340.91	1272.46

表3 拼音拼音单字反应时 post hoc 检验结果矩阵

p 值	左声右韵组	左韵右声组	随机匹配组
左声右韵组	---	.2894	.0247*
左韵右声组	.2894	---	.0013**
随机匹配组	.0247*	.0013**	---

注: \* 表示  $p<.05$  \*\* 表示  $p<.01$

## &lt;2&gt; 错误数

各组被试错误数见表4。对各组结果进行 ANOVA 分析,表明主效应(分组)不显著,  $F(2, 57)=.065, p=.937$ 。

表4 拼音单字平均错误数和标准差

实验组	被试人数	平均数	标准差
左声右韵组	20	12.90	9.18
左韵右声组	20	12.15	6.96
随机匹配组	20	12.10	7.26

## 3 讨论和结论

本阶段对拼音和弦键盘输入拼音字母和拼音单字的比较研究,表明了刺激-反应相容性对输入过程存在显著的影响。在单字母输入测试部分,三个实验组的反应时没有显著差异,处于同一训练水平;而在单字输入测试中显著特征编码组却出现了反应时的优势,在两个测试任务中间被试没有经过休息和练习。这两个测试任务的差异在于单字由多个字母组成,被试需要输入多个字母,在字母输入过程与字母输入过程之间存在着相互影响,例如对于“zhang”,被试要先输入“zh”再输入“ang”。在按照显著特征编码原则将声母和韵母这一显著特征与左右手分配形成对应后,整个输入过程达到了刺激-反应相容,从而出现了本实验的结果。

本实验中所表现的刺激-反应相容性为跨通道的刺激-反应相容性。按照 Fitts 实验的结果,对左右空间信息的刺激的最优反应匹配为右手对右侧刺激反应,左手对左侧刺激反应;本实验中拼音的呈现方式全部为左侧为声母右侧为韵母,两种反应方式左声右韵和左韵右声的反应时和错误率都没有显著差异,只是和随机匹配编码组有显著差异;这表明被试将视觉呈现的刺激转化为语音编码。

关于左声右韵和左韵右声两种编码方式哪一种更为相容的问题,本实验的结果显示,两组的平均数有差别但是并不显著,支持两者相同。但是本实验的数据是在被试基本掌握和弦键盘基础上的,随着被试熟练程度的提高,不排除左声右韵编码和左韵右声编码两种条件下的反应时有出现差异的可能。

在易学性方面,两个显著特征编码组的最长学习时间为3小时,最短学习时间为1.5小时;随机匹配编码组最长学习时

间为 6 小时, 最短为 3.5 小时, 表明显著特征编码在使输入过程达到刺激-反应相容的同时也使易学性增加。

本研究的结果表明, 刺激-反应相容性对于键盘输入任务有显著影响, 在拼音输入过程中表现为跨通道的相容性。在基本掌握的水平上, 基于显著特征编码原则的

和弦键盘在反应时上优于随机匹配编码组, 错误率上和随机匹配编码组没有显著差异, 显著特征编码组学习速度快于随机匹配编码组; 采用显著特征编码的左声右韵和左韵右声组在基本掌握的水平上, 反应时和错误率上没有显著差异。

#### 参考文献

- 1 Beddoes M P. and Hu Z. A Chord Stenography Keyboard: A Possible Solution To the Learning Problem in Stenography. IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, 1994, 24(7): 953-960
- 2 Gopher D, Raji D. Typing With a Two-Hand Chord Keyboard: Will the QWERTY Become Obsolete? IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, 1988, 18(4):601-609.
- 3 刘艳芳, 张侃. 刺激-反应相容性的度量与运用. 心理学报, 1996, 29(1):91-96.
- 4 Proctor R, Dutta, Kelly, & Weeks. Cross-modal Compatibility Effects with Visual-Spatial and Auditory-Verbal Stimulus and Response Sets. Perception & Psychophysics. 1994, 55:42-47.
- 5 Dutta A, Proctor R. Persistence of Stimulus-Response Compatibility Effects with Extended Practice. Journal of Experiment Psychology: Learn. Memory and Cognition, 1992, 18:801-809.
- 6 Callaghan, T.F. Differences in Execution Times of Chords on the Ternary Chord Keyboard. Proceedings of the Human Factors Society 35<sup>th</sup> Annual Meeting, 1991, 857-861.
- 7 Noyes, J(1983). Chord Keyboards, Applied Ergonomics, 14, 1, 55-59.
- 8 Noyes, J(1983), The QWERTY Keyboard: A Review, Journal of Man-Machines Studies, 18, 265-281.
- 9 刘艳芳等, 和弦键盘及其工效学研究, 人类工效学, 1997, 3(3):47-49.
- 10 牟伟民等. 键盘种类及其评价的工效学指标, 人类工效学, 1997, 3(2):48-52.
- 11 牟伟民等. 基于相容性的汉字和弦编码的设计和实验研究, 心理学报, 1998, 30(1):93-100.

## Abstract

Stimulus-Response Compatibility is a key concept in human-machine interaction. It is proved that to map stimulus to response according to salient-feather coding principle will get a compatible pair. In the designing of Chinese Pinyin Code inputting devices, stimulus-response compatibility will bring the device with feathers of ease of use and ease of learning.

In this research, Response time and error rates of two designs of salient-feather coding principle and one design of random mapping were tested. Cross-modal Compatibility Effects were found, and no significant difference between two salient-feather coding types, both on response time and error rates; but response time has shown difference between salient-feather coding designs and random mapping design.

**Key Words:** Stimulus-Response Compatibility Salient-Feather Coding Principle Cross-Modal Compatibility Effects Chord Keyboard QWERTY Keyboard

# 附录 A 和弦键盘编码表

## A1 左声右韵组

### I

z			e		
c			i		
s			ang		
r			ong		
u			eng		
zh			ing		
ch			ao		
sh			ai		
a			ei		
o			ie		

### II

b			ui		
p			ou		
m			iu		
f			ue		
d			er		
t			un		
n					
l					

### III

g			y		
k			w		
h			an		
j			en		
q			in		
x					