心 理 学 报
第2期 ACTA PSYCHOLOGICA SINICA 1990年

图形辨别的负荷实验研究* **1)

方俐洛 高 晶
中国科学院心理研究所，北京

摘 要

本实验用IBM PC/XT计算机对30名青年人和9名中年人进行图形辨别负荷实验。结果表明：(1)同时呈现的图形数量（任务困难度）、允许辨别的时间（时间忙碌程度）和年龄都是影响被试业绩的因素。(2)在需辨别的图形数较多且有辨别速度要求的任务中，不宜选用中年人。(3)通过实验求出青年人图形辨别经验公式$Y=De^{B/x}$，$D(N)=183.1441-2.3206N+0.0249N^2$，$B(N)=-2.0379-0.1427N+0.0008N^2$。据此公式可求出在此情境下，对一定数量的图形(N)，在一定时间限定内(X)的图形正确辨别率(Y)。

前 言

随着生产自动化程度的提高，人-机系统越来越复杂，人们处于要求更高的监管地位。于是，近十多年来，国际上对心理负荷的研究越心来越多[1-2]。理负荷是一个包括心理、生理及社会内容的综合性概念。工程心理学研究心理负荷的目的，在于使它保持在操作者所能承受的范围之内，使操作者既能取得良好的业绩，又能保证安全、健康和舒适。为此，本文作者拟在实验室探求人在知觉、记忆、思维、运动等方面的负荷水平，以期为任务设计提供依据；并编制各种计算机测试程序，以用于操作员的选拔及考核。

图形辨别是一项古老的实验心理学课题，大量研究涉及形状识别阈限、图形"良好性"的客观测量、形状知觉过程分析、特征抽取及空间频率分析等[3-6]。

图形辨别又是一项应用性课题，它广泛地应用于生产活动及日常活动中。这种研究对航标、路标等的设计，对机器自动识别系统的设计，对各类驾驶员及雷达屏监视员的选拔和训练等都有重要的实用价值。目前应用于能力测验和雇用选拔上的图形辨别测验，一般用的是纸笔测验。它可得出被试者在一定时间内完成图形辨别的数量，却无法得出被试者搜寻并辨认一定数量图形中的每一个图形需用多少时间。在关于图形辨别的实验研究中，我们很少见到关于图形搜寻辨别的负荷实验，亦即，对一定数量的图形在一定时间限定内，被试者能正确辨认的图形数。这两个问题正是本实验所要探求的。除此，本实验还对年龄及性别变量进行探讨，比较青年人和中年人在图形搜寻及辨别中的差异。

---

* 此研究为国家自然科学基金会资助项目。
** 本研究中所用计算机程序的设计及经验公式的推导得到中国科学院计算所温德山和系统所施国芳同志大力协助，特此鸣谢。
1）本文于1988年8月4日收到。

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

实 验 方 法

一、被试者

青年组被试者年龄为18—27岁。按对计算机键盘的熟悉程度又分为两组：一组为熟悉键盘青年组，共15名（男7名、女8名），他们都有一般的操作计算机的经验；另一组为一般青年组，共15名（男8名、女7名），他们基本上没有接触过计算机键盘或英文打字机键盘。

中年组被试者共9名（男5名、女4名），年龄为38—50岁，一般无计算机操作经验。

所有被试者文化程度均在高中三年级以上。

二、实验设计

实验用IBM PC/XT机进行，实验完全由计算机程序控制。

1.实验刺激及反应

实验用的辨别图形共40个，我们称之为刺激图形（如图1左边所示）。40个刺激图形在实验中，按实验要求随机呈现在屏幕左边。刺激图形呈现时按阿拉伯数字排列。在屏幕右边呈现完全相同数量的相同图形，然而排列次序完全不同，而且用不同的代码，我们称之为反应图形（如图1右边所示）。

实验要求被试者按左边的刺激图形顺序地、逐个地在右边寻找与之在形状上完全相同的反应图形，尽快地并准确地按下与反应图形相应的键盘作出反应。右边反应图形的代码共40个，包括26个英文字母，1—9的阿拉伯数字（零除外，以免与英文字母O相混），和－、＝、／、＼、；五种符号。

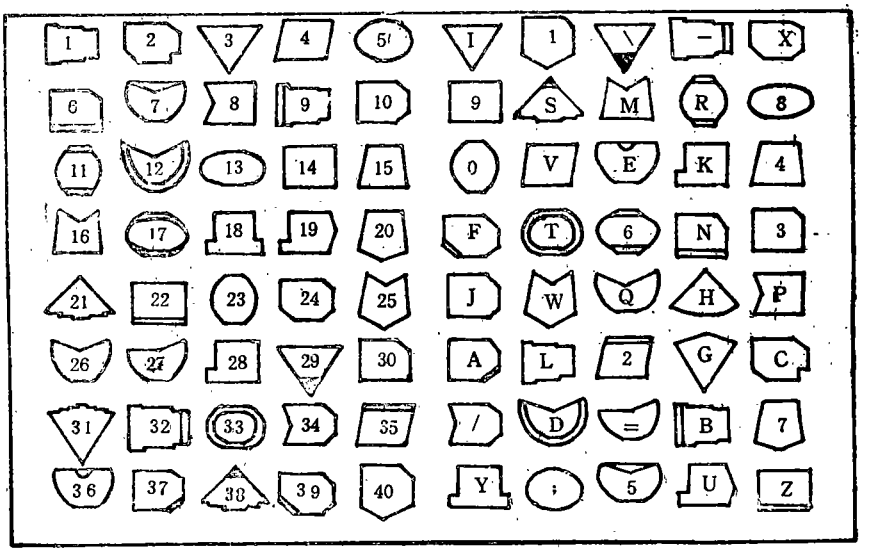

图1　实验的刺激及反应图示

现以图1为例详述本实验要求。实验开始，在计算机屏幕上呈现如图1的图形。被试应该按刺激图形顺序地“辨”认相同的反应图形。刺激图形1的相应的反应图形是屏幕右边的第6行中间标有符号L的图形，被试应尽快按下键盘上的字母L；刺激图形2的对应反应图形是第6行标有符号C的图形，被试应尽快按下C键盘，作出反应。以此类推。

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

被试者的实验成绩由计算机记录，并打印出来，记录包括：辨别每个图形的正或误，辨别图形实际所用时间，作业的错误率包括错误辨别和超时。

2.实验变量

本实验取三种变量。

(1)同时呈现的图形数量：实验取同时呈现10个，25个，40个三种图形呈现形式。

(2)允许辨别时间：经过预试，对每种同时呈现图形数量各取5种允许辨别时间：呈现10个图形时允许辨别时间取1″，2″，3″，4″，5″；呈现25个图形时允许辨别时间取2″，4″，6″，8″，10″；呈现40个图形时间取3″，6″，9″，12″，15″。

(3)年龄与性别差异。

青年组与中年组比较。中年组的三种呈现图形数量各取3种允许辨别时间：呈现10个图形允许辨别时间为1″，3″，5″；呈现25个图形允许辨别时间为2″，4″，6″；呈现40个图形允许辨别时间为3″，9″，15″。

两个青年组中的男性被试(15名)与女性被试(15名)的成绩进行比较。

3.实验次序设计：

熟悉键盘青年组和一般青年组各有15名被试，每名被试进行15次实验。实验取15×15矩阵设计，构成15种实验组合：同时呈现图形数—允许辨别时间，即10—1，10—2，10—3，10—4，10—5，25—2，25—4，25—6，25—8，25—10，40—3，40—6，40—9，40—12，40—15。每种图形的每种允许辨别时间在15名被试的15次实验序列中各占一次，以排除次第及练习的影响。中年组9名被试，用三种图形数，每种图形数各取三种允许辨别时间，构成9×9矩阵排列。9种实验组合为，10—1，10—3，10—5，25—2，25—6，25—10，40—3，40—9，40—15。

三、实验程序

1.实验前训练。在正式实验前，在计算机屏幕的左、右两边各呈现15个图形，令每名被试进行充分的实验前训练，直到被试者完全明白实验程序、实验要求和做法为止。然后进行正式实验。

2.每次正式实验前，均将该次实验的图形数及允许的反应时间告诉被试。

3.青年组每名被试一次完成15个实验组合，共需约1小时15分，每两个试验中间休息2分钟。中年组每名被试一次完成9个实验组合，共需约1小时，每两个试验间休息2分钟。

结果及讨论

一、图形正确辨别率的比较

熟悉键盘青年组(Ⅰ)，一般青年组(Ⅱ)和中年组(Ⅲ)的图形正确辨别率曲线绘成图2。

从图2可以看到：(1)同时呈现的图形数越多，被试为达到一定的辨别率所需用时间越长。如在正确辨别率为50%时，熟悉键盘青年组被试在辨别同时呈现的10个图形时所需辨别时间为2.6秒，而辨别同时呈现的40个图形时所需辨别时间则为6.2秒。(2)在同样的允许辨别时间上，同时呈现的图形数越多，被试的正确辨别率越低。如熟悉键盘青年组被

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

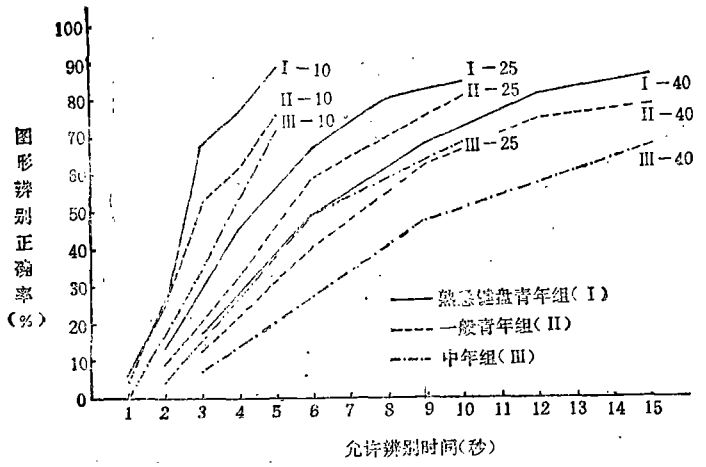

图 2　三组被试的图形正确辨别率曲线

Ⅰ—10	Ⅰ组10图	Ⅰ—25	Ⅰ组25图	Ⅰ—40	Ⅰ组40图
Ⅱ—10	Ⅱ组10图	Ⅱ—25	Ⅱ组25图	Ⅱ—40	Ⅱ组40图
Ⅲ—10	Ⅲ组10图	Ⅲ—25	Ⅲ组25图	Ⅲ—40	Ⅲ组40图

试在3秒允许辨别时间上，辨别同时呈现10个图形的正确辨别率可达68%，而辨别同时呈现40个图形的正确辨别率只有17%。(3)从每种同时呈现图形数本身来看，允许辨别的时间越短，被试的正确辨别率越低。如在同时呈现10个图形，允许辨别时间为5秒时，被试辨别的正确率可达将近90%，而在允许辨别时间为1秒时，辨别正确率不到10%。

用SPSS统计程序进行变异数分析，其中包括多距考验(Multiple Range Test)。统计结果(见表1)表明，熟悉键盘青年组和一般青年组在图形正确辨别率上虽有差异，但这种差异是不显著的。其原因或许有以下两点：第一，对于一般青年组被试来说，利用充分

表 1　三组被试的图形正确辨别率的变异数分析结果

实验组	变异数分析 F	P	多距考验	
10-1	1.8118	0.1779		
10-2	0.0135	0.9082		
10-3	5.7714	0.0067*	Ⅰ*Ⅲ	
10-4	2.8000	0.1054		
10-5	2.7983	0.0742		
25-2	3.7929	0.0320*	Ⅰ*Ⅲ	
25-4	4.6886	0.0390*		
25-6	3.4755	0.0417*	Ⅰ*Ⅲ	
25-8	4.9965	0.0336*		
25-10	3.9195	0.0288*	Ⅰ*Ⅲ	Ⅱ*Ⅲ
40-3	3.6436	0.0362*	Ⅰ*Ⅲ	
40-6	2.1327	0.1553		
40-9	7.3800	0.0021*	Ⅰ*Ⅲ	Ⅱ*Ⅲ
40-12	2.7124	0.1107		
40-15	5.2735	0.0098*	Ⅰ*Ⅲ	Ⅱ*Ⅲ

* 表示差异的显著性达到0.05水平

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

的预备练习来熟悉键盘并不是太困难的事情。第二，对于熟悉键盘青年组被试来说，他们并未受过专门的训练，对键盘的熟悉程度也是有限的，因此，两者的结果之间看不出显著性差异。

统计结果还表明，两个青年组（Ⅰ）和（Ⅱ）与中年组（Ⅲ）的成绩，在同时呈现的图形较多的情况下（25图和40图），表现出显著性差异。这种差异反应出年龄变量的影响。因此，当我们在选用辨别图形较复杂的工种的操作员时，可考虑这种年龄的差异，尽量选用年青人。

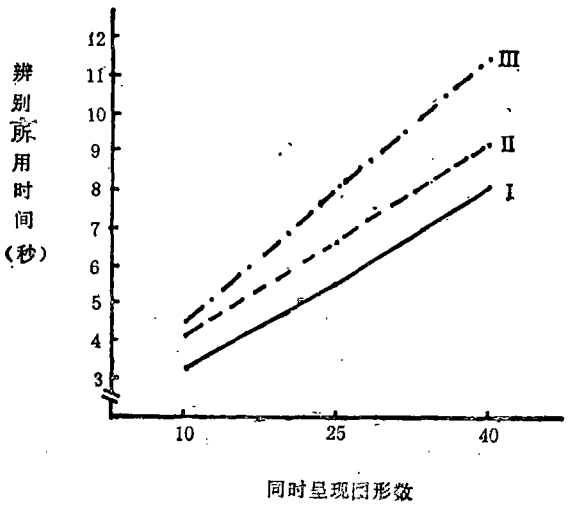

图3 三组被试辨别图形所用平均时间比较
Ⅰ：熟悉键盘青年组 Ⅱ：一般青年组 Ⅲ：中年组

我们还对熟悉键盘青年组和一般青年组中的男女被试的成绩进行T考验。结果表明，两者之间没有显著性差异。

综上所述，可以认为本实验选取的三种实验变量：同时呈现的图形数（任务困难度），亦即被试所承受的信息加工强度；允许辨别时间（时间的忙碌程度）和年龄都是影响被试业绩的因素。

二、图形辨别所用平均时间

将三组被试辨别同时呈现10个图形，25个图形和40个图形实际所用的平均时间绘成图3。

对各组数据进行变异数分析，结果表明，(1)同时呈现的图形数越多，辨别其中一个图形所用的时间越长，在同一组内被试辨别三种同时呈现图形数所用平均时间的T考验均极显著（$P<0.0001$）。(2)三组被试辨别三种同时呈现图形数所用平均时间的差异均极显著（$F_{10图}=18.56$，$P<0.0001$；$F_{25图}=12.27$，$P<0.0001$；$F_{40图}=11.90$，$P<0.0001$）。对三组被试成绩分别进行T考验的结果表明，熟悉键盘青年组被试与一般青年组被试所用平均时间之间的差异是显著的（$P<0.05$）。这表明了练习的作用。在实验以前，熟悉键盘青年组就更多地操作过键盘，因而反应时间较短。一般青年组被试与中年组被试所用平均时间之间的差异亦是显著的（$P<0.05$），这表明了年龄因素的影响。从图3中年组被试的曲线也可看到，同时呈现的图形越多，中年人辨别其中一个图形所需时间比青年人所需时间更长。故而，在辨别图形较多而又有反应时间要求的场合，不宜选用中年以上的人员。

三、青年组图形辨别经验公式

熟悉键盘青年组与一般青年组在正确辨别率上没有显著性差异，两组在性别上的差异不显著，因此，我们将此两组的被试成绩予以平均，作为青年组被试的数据，并据此绘出青年组平均正确辨别率曲线（见图4）。

依此图形看来，其形状与指数函数$\hat{Y}=De^{B/X}$（$B<0$）的图形非常相似，因此采取回归分析的方法，给这些试验结果配拟合曲线（回归曲线），得结果如下：

同时呈现10个图形的拟合曲线为：$\hat{Y}=163.0246e^{-3.3861x}$

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

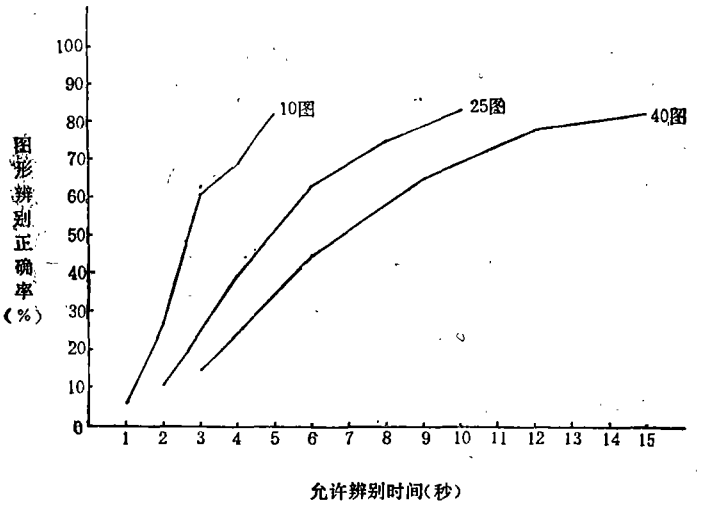

图 4　青年组（Ⅰ＋Ⅱ）被试的图形正确辨别率曲线

同时呈现25个图形的拟合曲线为：$\hat{Y}=141.2715e^{-5.1145/x}$

同时呈现40个图形的拟合曲线为：$\hat{Y}=130.7097e^{-6.4902/x}$

从以上拟合曲线可看出，指数函数的系数D和B随同时呈现的图形数而变化。现令N为同时呈现的图形数，则：

N＝10时　D(N)＝163.0246　B(N)＝－3.3861

N＝25时　D(N)＝141.2715　B(N)＝－5.1145

N＝40时　D(N)＝130.7097　B(N)＝－6.4902

由随同时呈现的图形数变化的D的三个数值，可配出D和同时呈现图形数(N)的二次曲线关系，即：$D(N)=A+B\cdot N+C\cdot N^2$

以　N＝10　25　40代入，得方程组

$$163.0246=A+10B+100C$$
$$141.2715=A+25B+625C$$
$$130.7097=A+40B+1600C$$

解之得　$A=183.2440556$

$B=-2.32064111$

$C=0.024869555$

故此二次曲线为：

$$D(N)=183.2441-2.3206\cdot N+0.0249\cdot N^2$$

同样，由随同时呈现图形数变化的B的三个数值可配得一个B和同时呈现图形数(N)的二次曲线关系，即：

$$B(N)=A'+B'N+C'N^2$$

以　N＝10　25　40代入，得方程组

$$-3.3861=A'+10B'+100C'$$
$$-5.1145=A'+25B'+625C'$$

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

$-6.4902 = A' + 40B' + 1600C'$

解之得 $A' = -2.037888889$

$B' = -0.142658888$

$C' = 0.000783777$

故二次曲线为：

$B(N) = -2.0379 - 0.1427N + 0.0008N^2$

按回归分析的理论，拟合曲线的效果好坏可用相关指数$R^2 = 1 - \frac{\Sigma(Y-\hat{Y})^2}{\Sigma(Y-\bar{Y})^2}$来衡量。$R^2$越大(越接近1)，则表明所配曲线的效果越好。

同时呈现10个图形的相关指数$R^2 = 0.9813$

同时呈现25个图形的相关指数$R^2 = 0.9958$

同时呈现40个图形的相关指数$R^2 = 0.9961$

相关指数表明，曲线拟合效果很好。

综上可得青年组被试图形辨别经验公式为：

$\hat{Y} = De^{B/x}$

$D(N) = 183.1441 - 2.3206N + 0.0249N^2$

$B(N) = -2.0379 - 0.1427N + 0.0008N^2$

式中：X——辨别图形所用时间(秒)

Y——辨别正确率

D,B——系数

N——同时呈现的图形数

e——指数

根据此经验公式，在本实验情境中可取任一个同时呈现的图形数(N)，求出青年组的辨别正确率曲线。

结 论

1.图形正确辨别率受同时呈现的图形数量、允许辨别的时间和年龄的影响。同时呈现的图形数越多，辨别其中一个图形所用时间越长，练习可以缩短辨别时间。

2.结果表明，本实验所用计算机程序可用于图形辨别的能力测验。

3.在同时呈现的图形数较多的情况下，中年人的正确辨别率明显低于青年人，而且辨别图形所用时间也明显比青年人所用时间长。因此，在需要辨别速度及辨别准确性的行业中，应注意这种年龄因素的影响。

4.从青年组的实验结果求出在本实验情境中图形辨别的经验公式为：

$\hat{Y} = De^{B/x}$

$D(N) = 183.1441 - 2.3206N + 0.0249N^2$

$B(N) = -2.0379 - 0.1427N + 0.0008N^2$

N为同时呈现的图形数

X为辨别图形所用的反应时间

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

Y为正确辨别率

据此公式可求出：任何一种同时呈现图形数的图形正确辨别率曲线。在此实验情况下，在一定时间限定内(X)，对一定数量的图形(N)的图形正确辨别率(Y)。

参 考 文 献

[1] Moray. N. (GD). Mental Workload. Theory and Measurement, New York 1979.
[2] Moray. N. Subject Mental Workload. Human, Facters 1982,24(1).
[3] 林仲贤等主编《实验心理学》(386—408页)，1987，科学出版社。
[4] 彭瑞祥《图形知觉理论与机器自认》，心理科学通讯，1964，(1)44—52。
[5] 彭瑞祥　罗胜德《主客体向不同角度倾斜时的图形再认》，心理学报，1965，(4)333—342。
[6] 彭瑞祥　林仲贤《复杂视觉图形辨认的实验研究》，心理学报，1982，14 (1)，80—87。

THE WORKLOAD EXPERIMENTAL RESEARCH ABOUT THE FIGURE DISCRIMINATION

Fang Liluo　Gao Jing

The Institute of Psychology, Academia Sinica

Abstract

This experiment was done with 30 young and 9 middle age subjects on the IBN PC/XT computer. The results showed: (1) The number of figures presented simultaneously, the discrimination time allowed and the age were factors which influenced the subjects' performances. (2) It is not advisable to use middle age persons in discrimination tasks which consist of many figures and which demand high speed response. (3) The experiential formula of figure discrimination: $Y = De^{B/X}$; $D(N) = 183.1441 - 2.3206N + 0.0249N^2$; $B(N) = -2.0379\ 0.1427N + 0.0008N^2$; was made from the results of this experiment. By using this formula we can obtain a correct discrimination rate for a certain number of figures in a certain time limite.

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