

认知负荷和控制性注意对工作记忆广度任务成绩的影响

刘 丽 李 晖

(天津商业大学心理学系, 天津 300134)

摘 要 通过 stroop 干扰实验严格筛选被试, 考察了控制性注意能力不同的被试在加工部分认知负荷不同的工作记忆广度任务中的成绩。结果表明: 任务复杂性和加工速度对工作记忆广度任务成绩有重要影响, 任务越复杂或加工速度越快, 被试的工作记忆广度任务成绩越低; 在复杂的和加工速度快的工作记忆广度任务中, 控制性注意能力高的被试成绩要好于控制性注意能力低的被试, 但在简单的和加工速度慢的任务中两者成绩没有显著差异。

关键词 认知负荷, 任务复杂性, 加工速度, 控制性注意, 工作记忆广度。

分类号 B84

1 问题提出

目前, 探讨工作记忆广度机制比较有影响的是任务转换假说和基于时间的资源共享模型。任务转换假说认为工作记忆广度任务需要被试在加工和存储任务之间来回转换注意资源, 这种转换不受有限共享资源的限制, 加工速度通过影响记忆项目可能被遗忘的时间长短来间接影响工作记忆广度成绩^[1]。基于时间的资源共享模型认为工作记忆广度任务的两个部分都需要注意资源, 这种有限的资源共享通过加工和存储之间快速流畅的转换来实现。转换受到认知负荷的限制, 认知负荷是任务复杂性和加工速度的函数。如果需要存储的项目不被注意, 这些项目的记忆痕迹就会随着时间渐渐消退, 所以更新消退的记忆痕迹需要通过利用注意资源从记忆中进行提取, 这个提取受到来自中央执行系统的注意资源的影响^[2]。

由此看出, 任务转换假说提出工作记忆广度任务不受注意资源的限制, 所以它适用于加工部分的任务不涉及认知负荷或很少需要注意资源的任务, 这时工作记忆的成绩主要受到加工和存储之间的时间间隔的影响。但当任务涉及很高的认知负荷时, 则符合基于时间的资源共享模型的假设, 即工作记忆广度任务的成绩直接受到加工部分认知负荷的影响。在两种情况下都需要注意资源在加工和存储之

间转换, 当任务不涉及或很少涉及认知负荷时, 这种转换是自动的; 而当任务涉及很高的认知负荷时, 这种转换需要控制性注意能力的参与^[3]。控制性注意是一个容量有限的注意集中机制, 它可以对信息进行控制性加工或在面对干扰或分心刺激时使注意集中在与任务相关的信息上^[4]。对于控制性注意能力好的个体, 在高认知负荷的任务中的成绩要好于控制性注意能力差的个体, 但是在低认知负荷的任务中, 两者成绩没有显著差异。而对于控制性注意能力差的个体, 他们的工作记忆广度成绩可能更多的受到认知负荷的影响。因此我们把控制性注意能力作为一个变量进行实验设计, 以考察认知负荷对工作记忆广度任务成绩的影响。

本研究设计了两个实验。实验一通过改变任务复杂性来考察认知负荷和控制性注意对工作记忆广度成绩的影响。本文预测认知负荷对工作记忆的影响在加工部分持续时间相同时也会发生; 控制性注意能力好的被试在连续计算广度任务中的成绩应该高于控制性注意能力差的被试, 而在阅读计算广度任务中没有这种差异。实验二通过改变加工速度来考察认知负荷和控制性注意对工作记忆广度任务成绩的影响。本文预测对于控制性注意能力差的个体来说, 快的呈现速度导致低的广度成绩。而对于控制性注意能力好的个体来说, 在项目提取速度变快的条件下, 可以在加工和存储之间进行控制性注意

收稿日期: 2007-7-3

作者简介: 刘 丽, 女, 天津商业大学心理学系助教, Email: liuli9879@yahoo.com.cn。

李 晖, 女, 天津商业大学心理学系教授。

的转换, 因此提取速度对他们的影响相对要小。

2 实验一

2.1 被试筛选

随机抽取的大学本科122名, 视力或矫正视力正常, 无色盲。所有的被试都进行stroop干扰任务测验, 依据被试的测验成绩取控制性注意能力高组和低组为本实验的被试。

2.1.1 stroop干扰任务测验材料

材料为以红、绿、蓝三种颜色呈现的汉字, 汉字分为两种, 一种是色词红、绿、蓝, 另一种是中性汉字慢、部、江, 笔画和词频与色词分别匹配。实验分为一致、不一致和中性实验。

2.1.2 stroop干扰任务测验程序

被试共进行180次实验。先进行18次的练习, 然后进行三部分共162次的正式实验, 每部分54次。每部分的实验中一致实验三种颜色条件下各6次, 不一致实验中每种色词与其它颜色各结合3次, 中性实验中每个中性汉字和三种颜色各结合2次, 三种条件下呈现的实验次数相等, 各18次。计算机记录所有实验的反应时和正误。每次实验开始之前在黑色背景上呈现一个黄色注视点“*”, 时间为750ms, 消失后呈现汉字, 直到被试按键反应, 500ms后呈现下一个刺激。实验要求只有在正确的按键反应以后计算机才呈现下一个项目。在实验中我们要求被试在准确的前提下尽可能快的用按键的方式判断呈现在屏幕上的汉字的颜色, 鼓励被试在任务中忽视色词的信息。

2.1.3 结果选取与分组

删除反应错误率大于15%的被试3名, 得到有效被试119名。划分控制性注意能力的指标是不一致实验和一致实验的平均反应时之差, 按从低到高排序取前27%作为控制性注意能力高的一组, 后27%作为控制性注意能力低的一组, 两组各有被试30名。t检验结果表明两组被试的平均反应时之差的差异在0.05水平上显著。

2.2 实验材料、程序和设计

实验材料为除O以外的大写英文字母和0-9的个位数字, 所有刺激在字母和数字中随机抽取。

在连续计算广度任务中, 呈现给被试数目逐步递增的字母(2-7个广度水平), 在每两个字母之间呈现连续加减3次的计算($4+1+2-1$), 需要被试正确读出数字并计算出中间结果和最后结果。每

个计算中最先呈现的数字叫做根, 然后出现三个符号—数字串运算, 符号为正号和负号, 数字为1和2, 所以符号—数字串只有四种($+1$; -1 ; $+2$; -2), 根和符号—数字串随机结合, 计算的中间结果和最后结果必须在0-9之间。被试需要进行简单的连续计算并记忆字母。在每一个广度水平上, 都要进行3组相似的测试。在每个广度水平的3次测试都完成以后, 马上进行下一个广度水平的测试, 如此递增进行, 直至结束。被试先进行充分的练习, 熟悉操作方法之后进入正式测试。正式测试共有81个连续运算和需要记忆的大写英文字母($2 \times 3 + 3 \times 3 + 4 \times 3 + 5 \times 3 + 6 \times 3 + 7 \times 3$), 这些运算和字母随机的呈现给被试。

所有的测试呈现步骤都相同: 首先要求被试注视屏幕中心的黄色注视点750ms, 消失500ms后呈现一个时间为1s的数字根, 然后是3个符号-数字串, 每个呈现时间为2s, 然后出现一个需要记忆的字母1s, 要求被试读出字母并出声的进行计算。在每组测试结束后呈现黄色“???", 这时要求被试按正确的呈现顺序回忆字母。以广度水平为2(E, T)的情况为例详细介绍测试过程: 首先进行一个计算($4+1+2-1$), 数字“4”呈现1s, 然后呈现“+1”2s, 被试需要计算出中间结果“5”, 然后呈现“+2”2s, 被试需要计算出结果“7”, 然后呈现“-1”2s, 需要被试计算出结果“6”, 然后呈现大写字母“E”, 然后进行下一个相同步骤的计算($5+2-1+1$), 随后出现第二个字母“T”。每两个字母之间的时间间隔为7s。两个字母呈现完毕, 出现黄色提示“???", 被试按顺序回忆字母。每个水平都由3组这样的测试组成。3个广度水平的测试需要被试记忆三个字母, 进行三个连续的计算。每个水平依此类推。

阅读计算广度任务与连续计算广度任务相似, 只是计算的呈现方式不同。在阅读计算广度任务中, 每个计算的答案都呈现在了屏幕上, 被试只需要正确读出呈现在屏幕上的答案就可以了。这样不是呈现2s的符号—数字串, 而是呈现1s的符号—数字串, 另1s用来呈现答案。例如, 不是呈现“ $4+1+2-1$ ”, 而是呈现“ $4+1/5+2/7-1/6$ ”。在这两个任务中, 加工部分持续时间都是7s, 但是任务复杂程度不同, 连续计算广度任务的负荷要比连续阅读广度任务负荷高。

计分方法。还以广度水平为2的情况为例。如

果3组测试被试对字母的回忆全部正确,则每个字母计1分,在这个水平的广度分数为 $2 \times 3 = 6$ 分。只要有一组测试按顺序回忆正确,就可以进入下一个水平。直到被试在某个广度水平的3组测试全部失败,则实验结束。所有水平的所有测试分数相加得到一个总分数,即工作记忆广度成绩。例如被试在2、3个广度水平的3组测试都回忆正确,4个广度水平有2组回忆正确,5个广度水平有一组回忆正确,则工作记忆广度的成绩为 $2 \times 3 + 3 \times 3 + 4 \times 2 + 5 \times 1 = 28$ 分。广度成绩的计分区间为0~81分。

采用2(工作记忆广度任务) \times 2(控制性注意能力)两因素混合实验设计,每个因素都有两个水平。工作记忆广度任务分为复杂程度不同的两个水平:连续阅读广度和连续计算广度,为被试内因素;控制性注意能力分为高低两组,为被试间因素。

2.3 结果与分析

两组控制性注意能力的被试在两种工作记忆广度任务上的成绩见表1。

表1 实验一中控制性注意能力不同的两组被试的工作记忆广度分数的平均数和标准差(单位:分)

	连续计算广度任务		阅读计算广度任务	
	M	SD	M	SD
高组	28.97	10.67	37.25	12.01
低组	20.28	10.32	37.47	14.30

对数据进行混合设计的方差分析,结果发现任务类型主效应显著, $F(1,58) = 165.34, p < 0.001$,控制性注意高低两组被试在两种工作记忆任务中的成绩都存在差异:低控制性注意组被试为 $F(1,58) = 150.55, p < 0.001$,高控制性注意组被试为 $F(1,58) = 34.98, p < 0.001$;控制性注意能力主效应不显著;两者之间的交互作用显著 $F(1,58) = 20.19, p < 0.001$ 。进一步的简单效应检验表明:两组被试在阅读广度上的成绩没有差异,在连续计算广度任务上成绩出现差异 $F(1,58) = 10.27, p < 0.01$ 。这说明任务类型对工作记忆成绩产生影响;控制性注意能力对工作记忆广度任务成绩的影响出现在高认知负荷的工作记忆广度任务中。

2.4 讨论

实验一中无论是高控制性注意组还是低控制性注意组被试,随着任务复杂性的增加,工作记忆广度任务成绩都降低。这说明当持续时间相同时,任

务复杂性对工作记忆成绩仍然有影响,加工部分的任务越复杂,工作记忆广度任务的成绩越低。这与Barrouillet和Camos^[6]的研究结果一致:当两个任务的加工部分的持续时间相同时,计算广度的成绩低于baba(简单重复baba音节)广度任务的成绩。Towse和Hitch^[6]的研究也表明被试在阅读计算广度任务和baba广度任务中的成绩没有差异。这表明连续计算广度任务要求被试不断的从长时记忆中搜索提取数字项目,而阅读计算广度任务的实质是对数字进行自动化的提取。这个结果支持了基于时间的资源共享模型的观点。

此外,控制性注意能力对工作记忆广度任务成绩的影响出现在高认知负荷的工作记忆广度任务中。连续计算广度任务需要的注意资源要多,高的控制性注意能力可以使被试在加工和存储之间进行灵活的转换,从而有更多的时间用于记忆项目的存储和更新。对于低控制性注意能力被试来说,加工和存储之间转换耗费的时间要多,用于项目存储和更新的时间要少,所以成绩差。这与假设是一致的。

在实验一中,所使用的记忆材料是大写的英文字母,这参考了国外的研究范式。但是工作记忆模型还包括从长时记忆中检索提取信息,这个过程中被试可能运用一定的策略^[7]。但是英文字母对于母语是汉语的被试来说意义很小。所以在实验二中,使用汉语两字词作为记忆材料来考察加工速度对工作记忆广度任务成绩的影响。

3 实验二

3.1 被试

参加过实验一的同一批被试在经过5~7天的间隔后继续参加实验二。

3.2 实验材料、程序和设计

材料为《现代汉语词汇频率》中的180个高频词和0~9的共10个数字。在两个工作记忆广度任务中词的频率、笔画都互相匹配,所有刺激在词和数字中随机抽取。

工作记忆广度任务是记忆词的同时出声读出呈现在屏幕上的所有词和数字。要求被试对词进行记忆,在词之间以一定的速度呈现数字,要求被试以相同的速度正确读出数字。呈现给被试两种工作记忆广度任务,两种任务条件下两个词之间的呈现的数字数目相同(10个),但提取速度不同,分别为600ms/个和1000ms/个。所以两种任务中两个词之间的间隔时

间不同, 分别为 6s 和 10s, 认知负荷也不同。

实验二的测量程序和实验一相似, 需要被试记忆的词的数目逐步增加 (2~7 个水平), 每个广度水平包括 3 组测试。只是把实验一的连续计算和记忆字母改变为数字提取和记忆两字词。所有测试的呈现步骤如下: 首先在屏幕上呈现黄色注视点 (*) 750ms, 空屏 500ms 后呈现数字 (快的加工任务中, 每个数字呈现时间为 600ms, 慢的加工任务中每个数字呈现时间为 1000ms), 连续呈现 10 个数字后, 出现词; 然后再出现 10 个连续呈现的数字; 再出现词。直到出现黄色 “???” 提示, 被试按顺序回忆词。

实验二工作记忆广度成绩的计分方法与实验一相同。

采用 2 (工作记忆广度任务) \times 2 (控制性注意能力) 两因素混合实验设计, 每个因素都有两个水平。工作记忆广度任务分为快的和慢的加工速度两个水平, 为被试内因素; 控制性注意能力分为高低两组, 为被试间因素。

3.3 结果与分析

两组控制性注意能力的被试在两种工作记忆广度任务上的成绩见表 2。

表 2 实验二中控制性注意能力不同的两组被试的工作记忆广度分数的平均数和标准差 (单位: 分)

	慢的呈现条件下		快的呈现条件下	
	M	SD	M	SD
高组	45.85	12.55	44.72	12.89
低组	41.02	14.30	34.62	14.74

对所得数据进行混合设计的方差分析, 结果发现任务类型的主效应显著, $F(1, 58) = 11.45, p < 0.005$; 控制性注意能力的主效应显著, $F(1, 58) = 4.99, p < 0.05$; 任务类型和控制性注意能力之间交互作用显著, $F(1, 58) = 5.60, p < 0.05$ 。进一步的简单效应检验发现, 两组被试在慢的提取条件下的成绩没有差异, 在快的提取条件下的成绩出现差异, $F(1, 58) = 7.89, p < 0.01$ 。控制性注意低组被试在两种工作记忆任务中的成绩存在差异, $F(1, 58) = 16.52, p < 0.001$, 而高控制性注意组被试在两种条件下的广度成绩没有差异。

3.4 讨论

实验二进一步验证了实验一的结果。在低控制

性注意组被试中, 随着提取速度增加, 被试成绩降低, 但是在高控制性注意组被试中, 不存在这种差异。这说明随着提取速度增加, 对注意的转换功能利用越多, 而低控制性注意能力被试在转换中消耗的时间相对多或者是没有时间进行转换, 因而很少或者没有时间来对记忆的词进行复述或者运用策略更新, 所以回忆成绩降低。但是对于高控制性注意能力被试来说, 他们可以很快的转换注意资源, 剩下相对多的时间来通过复述或采用策略对记忆项目进行记忆。但是在慢的提取速度下, 不管是控制性注意能力高的被试还是控制性注意能力低的被试在阅读数字的间隔时间里都有时间对以前记忆过的项目进行复述更新, 所以在慢的数字提取速度下, 控制性注意能力好的被试和控制性注意能力差的被试的广度成绩没有差别。

实验二说明工作记忆成绩依赖加工部分的提取速度, 同时与长时记忆有很大关系。在时间充裕的条件下, 被试可能倾向于采用简单的机械复述来更新消退的记忆痕迹, 但是在限定时间的条件下, 被试则是通过策略从长时记忆中搜索信息对记忆项目进行积极主动的记忆^[7]。

4 总讨论

本文的实验结果支持了基于时间的资源共享模型。实验一表明当加工部分持续时间相同时工作记忆广度成绩也可能不同; 实验二表明加工时间短反而产生了低的工作记忆广度成绩。这表明工作记忆广度任务涉及加工和存储之间的资源共享, 当加工部分持续时间相同时, 工作记忆成绩仍是加工任务复杂性的函数。工作记忆任务需要在两个任务之间进行转换, 这种转换需要控制性注意。这与 Brian^[8]的观点一致, 人们可能倾向于在一个时间只加工一个任务, 许多任务需要被试在项目间转换, 消退的激活只能在快速转换的间断中得到存储。Logan^[9]的研究也验证了任务转换能力对工作记忆广度的影响。这说明工作记忆广度成绩反应了控制性注意的转换能力。

Baddeley^[10]指出, 工作记忆强调短时记忆在完成存储和加工信息相互竞争的复杂的认知任务中的作用, 认为加工是中央执行系统的功能, 而存储则是两个子系统的功能。这种划分导致了后来的研究者认为越复杂的任务就是越好的工作记忆广度任务。但是关于工作记忆的研究发现只有当加工任务达到

一定的复杂水平时才需要中央执行系统的参与^[11]。本文的实验验证了这种观点,简单的工作记忆广度任务不需要控制性注意的参与,而当数字提取速度变快时也可以产生高的认知负荷。以前的实验也表明简单的提取任务比复杂的自己控制节奏的任务对工作记忆广度有更大的影响^[12]。这表明不仅复杂的任务需要控制性注意,流畅快速的提取也需要控制性注意能力。

5 结论

(1) 任务复杂性对工作记忆广度任务成绩有重要影响,任务越复杂,工作记忆广度任务的成绩越低。控制性注意能力也对工作记忆任务成绩有重要影响,这种影响发生在复杂的工作记忆广度任务中,而在简单的工作记忆广度任务中没有出现。

(2) 加工速度对工作记忆广度任务成绩有重要影响,加工速度越快,工作记忆广度成绩越低,但这种影响只发生在控制性注意能力低的被试中,在控制性注意能力高的被试中没有出现。在快的加工速度下出现了控制性注意能力效应:控制性注意能力高的被试成绩要好于控制性注意能力低的被试。

参 考 文 献

- 1 Towse J N, Hitch G J, Hutton U. On the interpretation of working memory spans in adults. *Memory and Cognition*, 2000, 28 (3) : 341-348
- 2 Rohrer D, Pashler H. Concurrent task effects on memory retrieval. *Psychonomic Bulletin and Review*, 2003, 10 (1) : 96-103
- 3 李力红, 刘丽, 车文博. 工作记忆广度个体差异模型述评. *心理科学*, 2005, 28 (6) : 1421-1423
- 4 Miyake A, Friedman N P, Emerson M J. The unity and diversity of executive functions and their contributions to complex frontal lobe task: A latent variable analysis. *Cognitive Psychology*, 2000, 41 (1) : 49-100
- 5 Barrouillet P, Camos V. Developmental of increase in working memory span: Resource sharing or temporal decay? *Journal of Memory and Language*, 2001, 45 (1) : 1-20
- 6 Towse J N, Hitch G J, Hutton U. On the nature of the relationship between processing activity and item retention in children. *Journal of Experimental Child Psychology*, 2002, 82 (2) : 156-184
- 7 Danelles M, Scott J. Working memory capacity and strategy use. *Memory and Cognition*, 2001, 29 (1) : 10-17
- 8 Brian M E. Working memory and focal attention. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 2001, 27 (3) : 817-835
- 9 Logan G D. Working memory, task switching, and executive control in the task span procedure. *Journal of Experimental Psychology: General*, 2004, 133 (2) : 218-236
- 10 Baddeley A D, Logie R H. The multiple-component model. In: Miyake A, Shah P (Eds) . *Models of working memory: Mechanisms of active maintenance and executive control*. New York: Cambridge University Press, 1999
- 11 Christoff K. Complexity and working memory resources: Task characteristics necessitating the executive control of attention. *Perspectives on Cognitive Science*, 1999, 5: 1-9
- 12 Daneman M, Hannon B. Using working memory theory to investigate the construct validity of multiple-choice reading comprehension test such as SAT. *Journal of Experimental Psychology: General*, 2001, 130 (2) : 208-222

THE EFFECTS OF COGNITIVE LOAD AND CONTROLLED-ATTENTION ON WORKING MEMORY SPAN TASKS

Liu Li, Li Hui

(Department of Psychology, Tianjin Commerce University, Tianjin 300134)

Abstract

In this article, we chose subjects strictly by experiment of stroop-interference and investigated the performance of high and low controlled-attention capacity subjects in working memory span tasks that cognitive loads of processing are different. The results showed tasks complexity and processing speed have effects on performance of working memory span tasks, the more complex the task and faster the processing speed, the lower the performance. In more complex and faster tasks, the performance of high subjects were higher than the low, but these effects were not significant in more simple and slower tasks.

Key words cognitive load, tasks complexity, processing speed, controlled-attention, working memory span.