30卷 1期
1998年1月

心 理 学 报
ACTA PSYCHOLOGICA SINICA

Vol.30 No.1
Jan., 1998

基于相容性的汉字和弦编码的设计及实验研究[1)]*

牟炜民 刘艳芳 张 侃

(中国科学院心理研究所,北京,100012)

摘 要 本研究提出了一种汉字和弦键盘的编码方案(心工码),比较了在三种编码规则下对汉字和弦键盘编码方法的学习和操作。实验发现利用汉字笔形与和弦组合的空间表象相容性的编码方法,在学习的速度、反应的正确性和反应时上,都优于随机编码方法。结果表明:基于表象相容性的汉字笔形和弦键盘将是汉字输入的又一个有效途径。

关键词 相容性, 和弦编码, 汉字输入, 心工码。

分类号: B849

1 问题的提出

1.1 和弦键盘的研究

键盘是目前计算机的主要输入设备,目前使用最广的是标准键盘,这种键盘又称为QWERTY键盘。近几十年,QWERTY键盘受到和弦键盘(chord-keyboard)的挑战[1]。和弦键盘是多键一码的键盘,输入一个信息单元必须同时按下一个或几个键,就象钢琴演奏和音一样,所以称为和弦键盘[2]。

和弦键盘有几个特点:1.只要少量的键就能代表标准键盘上的所有键,比如五个键的和弦键盘就有31个不同的和弦码,由此可见和弦键盘空间要求较低,体积减小,键的数量减少,操作者的手指不需在大量的键间来回移动从而减少操作者的疲劳,并提高了输入速度;2.既可用双手操作,也可用单手操作。

多年以来,许多关于和弦键盘在输入英文等拼音文字文本的研究表明,这是一种易学高效的键盘[3—7]。和弦键盘被认为是一种很有前途的输入设备[1]。

1.2 相容性原理在键盘编码中的应用

自Fitts 1953年提出刺激-反应相容性(stimulus-response compatibility)的概念以来,这一原则已成为人-机系统设计应遵循的一个重要原则。不少研究表明:刺激和反应之间的相容性影响着人们对刺激-反应的信息加工,既决定了学习或建立刺激和反应对应关系的时间,同时也影响了对刺激作出反应的正确性和反应时[8]。

---

1) 本文初稿收到日期:1997-05-09,修改稿收到日期:1997-08-01。

* 本研究获得国家自然科学基金的资助。

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.c

Gopher利用希伯莱(Hebrew)字母和和弦键盘的空间对应关系开发了一种四键的Hebrew字母和弦键盘,研究发现基于希伯莱字母字形的编码不仅利于学习,还能有效防止遗忘,只需几小时练习就能达到盲打。此研究表明运用希伯莱字母的空间表象与键盘和弦的相似性或相容性,可以有效地提高对键盘编码的学习和操作[9]。

1.3 汉字输入技术的现状

汉字输入技术经过几十年的研究,已取得很大成绩。目前运用标准键盘,将汉字进行编码输入仍是汉字输入计算机的主流方法。这一方法是把汉字的字、词信息拆分成码元,投射到QWERTY键盘上的各键上[10],通过敲击QWERTY上的各键输入汉字。

这种方式有以下几个缺点:1. QWERTY键盘作为西文输入设备,其设计的不合理性早已被工效学家们证明。如果现在把QWERTY键盘作为汉语输入的标准,等于背上西方国家想扔都扔不掉的包袱。2. 要输入汉字,必须先学会QWERTY键盘各键的分布位置,而学会QWERTY键盘的盲打需要大量的训练。3. 各种形码输入法的码元和QWERTY上的各键的映射关系可以说完全是强行规定的,没有任何的内在联系,换句话说码元和键元的相容性趋向于零。这就大大加重了汉语输入的记忆负荷。

由此可见,使用标准键盘对汉字进行编码输入未必是运用键盘输入的唯一方法,尝试使用国外研究开发的其他优于标准键盘的键盘,可能是解决汉字输入的一种有效途径。

1.4 研究目的

汉字是象形文字,包含丰富的图形信息,而人具有较强的图形信息加工能力,充分利用人的图形信息加工的能力和汉字丰富的图形信息,是改善汉字输入的有效方法。和弦键盘各键组合的空间排列具有一定的图形特征。本研究将探讨运用和弦键盘来输入汉字的问题,试图利用汉字笔形表象与和弦键盘组合的空间相容性,设计出汉字和弦键盘的编码方案,并通过实验考察比较这一编码方法与其他编码方法的学习和操作,从而探讨汉字形码和弦键盘的可行性和有效性。

2 汉字和弦键盘的编码方案(心工码)

2.1 汉字和弦键盘

本研究中的汉字和弦键盘是有五个键的和弦键盘,各键的布局如图1。

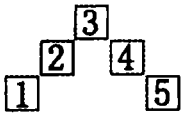


图1 汉字和弦键盘键位图

对于右手操作者,键1,2,3,4,5分别由拇指,食指,中指,无名指,小指操作;对于左手操作者,键5,4,3,2,1分别由拇指,食指,中指,无名指,小指操作。

2.2 汉字笔形

使用饶氏笔形输入法[10]的全部十六种笔形作为汉字笔形的码元。

2.3 汉字和弦键盘和汉字笔形的对应规则

在编码和表象相容性理论的指导下,根据饶氏笔形的空间特征与和弦键盘各键的空间排列的相似性,把十六种笔形对应到和弦键盘的十六个和弦按键组合上,设计了心工码(心理所工程心理实验室设计,故称心工码)。对应规则如图2。

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.c

码	笔名	笔形	码	笔名	笔形
■□□□	点	丶	□■□□	提	亻
□□□■	横	一	□■■□	横弯勾	乃
□■□□	竖	丨	□■■□	广	广
■■□□	撇	丿	□■□□	竖勾	亅
□■■□	方	口	■■□□	角	厶
■□□■	折	乙	□□■■	十	十
■□■□	竖弯勾	乚	■■■■	丰	丰
□■□■	拔	乀	■□■□	捺	乀

图 2　<心工码>输入笔形的键位分布图(涂黑各键为码)

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.c

3 实验研究

3.1 实验材料

3.1.1 三种编码规则

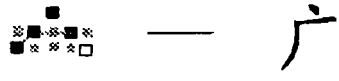
● 基于相似性的规则。

相似性的规则就是上述心工码的编码规则，比如，笔形“广”和汉字和弦键盘有以下对应关系：

和弦键盘的键1，2，3，4涂黑，表示同时按下这四键输入笔形“广”。

● 基于相似性并有相似性线索的规则。

和基于相似性的规则相同，根据饶氏笔形的空间特征与和弦键盘各键的空间排列的相似性，把十六种笔形对应到十六个和弦按键组合上，但另外明确给出相似性的线索。比如，笔形“广”和汉字和弦键盘有以下对应关系：



和弦键盘的键1，2，3，4涂黑，表示同时按下这四键输入笔形“广”，灰色的框和线提供了笔形与和弦组合相似性的线索。

● 随机匹配的规则。

十六种笔形和上述规则中所用的十六种和弦组合随机配对，比如，笔形“广”和汉字和弦键盘有以下配对关系：

和弦键盘的键3，4涂黑，表示同时按下这两键输入笔形“广”。

3.1.2 汉字笔形和弦键盘的三种输入方法

使用饶氏笔形输入法[10]的全部十六种笔形，分别采用上述三种编码规则，形成对应的三种输入方法。

3.2 实验方法

66名大学生被试，年龄17—24岁，视力或矫正视力正常。随机分成三组，每组22人，分别学习上述三种编码方法。所有实验，被试都用优势手作按键反应。

实验分为三个阶段：

3.2.1 汉字和弦键盘的按键练习

本阶段目的在于训练被试操作和弦键盘，掌握和弦组合的正确按键反应。三组被试接受相同的训练。

在计算机屏幕上呈现排列方式和汉字和弦键盘完全一致的五个白框，其中有某些框被涂黑，要求被试按下涂黑框的对应键，如果同时有几个框涂黑，则要求同时按下对应的几个键。

每轮练习时，依次呈现上述规则中所用的16种键的和弦组合，呈现次序随机。每种和

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.c

弦组合模式呈现 3 秒钟，被试必须在这段时间内完成正确按键反应，即同时按下组合中涂黑的键，否则算错。每轮练习后，被试可休息片刻。学会的标准为连续两轮反应完全正确，被试只有达到此标准，才能进入下一阶段实验，本阶段记录被试达到学会标准的练习遍数。

3.2.2　汉字和弦键盘编码方法的学习

本阶段目的在于考察三种和弦编码方法的学习情况。

首先，让被试学习打印在纸上的和弦键盘和汉字笔形的对应规则，不同组的被试学所在组的规则，如实验材料部分所示。学习两分钟。

接着，开始实际操作反应。每轮学习时，在计算机屏幕上部按随机次序呈现 16 个汉字笔画，每笔画呈现时间 3 秒钟，被试必须在此期间，根据刚学过的汉字和弦组合与汉字笔形的对应规则，按对应的组合键，否则算错。如果反应正确，在屏幕的下部呈现“正确”，否则将给出正确的按键反应模式，让被试继续学习。每轮学习后，被试可休息片刻。一共进行 16 轮学习。本阶段记录被试每次反应的正确性。

3.2.3　汉字和弦键盘编码方法的测试

在计算机屏幕上部呈现汉字笔画，每笔画呈现时间 3 秒钟，要求被试在此期间，根据刚学过的汉字和弦编码方法，又快又正确地进行按键反应，否则算错。

16 个汉字笔画各呈现 8 次，一共 128 次，呈现次序随机。由计算机记录每次反应的正确性和反应时。

3.3　实验结果

3.3.1　汉字和弦键盘的按键练习阶段

66 位被试，达到连续两遍全对的学习遍数的统计：

中数为 13.5 遍，最大值为 38 遍，最小值为 4 遍。每遍练习所需时间为 2 分钟。所以一半被试不到半小时就学会汉字和弦键盘的操作。

3.3.2　汉字和弦键盘和汉字笔形的对应规则的练习阶段

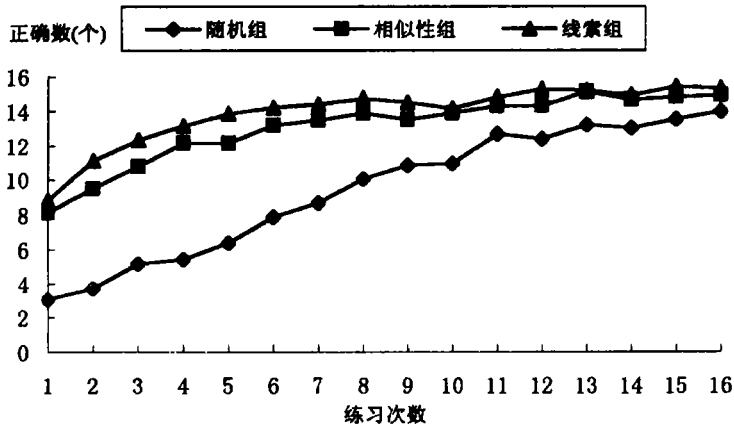


图 3　三组被试使用不同和弦编码的练习曲线

用 SPSS 6.13 重复测量的 MANOVA 过程统计分析得到以下结果：

MANOVA 的 TREND 统计分析得到，线索组和相似性组的练习曲线的趋势没有显著

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.c

差异($F(15,28)=0.77263, P>0.05$)。

相似性组和线索组16次练习正确数的平均值没有显著差异($t(63)=-1.71241, P>0.05$),但从图3看,16次练习中,线索组的正确数都稍高于相似性组的正确数。

以练习中第1次正确个数和后面所有遍的正确个数平均数的差异小于1个,为练习达到稳定的标准。相似性组和线索组在第7遍时达到稳定,第7遍的正确个数和后面所有遍的正确个数平均数的差异小于1个,差异值分别为-0.85个,-0.50个,$BONFERRONI_{15}$0.95的置信区间分别为(-2.2107,5.0836),(-1.8643,0.85813)。随机组在第11遍时达到稳定,第11遍的正确个数和后序所有遍的正确个数平均数的差异小于1个,差异值为-0.51个,$BONFERRONI_{15}$0.95的置信区间为(-1.76146,0.73241)。

随机组的16次正确率的平均值显著低于相似性组的16次正确率的平均值,(差值为-3.61,$t(63)=-7.45955, P<0.001$,$BONFERRONI_2$ 0.95的置信区间为(-4.726,-2.501))。

3.3.3 汉字和弦键盘和汉字笔形的对应规则的测试阶段

测试的结果见表1。

表1 三组被试在测试时的反应时和错误率

	反应时(毫秒)	正确数(个)
随机组	1055	112
相似性组	875	117.6
线索组	854	116.6

(正确数的总数为128个)

以正确率和反应时为因变量,用MANOVA过程分析三组被试的差异。结果如下:

相似性组和线索组正确率的平均值没有显著差异(差异量为1个,$t(63)=0.35196$, $P>0.05$,$BONFERRONI_3$0.95的置信区间为(-5.52407,7.52407));随机组和相似性组正确率的平均值差异不显著(差异量为-5.6363636个,$t(63)=-1.98380$, $P>0.05$,$BONFERRONI_3$0.95的置信区间为(-12.16043,0.88770))。

随机组和相似性组反应时的平均值差异显著(差异量为180.63毫秒,$t(63)=6.35429$, $P<0.001$,$BONFERRONI_3$0.95的置信区间为(115.36822,245.92958))。相似性组和线索组反应时的平均值差异不显著(差异量为21.1毫秒,$t(63)=0.74047$, $P>0.05$,$BONFERRONI_3$0.95的置信区间为(-44.22941,86.33195))。

4 讨 论

4.1 汉字和弦键盘的按键练习

练习时,要求被试眼睛不要看键盘,被试平均只需半小时就能学会无需视觉监督下的按键操纵,主要是因为一个手指只需操作一个键,每个手指固定在对应键上,无需象操作标准键盘一样,手指要作空间定位移动,此结果表明和弦键盘的操作较易掌握。

4.2 汉字和弦键盘和汉字笔形的编码方法的学习

在学习过程中,相似性组和线索组的正确率高于随机组的正确率;相似性组和线索组比随机组较早达到练习的稳定状态,即较早学会对应编码规则。这说明笔形的空间特征和各键的空间排列的相似性有助于学习它们之间的匹配规则,即运用笔形与和弦组合的

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.c

空间表象相容性，可以较好地促进学习它们的对应规则。

相似性组和线索组在学习曲线上没有显著差异，说明基于笔形的空间特征与和弦组合空间排列的相似性的编码规则非常有效，这一编码规则简明易学，甚至不需要有关线索的帮助提示。

4.3 汉字和弦键盘和汉字笔形的编码方法的测试

三组被试在正确性上没有显著差异，说明三组被试都已掌握了笔形与和弦组合的对应规则。而相似性组和线索组的反应时显著低于随机组的反应时，说明笔形的空间特征和汉字和弦键盘各键的空间排列的相似性有助于对笔形的反应选择，即运用笔形与和弦组合的空间表象相容性，不仅可以较好地促进学习它们的对应规则，而且有利于对编码反应的信息加工，提高了加工的效率，缩短了反应时间。

4.4 结　论

本研究探讨了运用和弦键盘来输入汉字的问题。研究表明和弦键盘的操作较易学习掌握，通过约一小时的训练，可以正确地使用和弦键盘来输入汉字笔形，这提示我们和弦键盘应是汉字输入的一个有效设备。同时本研究运用了汉字笔形与和弦组合的表象空间相容性，设计出一种汉字和弦键盘的编码方法，即心工码，通过实验比较了这一编码方法与随机编码方法的学习和操作，结果表明：汉字笔形与和弦组合的空间表象相容性不仅有利于对应规则的学习，而且促进了测试中的反应速度，符合刺激-反应相容性对信息加工的影响。这一结果证明：充分利用汉字的图形特点，并采用和弦组合的空间特征，使用表象相容性原则，设计汉字字形编码输入方法，将是汉字输入的又一有效途径。从实验结果来看，心工码具有简单易学的特征，并且和弦键盘本身具有既体积小空间少、可适用于某些特定场合下的优点，使本研究成果具有较大的运用前景。

但由于本研究没有涉及汉字的整字输入，所以不能评估和弦键盘的汉字输入速度，也不能具体比较汉字和弦键盘的汉字输入和 QWERTY 键盘下的各种汉字输入的差别，这将是我们今后进一步研究的课题。

参　考　文　献

1 牟炜民，刘艳芳，张侃。键盘的种类及评价的工效学指标。人类工效学，1997，3(2)：48—52。

2 Noyes J. Chord Keyboards. Applied Ergonomics, 1983, 14: 55—69.

3 Conrad R. A standard typewriter versus chord keyboard —— An experimental comparison. Ergonomics, 1965, 8: 77—88.

4 Kroemer H E. Performance on a prototype keyboard with ternary chorded keys. Applied Ergonomics, 1992, 23: 83—90.

5 McMulkin M L. Usability of a one-hand ternary chord keyboard. Applied Ergonomics, 1994, 25: 177—181.

6 Beddoes M P. chord stenography keyboard: a possible solution to the learning problem in stenography. IEEE Transactions on systems, man, and cybernetics, 1994, 24: 953—960.

7 Gopher D. Typing with a two-hand chord keyboard: will the QWERTY become obsolete? IEEE Transactions on systems, man, and cybernetics, 1988, 18: 601—609.

8 刘艳芳。S-R相容性：概念、分类、理论假设及应用。心理科学，1996，28(2)：105—109。

9 Gopher D. Development of the letter-shape keyboard: a new approach to the design of an entry devices. Proceedings of the human factors society 23rd annual meeting——1979,1979: 40—44.

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.c

10 陈一凡，胡宣华。汉字键盘输入技术与理论基础。北京：清华大学出版社，广西：广西科学出版社，1994：140—143。

THE COMPATIBILITY OF CHORDS AND IMAGERY ON INFORMATION PROCESSING——A PROPOSAL AND EXPERIMENT USING A CHORD CODE TO INPUT CHINESE CHARACTERS

Mou Weimin Liu Yanfang Zhang Kan

(*Institute of Psychology, Chinese Academy of Sciences, Beijing,* 100012)

Abstract

A chord code for inputting Chinese characters into the computer was proposed. It capitalized on the compatibility of the imagery of Chinese character and chord combination of keys. A chord code based on a graphic image of Chinese characters was better than a code which randomly maps Chinese characters onto chord combination of keys with respect to the learning time, errors and reaction time.

Key words compatibility, chord code, Chinese character inputting, XINGONG code.

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.c