

视觉短时距加工的分段性研究

—来自行为学和ERP证据

摘要

人类对时间的认知是无限的，从过去，经过现在直至未来。从时间全程角度探讨人类时间认知是否具有统一加工机制，一直是研究者努力的方向。Michon等和Bree等研究发现人类时间认知具有分段性，即对不同持续时间的表征是不同的；黄希庭等提出的时间认知分段综合模型（range-synthesis model of time cognition）从宏观视角指明了人类过去心理时间与未来心理时间均存在分段性，但“分段”特点是否适用于视觉短时距加工机制仍有待揭示。尽管国外学者从不同角度对这个问题进行过一些探讨，但颇有争议。因此，从“分段”角度探讨视觉短时距加工机制将是目前值得时间心理学研究者关注的重要课题之一。

本研究主要探讨了视觉短时距加工机制的分段性和分段临界点问题。实验1-5采用双任务范式，操纵非时间加工任务（时序判断和记忆搜索）负荷以考察不同长度视时距加工的负荷效应，预期存在某一时间分段临界点，分段临界点以下视时距加工可能不受认知资源影响，分段临界点以上视时距加工可能受认知资源影响；实验6-8采用ERP技术记录并分析了不同长度视时距加工诱发的CNV成分，预期分段临界点以下与临界点以上的CNV特征可能存在差异；实验1-5与实验6-8采用了不同研究途径，每一种途径操纵的自变量、控制的额外变量以及因变量指标均存在差异，因此预期两种途径下的视觉短时距加工机制的分段临界点可能会不同。

在本研究条件下得出如下主要结论：

1. 实验1以时序判断为非时间加工任务，操纵编码阶段的认知负荷量，发现4秒以下视时距加工不受认知负荷影响，而5秒以上视时距加工受认知负荷影响，这证实了视觉短时距加工机制具有分段的特点。
2. 实验2以时序判断为非时间加工任务，操纵编码阶段认知负荷量，发现3秒以下视时距加工不受认知负荷影响，而4秒以上视时距加工受认知负荷影响，这同样证实了视觉短时距加工机制具有分段的特点。
3. 实验3以记忆搜索为非时间加工任务，操纵编码阶段认知负荷量，发现3秒以下视时距加工不受认知负荷影响，而4秒以上视时距加工受认知负荷影响，这支持了实验1-2的结论，即视觉短时距

加工机制具有分段的特点。

4. 实验4以记忆搜索为非时间加工任务, 操纵提取阶段认知负荷量, 发现3秒以下视时距加工不受认知负荷影响, 而4秒以上视时距加工受认知负荷影响。这支持了实验1-3的结论, 且表明了3-4秒可能是视觉短时距加工机制的分段临界点。
5. 实验5以记忆搜索为非时间加工任务, 操纵编码阶段认知负荷量, 发现200毫秒和1000毫秒视时距加工均不受认知负荷影响。这支持了实验4的结论, 即3-4秒可能是视觉短时距加工的分段临界点。
6. 实验6发现不管是靶时距呈现阶段还是时距比较阶段, 时距主效应不显著, 且与电极点, 时窗之间无交互作用。这没有支持实验4的结论, 即3-4秒可能不是视觉短时距加工机制分段临界点。
7. 实验7发现450毫秒和1300毫秒视时距编码诱发CNV平均波幅时距主效应显著, 且与前后位置因素有交互作用, 这与实验6结论兼容, 且支持了1秒为视觉短时距加工机制的分段临界点的观点。
8. 实验8以CNV波幅峰、CNV负性翻转至基线时间及左、右侧额区在视时距判断过程的激活模式为指标, 结果表明为1秒是视觉短时距加工机制分段临界点提供了新证据。
9. 视觉短时距加工机制分段临界点受实验情境和研究途径等多种因素影响。
10. 本研究在一定程度上支持了时间认知分段性假设。

本研究以视时距信息加工为考察对象, 旨在探索视觉短时距(6秒以内)加工机制的特点。这是基于时间认知分段综合模型进行的一种延伸, 创造性地将分段思想移植至视觉短时距加工机制的探讨。同时采用双任务范式, 选取覆盖所有可能分段临界点的时距范畴, 相继以时序判断、记忆搜索为非时间加工任务, 系统地对分段性问题和分段临界点问题进行了探究; 另外, 在国内首先系统地采用ERP技术探讨了视觉短时距加工机制分段性问题。本研究发现视觉短时距加工机制存在分段性, 且分段临界点受实验情境和研究途径等多种因素影响。这不但拓展了“分段”思想的应用范围, 而且丰富了时间心理学理论体系, 为进一步研究提出了新课题。最后在指出本研究内容、方法等方面不足的基础上给出了今后进一步改进的方向。

关键词: 视觉, 时间认知分段综合模型, 双任务范式, 时序判断, 记忆搜索, CNV平均波幅, CNV波幅峰, CNV负性翻转至基线时间

STUDY ON VISUAL SHORT DURATION PROCESSING SEGEMENTATION —EVIDENCE FROM BEHAVIORAL AND ERP STUDIES

Abstract

Time cognition of human beings is boundless, which from past, now, to the future. Since the 90 years 20th Century, whether time cognition processing mechanism was uniform has been discussed in the full time version. Michon et al. and Bree et al. found that there was time cognition segmentation, that was, there was different representation on different duration; Huang Xiting et al. also found that there were segmentations on past and future mental time, and one model named range-synthesis model of time cognition was presented, which meant that the cognition of time was segment with different representation on different duration, and the cognition of any duration was influenced by many factors, such as the quantity and configuration of events, alleyway characteristics, quality of temporal order and point, attention, encoding mode, range-synthesis strategy, the guideline, and the faith, emotion, and illness of individuals, etc. Although the model has shown that there was duration segmentation of past and future mental time, it needs future exploration whether it is the same with the visual short duration processing mechanism.

The aim of this study was to explore the segmentation characteristics and critical point. Experiment 1-5 studied the loading effect of different short duration processing by manipulating non-temporal processing task (temporal order judgment and memory searching) with dual-task paradigm. The hypothesis was that there was some critical point, which the duration processing below the point might not be influenced by cognitive source, while processing upwards might be influenced by it. Experiment 6-8 aimed to explore the CNV difference below and upwards the critical point with ERP recordings. Based on the different research way of Exp 1-5 and Exp 5-8, and the different ways of manipulating independent and dependent variables, the critical point might not be the same.

The results showed:

1. Exp. 1 found that visual duration processing was not influenced by cognitive loading downwards 4s, while it was influenced by cognitive loading upwards 5s, which meant the visual short duration processing was segment.
2. Exp. 2 showed that visual duration processing downwards 3s was not influenced by cognitive loading, which the visual short duration processing upwards 4s was influenced by it, which also proved the segmentation.
3. Exp. 3 found that the visual short duration downwards 3s was not influenced by cognitive loading, while it upwards 4s was influenced. The result supported the conclusion of Exp. 1-2, that is, the visual duration processing mechanism was segment.
4. Exp. 4 found the result that visual short duration processing downwards 3s was not influenced by cognitive loading, while it upwards 4s was influenced by cognitive loading. The result supported the conclusion by Exp. 1-3, and 3-4s might be the segmentation critical point of visual short duration processing mechanism.
5. Exp. 5 had the result that visual duration processing of both 200ms and 1000ms were not effected by cognitive loading, which supported the result of Exp. 4, that 3-4s might be the critical point of visual short duration processing.
6. Exp. 6 found that the main effect of duration was not significant on both target duration presentation period and duration comparison period, and there was no interaction effect with electrode and time window. This is conflict with the result of Exp. 4, that is, 3-4s might not be the critical point of visual short duration processing.
7. The main effect of CNV average amplitude evoked by visual duration encoding in 450ms and 1300ms was significant in Exp. 7, and there was interaction effect with location. The result was consistent with Exp. 6, and supported the view that 1s was the critical segmentation point of visual short duration processing.
8. The result of Exp. 8 provided new proof for 1s as critical segmentation point of visual short duration processing.
9. The critical segmentation point of visual short duration processing was influenced by many factors, such as experiment situation, and study approach,

Abstract

etc.

10. The present study supported the range-synthesis model of time cognition at a certain extent.

The present study tried to explore the processing mechanism characteristics of visual short duration (within 6s) with visual duration information processing as object, which was an extend based on the range-synthesis model of time cognition, and it was the first time to explore the visual duration processing mechanism on the basis of segmentation. In addition, the dual-task paradigm was taken to choose any possible critical segmentation point duration to study the segmentation and critical point by the numbers with temporal order judgment and memory searching non-temporal processing tasks on after the other. Meanwhile, it was the first time to explore the visual short duration processing mechanism segmentation with ERP in domestic. The results of the present study showed that the visual short duration processing was segment, and the critical segmentation point was influenced by many aspects such as experimental situation and study approach, etc., which had not only developed the application area of “segmentation”, but also enlarged system info of time psychology, which supported new tasks for further study. Also, there need to be many improvements on the content, method, and many deficient aspects in the future study.

Key words: Vision, Range-synthesis model of time cognition, Dual-task paradigm, Temporal order judgment, Memory search, CNV average amplitude, CNV amplitude peak latency, latency of zero crossing as the CNV return to baseline

术语中英文对照表

CNV(contingent negative variation)

CNV波幅峰(CNV amplitude peak latency)

CNV负性翻转至基线时间(latency of zero crossing as the CNV return to baseline)

CNV平均波幅(CNV average amplitude)

背景变化模型 (context change model)

比较法(comparison)

比较器 (comparator)

比率设定法(ratio-setting)

变化/分割模型 (change/segment model)

波峰(peak)

测定单元(calibration unit)

产生法(production)

持续 (duration)

存储器 (store)

存储容量模型 (storage size model)

单刺激法 (single stimulus)

短时距 (short temporal duration)

多对少法 (many-to-few)

感觉输入 (sensory inputs)

高优先度事件 (high priority events)

关联负变化 (contingent negative variation)

计时单元 (chronometric units)

计数器 (counter)

计数器模型 (counting model)

记忆搜索 (memory search)

觉醒水平 (arousal level)

开放状态 (on)

开关 (switch)

可提取性 (reliability)

- 类别评定法 (category rating)
脉冲 (plus)
内部时钟 (internal clock)
内部时钟模型 (internal clock model)
起搏器 (pacemaker)
前扣带回 (anterior cingulate cortex)
确认法 (identification)
时间寄存器 (chrono-store)
时间内部知觉模型 (internal perception model)
时间认知分段综合模型 (range-synthetic model of time cognition)
时间信息加工模型 (temporal information processing model)
时间振动器 (temporal oscillator)
时距辨别法 (duration discrimination)
时距量表法 (duration scaling)
时序判断 (temporal order judgement)
事件相关电位 (event-related potential)
视觉 (vision)
数量估计法 (magnitude estimation)
双任务范式 (dual-task paradigm)
体验的时间 (experienced time)
同步法 (synchronization)
相继 (succession)
校准单位 (calibration unit)
楔叶 (cuneus)
言语估计法 (verbal estimation)
右侧额叶 (right frontal lobe)
闸门 (gate)
张弛振荡器 (relaxation oscillator)
注意程度 (attentiveness)
注意闸门模型 (attention gate mode)
资源分配模型 (resource allocation model)
左侧额叶 (left frontal lobe)

独创性声明

学位论文题目： 视觉短时距加工的分段性研究-来自行为学和 ERP 证据

本人提交的学位论文是在导师指导下进行的研究工作及取得的研究成果。论文中引用他人已经发表或出版过的研究成果，文中已加了特别标注。对本研究及学位论文撰写曾做出贡献的老师、朋友、同仁在文中作了明确说明并表示衷心感谢。

学位论文作者： 签字日期： 年 月 日

学位论文版权使用授权书

本学位论文作者完全了解西南大学有关保留、使用学位论文的规定，有权保留并向国家有关部门或机构送交论文的复印件和磁盘，允许论文被查阅和借阅。本人授权西南大学研究生院（筹）可以将学位论文的全部或部分内容编入有关数据库进行检索，可以采用影印、缩印或扫描等复制手段保存、汇编学位论文。

（保密的学位论文在解密后适用本授权书，本论文： 不保密， 保密期限至 年 月止）。

学位论文作者签名：

导师签名：

签字日期： 年 月 日 签字日期： 年 月 日

第一部分 绪论

时间和空间是运动着物质存在的基本形式。任何物质运动过程均以或前或后的相继顺序性及或长或短的持续性表现出来。时间是人们生活和工作的一个重要依据。无论是衣食住行还是改造自然，都与时间发展和变迁息息相关，都要考虑到昼夜交替，寒来暑往。因此，人们自古非常重视时间观念，各种历法制定就是这种努力的一个例证。把时间观念置于重要位置，这是现代文明的一个重要特征。在改革开放的今天，人们都知道 Ben Franklin 的一句名言“时间就是金钱”，经济高效地利用时间，是人们事业成功的重要保证。实验心理学家则认为“时间就是认知”，它已成为许多学科如哲学、经济学、社会学、美学、心理学、生物学、医学、历史学等的研究对象。一个跨学科国际性学术团体(International Society for The Study of Time)已从不同角度对时间进行了多年研究，并出版了一系列著作。研究时间成为心理学家最关注的课题之一。自 19 世纪心理学发展成为一门实验科学以来，反应时测量便成了一种标准实验技术。例如荷兰生理学家 F. C. Donders 发明了测量心理活动速度的相减法，用以分析心理活动的各个阶段。在现代认知心理学中，反应时的利用和测量研究已成为一个专门方法学领域。认知心理学家认为，时间不仅是一种因变量，而且是一种自变量。在人类信息加工系统中，时间不是一种输入——输出同一的、不变参数，而是需要被进行加工的重要信息。时间，这个概念可以区分为相继(Succession) 和持续(Duration) 两个子概念。前者指人们能将两个或两个以上事件知觉为不同的且按顺序组织起来的，我们称之为时序；后者指界于两个相继事件之间的间隔时间，我们称之为时距。

时间是瞬息即逝的，人们不能像空间知觉那样对时间进行反复地感知。人们可以将几秒时间内出现的相继事件知觉为相对同时的，这些事件排列有序并被知觉为一个整体。例如一个电话号码、一个事件的结构、一个曲调的主旋律等，都能使人产生一种时间知觉，有些心理学家用“知觉到的现在”这一术语表示这种极短时距的知觉。“知觉到的现在”的上限是根据一个刺激序列被知觉为一个整体所持续的时间来衡量的，这个上限对不同的刺激事件或不同的感觉通道来说存在差异，对英语诗句的平均持续时间为3秒；对光刺激平均持续时间约为6秒；对音乐旋律的平均持续时间约为2-5秒。一般来说，心理学家把持续3-5秒的心理时间称为时间知觉。超出上述范围，人们对持续时间认知只能靠记忆中的体验加以界定，或与钟表和日历表示的时间比较而获得，这一种心理时间的获取方法称为时间估计，属于时间记忆的范畴。纵观时间心

理学领域涌现出的理论模型主要表现为单一机制理论和多重机制理论两类。单一机制理论强调用统一加工机制来解释短时距加工，对这种加工机制能否适用多长时距没有特别强调；多重机制理论强调不同范畴时距具有不同加工机制，却并不排除可以用单一机制理论之一来解释其中某一范畴的时距加工机制。人类对时间的认知是无限的，从过去，经过现在直至未来。从时间全程角度探讨人类时间认知是否具有统一加工机制，自上世纪九十年代起一直是研究者的努力方向。Michon等（1992）和Bree等（1992）研究发现人类的时间认知具有分段性，即对不同持续时间的表征是不同的；黄希庭等（1994, 1998）也曾要求被试用时间单位和模糊统计法对过去时间修饰词和未来时间修饰词进行赋值，结果发现人类过去心理时间和未来心理时间具有分段性，进而提出了时间认知分段综合模型。该模型的核心思想之一就是人类时间认知存在多种加工机制，即不同范畴时间长度涉及不同加工机制，而且其时间记忆表征也不同。这种“分段”思想从宏观视角指明人类过去心理时间与未来心理时间均存在多种加工机制。将这种“分段”思想应用于短时距（本研究中指6秒以内的时距）加工机制的探讨将是目前时间心理学研究者关注的重要课题之一。

1 时间心理学领域的经典理论模型

1.1 单一加工机制理论

1.1.1 基于生物取向的模型

该类模型大多源于动物研究文献，主要强调有机体内存在一个或多个计时装置。这类模型更多关注内部变量对时距信息加工的影响，如体温、年龄增加会导致高估时间，女性倾向于高估短时间和低估长时间，男性则相反，这些效应可能和更一般的代谢机能差异有关。

最典型的计时器装置是所谓“生物钟”或内部时钟(internal clock)，它产生的信息是有机体基本知觉的前提。内部时钟参照外界环境中的周期性变化保持相对稳定的频率，因而有机体短时距加工相对稳定，随机误差较小；凡是能对生物频率产生影响的机体变量都会对短时距加工产生系统影响；而如果干扰或破坏脑内生物钟定位区域就会损伤短时距加工能力。至于其他的成分，早期的“计数器模型”(counting model)中只有起搏器(pacemaker)和计数器(counter)两个成分，节拍器以固定频率 λ 发放脉冲，则固定时距 d 中累加的脉冲数 λd 的方差和刺激时距呈现线性关系。后来验证发现 λ 几乎不会恒定，模型中又相继添加了其他参数而更加复杂。Getty(1975,

1976)等提出的“韦伯率模型”(Weber's law model)则认为时距估计的方差和刺激时距的平方呈线性关系。Treisman(1963)提出的内部时钟模型(internal clock model)假设存在一个能够产生一系列脉冲的起搏器(pacemaker)，而步调器产生脉冲的频率受机体特定唤醒中枢的影响。计数器记录和保存脉冲的数量转换到比较机制中。言语选择机制具有把脉冲的数量和对应的时间单位进行转换的作用(例如20秒,1分等)，并能够从存贮器中提取相关的信息。最后，比较机制对相关的信息做出对应的反应。在随后对模型的修正中，Treisman(1993)在原有起搏器的基础上加入了校准单位(calibration unit)，用来调节在不同唤醒状态下起搏器所发出脉冲的频率，并能够对预期时距估计中的各种显现做出合理的解释，如瞬时的唤醒水平影响时距判断。但是该模型不能合理的解释诸如注意、记忆等认知因素对时距估计的影响。

这些理论在动物短时距加工领域中得到广泛应用，许多动物心理学家仍致力于这一理论的验证和发展。但是它并不能说明人类复杂的时间行为，人类的时距知觉不仅受体温、新陈代谢率等生理活动的影响，而且注意、记忆等认知因素在人类的时距知觉中具有重要的作用。

1.1.2 基于注意的模型

人类计时的注意影响机制的模型化工作首先开始于Thomas和他的同事(1975)，他们提出了注意分配对觉察时距影响的数学模型: $T(I)=af(t, I)+(I-a)*(I)$ 。其基本假设是:包含某些信息(I)的时间间距的觉察时距(T)，只与时间信息加工器[f(t, I)]和非时间信息加工器[*I]加工的信息量的加权平均数有关，有限的注意资源在两个加工器间分配。当 a 接近1时，注意资源分配到时间信息上的比例越高，得到编码的时间信息较多；而 a 接近0时，注意资源分配到非时间信息上的比例越高，非时间信息得到编码较多。基于此，主观时距长度由时间信息加工和非时间信息加工之间分配的注意比例决定。这一注意模型的最初实验证据针对的主要是来源于100ms以内的时距估计研究，后来Michon进一步指出该模型能解释更宽时距范围的信息加工的普遍性模型，适用于更长的时距记忆，Thomas等的注意模型作出了注意资源会影响时间信息加工的成绩的判断，却并没有揭示每个加工器资源分配的条件以及加工器的本质。

Zakay(1989)对注意模型进行了发展，进一步提出了适用于更宽时距范围内的“资源分配模型”(Resource Allocation Model, RAM)。在该模型中Zakay用记忆加工器P(m)代替了非时间信息加工器P(I)，记忆加工器用来存储时距中所知觉到和编码的背景变化数量，因此P(m)反映了所知觉到的有意义的分隔数。在预期范式下，被试对时距判断任务进行优先加工，P(t)的权重增加，时距估计主要取决于P(t)中存储的主观

时间单元的数量 (Subjective Time Unit, STU)。而在回溯范式下, 被试对非时间任务进行优先加工, 时距估计主要依据的是 $P(m)$ 中所存储和编码的背景变化或分割的数量。 $P(t)$ 和 $P(m)$ 分别或同时可以作为时距估计的加工器, 这主要依据每个加工器所加工信息的可提取性 (reliability) 和注意程度 (attentiveness)。

资源分配模型综合了存储容量模型和注意模型的基本思想, 提出了“主观时间单元”的概念, 这是对时间信息加工机制的一种初步描述, 值得关注。但它一方面难于解释动物的计时行为结果, 另一方面对于 $P(m)$ 和 $P(t)$ 加工器以及对于时间信息的注意描述也仅是一些粗浅的理论假设。

1.1.3 基于记忆的模型

这类模型认为时距判断是基于记忆中所储存的信息。存储容量模型 (storage size model, 简称SS模型) 是由Ornstein (1969) 提出的。该模型假设, 人对持续时间的估计取决于其记忆中存储事件的数量。同样长的物理时距, 储存的信息越多, 对时距的估计就越长; 反之, 则觉得时距越短。Ornstein还认为: “存储容量依存于两个因素: ① 在这一时距内觉察到的信息量或事件发生的数目; 以及②信息被‘堆放’和‘存储’的方式。背景变化模型 (context change model, 简称CC模型) 是由 Block (1997) 提出的。该模型认为时距判断与认知背景变化的数量有关, 这些变化既可能反映了环境的变化, 也反映可认知策略或情绪状态的变化。因此, 时距判断与记忆中编码的背景变化的数量成正相关。变化/分割模型 (change/segment model, 简称CS模型) 是由Fraisse (1963) 提出的, 以后不少研究者对其进行了发展。该模型认为对时距的估计依存于在这段时间内感知或记忆信息的数量和组织, 依存于对时间信息的加工程度。该模型强调强调刺激的数量、事件的可记忆性、注意、态度、动机、目标, 以及组织过程等因素在估计时距中的作用。并认为知觉时间就是知觉变化, 时间估计就是记忆经验被分割为片段的过程, 即把所经历的变化分割为可记忆的时间段。

由此可见, 所有时距的估计的记忆模型都认为时距估计的长短与下列因素有关: 任务的复杂度, 非时间信息加工的负荷量, 背景变化的数量或者高优先度事件 (high priority events, HEP)

1.1.4 基于综合取向的模型

时间信息加工模型 (Temporal Information Processing Model, TIP) 的最初设想来自Treisman的内部时钟模型 (Internal Clock Model, ICM)。据Treisman的观点, 起搏器 (Pacemaker) 以一定频率发放脉冲 (Plus), 起搏器发放频率受有机体唤醒水平调节, 唤醒水平越高, 起搏器的频率就越快。发放后的脉冲由计数器 (Counter) 负责

记录，并进入一个存储器(Store)或比较器(Comparator)。后来，Gibbon 和 Church (1984) 对内部时钟模型进行了发展和修订，进而提出了时间信息加工模型。该模型假定时间信息加工由内部时钟，记忆和比较三个成份组成。内部时钟由以一定频率发放脉冲的起搏器，累加器以及开关组成。开关由外界刺激触发和中止，是脉冲从起搏器进入累加器的必经环节。记忆包括短时记忆(工作记忆)和长时记忆。短时记忆负责存储当下的时距的脉冲，长时记忆负责存储重要时距的脉冲(标准时距)。决策阶段对当下工作记忆中的存储脉冲和长时记忆中提取出来的脉冲基于一定的规则进行比较，并做出如何反应的判断。时间信息加工模型是目前动物计时领域中的主流模型。该模型表面上没有将注意加工纳入计时机制，但是假定注意会影响开关的潜伏期以及会监控开关在时间加工器和非时间加工器之间的切换。

Zakay 等 (1997) 的注意闸门模型 (Attention Gate Model, AGM) 是对已有的时距知觉的生物模型和认知模型的综合和发展，也是目前较为认可的一种模型。模型中的起搏器，开关和认知计时器构成了时间信息加工的内在机制。起搏器按照一定的频率发放脉冲，每一脉冲代表内部的时间单位，其中起搏器的活动只受体温，新陈代谢率等生理条件的限制，而与认知因素无关。根据不同的实验条件(预期式和回溯式)，注意在时间信息和非时间信息之间进行分配。当注意主要集中于时间信息加工时，也就是在预期式实验条件下，闸门处于开放状态(on)，这时认知计时器开始记录所传递过来的脉冲数量，并转化为相应的内部时钟表征存储在工作记忆中。同时，认知计时器也存在一个开关用来启动和关闭计时功能，开关以全或无的方式进行运作。当被试觉察到一个表示时距开始的信号时(如再现法中第一次敲击键盘)，开关开启，同时计数器的值设置为零。该理论认为对所有的物种应该有共同的理论框架。该理论综合了Thomas的注意模型、信息加工模型和Treisman的内部时钟模型。注意闸门理论在信息加工模型的时钟阶段，在起搏器 (Pacemaker) 和开关 (Switch) 之间，增加了一个闸门 (Gate)。闸门打开就可以允许时间信息(由起搏器产生的‘冲动流’)通过开关进入‘认知计数器’。这个闸门的打开受到分配给时间的注意的控制：注意越多，闸门打开地越广或者打开的频率越高，因此，有更多的时间冲动可以经过。开关被认为是在‘开始’信号出现的时刻开始传送时间冲动，而这个‘开始’信号是“刺激被赋予的时间含义”。当我们知觉到有一个刺激可以表明一个相对时距的开始时，这个开关就打开，计数器设定为0，信号流就可以到达计数器(在信息加工模型中，用‘关’(closing)这个词表达开关的这个操作，而不是‘开’(opening)；反之亦然)。转移的冲动数量首先取决于冲动的产生速率，它受到觉醒水平(Arousal level)的影响。

响（包括一般意义的觉醒，即生物周期，以及特定含义的激活水平，即由于刺激引发的激活），其次还决定于闸门打开的时间比例，或者打开的宽度：“如果时间信息与任务要求不相关，或者说时间估计是发生在回溯式情况下，那么闸门开放得就比较窄，只有较少的冲动通过该闸门”。因此，正是这个闸门把‘注意’引入了TIP模型。当我们知觉到有一个刺激标志着一段相对时距的结束时，开关就关闭了，于是阻止更多的冲动进入计数器，与此同时，计数器中得这个数字便被转移至短时记忆中。

Jingu (1999) 提出了基于离散内部事件形成“意识”到的、主观上连续的时间是一种无意识和自动化的过程。他提出的时间内部知觉模型 (internal perception model) 主要特点在于突出了工作记忆的作用。模型中的节拍器按约600毫秒的内部时钟频率释放脉冲，生理时间和内部主观时间之间存在一种比较机制。脉冲计数器记录下的脉冲数进入时间寄存器 (chrono-store)，它相当于图像记忆和回声记忆，即瞬时记忆。时间信息进入短时记忆后被组块化，使得实验中短时记忆的“时间”广度远超出 7 ± 2 的离散时间信息容量上限。组块化的时间信息形成新的更大单元，同时产生主观时间。因此，对于时距长短不同的刺激，可能存在某种模式转换机制作用于计数器。

标量计时理论除了解释由动物学习程序(如顶峰程序)所获得的数据之外 (Robert, 1987)，还能解释人类计时实验中获得的许多数据 (Allan, 1998)。标量计时理论的历史根源可以追溯到 Gibbon (1977) 的标量期望理论。正像 Gibbon 所指出的那样，时间是动物学习实验中的一个无所不在的变量，为此有必要解释短时距加工是如何调节被试的行为的，读者除了可以发现标量特性不同形式的历史根源之外，也能发现时间加工机制中这一特性的源泉。该模型的中心思想是，变异具有多种特性，其特性之一表现为与目标时间相关的数据分布的数量转换，另一方面也可以解释一个随机变异源（如时钟）的效应。在标量计时框架内不仅能解释动物研究领域的许多数据，而且也成功地解释了人类对于不同时间任务的计时 (Allan & Gibbon, 1991; Wearden, 1991a, 1991b, 1992, 1993, 1995)。时间加工器（又称计时器）包括四个内部相关的装置 (1) 时钟，它是由一个产生一定频率脉冲的调节器、一个由外部刺激驱动的开关和一个确定的延迟控制所到达的累加器组成的。(2) 工作记忆储存。(3) 参照记忆储存。(4) 比较器。因此由时间加工器所决定的标量计时模型由三个过程组成：(1) 时钟过程。一个开关控制着由连续运动的调节器所发射的脉冲的累加。这个过程由调节器产生的脉冲组成，脉冲又由开关传送到累加器，脉冲在累加器中获得累加。(2) 记忆过程，这一过程又包括两个子过程：工作记忆和参照记忆。对于一个给定的试验来说，工作记忆负责接收来自累加器的脉冲；而参照记忆对于一个试验的计数值分布的储存起着

关键的作用。(3)第三个过程是决策过程,它主要由一个比较器组成,这个过程与计时、记忆和决策相关。对于一个给定的试验来说,来自累加器的脉冲被用作当前时间的内部表征(a 值),这个表征与一个来自参照记忆的 m 值相比较。标量计时模型为这个比较过程提供了一系列决策规则,其中包括比率规则 $(m-a)/m$,许多关于时间的研究报道了这一规则(Church, 1991, 1994, 2003)。由于早期标量计时模型的时钟、记忆、比较过程分别由三个、两个和一个部分组成。时间判断的准确性依赖于这些装置的功能,每个部分都被看作一个变异源,同时时间加工也受到被试激活水平和注意水平的影响。标量计时模型具有很多潜在的变异源,有些是数量的,有些不是数量的。数量变异源对其他变异源具有最终的决定作用。这个模型的主要量化特点—标量特性与变异呈协相关(一种韦伯分数),它是主观时距除以平均主观时距得到的一个标准差(一个常数)。换句话说,当重新量化为平均主观时距的一个函数时,心理时间的误差分布是一个常数。这个模型很适合于解释人类计时任务中观察得到的数据(Allan, 1998; Allan & Gibbon, 1991; Penney, Allan, Meck, & Gibbon, 1998; Wearden, 1992; Wearden, Denovan, Fahkir, & Hawarth, 1997; Wearden, Fakhri, & Percival, 1998; Wearden, Rogers, & Thomas, 1997)。

到了九十年代,标量计时理论就成为短时距加工中引用最广泛的一个理论,它的出现直接引发了人类计时领域的一个重要的假设(Zakay, 1995),它适用于几种计时问题,包括感觉调节效应的时计,那时实际上已形成了神经生理学研究(Meck, 1996)。有研究者认为,对于标量计时理论发展前景的挑战在于对计时框架三个组成部分的理解,特别是记忆或决策过程,这两个过程极大地受益于记忆研究的传统技术的应用(Wearden, 1999)。

1.2 多重加工机制理论

多重加工机制理论强调不同范畴的心理时距具有不同加工机制。目前围绕这一思想建构的理论模型主要包括双加工模型、层级周期振荡模型、振动理论和时间认知分段综合模型。

1.2.1 双加工模型

双加工模型由Fraisse(1984)提出。这一模型假定时间信息加工可以分类成两种不同的加工机制:3秒以内的为时距知觉和3秒以上的时距估计。根据这一思想,对时距的知觉是基于主观到现在,是对3秒以内的刺激序列知觉为整体;对时距的估计则涉及到记忆的参与,是对3秒以上的刺激序列知觉为独立的成分。这一模型得到了不

少证据支持(Szelag, Steinbüchel, Reiser, de Langen, & Pöppel, 1996; Wittmann & Pöppel, 1999-2000)。

1.2.2 层级周期振荡模型

层级周期振荡模型由Pöppel等(1997)提出。这一模型认为时间信息加工受大脑中两个独立的时间加工机制控制:第一是针对时距大约为30毫秒的高频系统,其证据来源于对时间顺序阈限的研究,其神经机制是所谓的张弛振荡器(relaxation oscillator),刺激引起的主观感知触发了这个周期性的振荡过程,使之立即与刺激同步化,如同方程式求解中的张弛算法一样。要判断也即确认不同的刺激,它们必须在时间上分别落在不同的振荡周期中。每秒钟只有大约30个识别机会和“选择点”,因此并不是随时都能够对刺激做出反应。第二个系统是处理几秒以内的事件系列的低频系统,它将连续事件整合成知觉和动作单元,这种分割基于某种自动化的(前语义的)整合过程,不受加工内容的影响,该低频系统就是“知觉到的现在”的基础(Pöppel, 2000),其周期即2.5-3秒(Pöppel, 1997)或3-5秒(Fraisse, 1984),在这个时间限度内,我们不仅可以获得“现在感”(即对时间的知觉),同时它也提供了意识活动的时间平台。这种低频系统的假设是对双加工模型的一种发展。该模型虽然指出了时距加工存在两种机制,但是对于两者如何在不同范畴时距内起作用没有给出明确说明。

1.2.3 振动理论

早在九十年代,分时段加工就成为时钟模型的主要特点。研究者对计时调节器数量的看法存在较大分歧,标量计时理论与大多数早期模型一样承认时钟装置中只存在一个调节器,这个调节器具有特殊的复杂功能,由其所产生的脉冲发射速率是当时研究者关注的一个重要理论问题;有些时间理论强调几个调节器的共存,它们都对人类的计时操作具有特定贡献。动物研究结果提供了对后种论点的支持(Church & Broadbent, 1990; Miall, 1989)。Church Broadbent 提出了多种振动器共存的假设,并由此做出一个理论推测:不同时段的加工行为是时间表征的基础(Church & Broadbent, 1990)。多种振动器提供了许多阶段,覆盖了很大的一段时间范围。几个振动器平均时距从0.2s持续到204.6s。虽然该理论在动物计时的基础上发展起来(Wearden & Doherty, 1995),但它也适用于人类时距产生(Collyer, Broadbent & Church, 1994)。另一个基于振动的观点是由Treisman及其同事提出来的,它与标量计时模型非常接近,但与调节器的有关假设存在着差异。该模型可以对人类计时的一些特殊问题做出解释,例如, Treisman发现,人们有可能根据知觉到音乐会的厌烦程度估计音乐会的时间长度。这个知觉无法阻止对音乐会时距的判断。用多种振动器

的观点无法解释这种短时距加工。因为在需要不同的脉冲发射速率的活动中要求运动系统协同完成相关的指令,例如,当一个人以固定速度谈话时要求他以不同速度步行,这说明为了完成任务时钟系统能够顺利地作出调整。Treisman 认为,时间加工机制由两部分组成:一个时间调节器和一个计数器。调节系统又包括三个相关装置,(1)时间振动器 (temporal oscillator, 简称 T0), 负责具有固定频率 F_0 的脉冲发射,此频率提供了一个与参照记忆一致的恒定的参数值;(2)控制单元,负责对振动器发射的脉冲进行转换。(3)测定单元 (calibration unit, 简称 CU), 其作用是确定最终的输出 F_p —调节系统的一系列脉冲, 即将原始脉冲 F_0 与一个校正因素 cf 相乘, 其最终的输出 (即与参照值相比一个增加或减少的频率值) (CU): $F_p=F_0\times cf$ 依赖于调节器激活水平 (外部刺激频率) 的增加或减少, 这个激活水平或是由来自中心源的信息所确定,或是由足够强的感觉输入所组成(sensory inputs, 简称 SI)。由 Treisman 及其同事提出的振动研究受到了其他研究的支持,该模型不仅适用于短时距加工而且也适用于运动行为的计时控制。同时该研究也受到了来自电子影像数据的支持。在时距估计期间,对一定频率的刺激节奏的感知可以改变时间振动 (T0) 的频率,从而最终决定着时间估计 (Treisman 等人, 1990, 1992, 1993, 1994)。

1.2.4 时间认知分段综合模型

时间认知分段综合模型 (range-synthetic model of time cognition) 由黄希庭 (1993, 2003) 提出。这一模型认为,个体对时间的认知取决于多种因素,主要有时间的长短、间隔、顺序、刺激出现的时点以及个体的认知因素和人格特征等。对于不同长度的时间,个体的认知策略也不同。例如用时间词义赋值方法的研究表明 (黄希庭和孙承惠, 1991), 人们对过去的时间可分为以秒和分为单位赋值的“较近时间”,以小时、日和月为单位赋值的“近的时间”,以及以年为单位赋值的“远的时间”。通常个体对时间的认知总是将时序、时距和时点以及影响时间认知的诸因素综合起来加以考虑来认知时间的。该模型还认为,时序、时距和时点是同一时间经历的不可分割的三个属性,单独对某一属性的研究,虽然有利于深入探讨该属性的特点,但必然会忽略时间经历过程的完整性。应将这三个属性统一起来进行多维度的研究。因为不同的时间长度涉及不同的加工机制,而且其时间记忆表征的机制也不会完全相同 (黄希庭, 1995; 柳学智, 1993; 王振勇和黄希庭, 1996, 1997; 黄希庭和徐光国, 1997, 1999)。所谓时间认知分段综合模型是指人类对时间的认知具有分段性,不同时距具有不同表征,个体无论对哪一种时距的认知均受多种因素,例如事件的数量和结构、通道性质和特点、时序和时点的性质、注意资源、编码方式、分段和提取策略、实验指标,以

及个体的时间信念、情绪、疾病等的影响。该模型是目前唯一把时序、时距和时点的信息综合起来加以研究的理论。

2 短时距加工研究的主要实验范式

短时距加工的研究一般在实验室进行,因此一些研究者对该领域中常用的实验范式进行了概括和总结。在凤四海等(2004)的概括中,介绍了Allan(1979)对两类时距估计实验范式的总结(见表1)。时距量表法要求被试在一组较易区分的时间间

时距量表法 (duration scaling)	时距辨别法 (duration discrimination)
1. 言语估计法 (verbal estimation)	1. 比较法 (comparison)
2. 数量估计法 (magnitude estimation)	2. 单刺激法 (single stimulus)
3. 类别评定法 (category rating)	3. 多对少法 (many-to-few)
4. 产生法 (production)	4. 确认法 (identification)
5. 比率设定法 (ratio-setting)	
6. 同步法 (synchronization)	

(摘自凤四海、黄圣庭(2004))

表1 短时距加工的实验研究范型

隔中根据知觉到的时距做出反应,多属于心理物理法的范畴,其中传统的如“言语估计法”,要求被试对所呈现的时间间隔以时钟时间为单位估计其时距。“产生法”则要求被试根据主试提供的时钟时间产生出该时距。“数量估计法”是“言语估计法”的一种变式,被试的言语反应并非以时间为单位,而是用连续数字表示。“类别评定法”则用离散的m个有序类别进行评定。此外“比率设定法”要求据所呈现的间隔长度产生一个特定比例的时距,若比率为1则为“复制法”。“同步法”要求被试根据呈现的固定时距标准做出同步复制,或者对系列短刺激进行节奏复制。另一类时距辨别法的特点是要求被试在一组很难区分的时间间隔中做出辨别反应。“比较法”要求在标准刺激和比较刺激中辨别出标准刺激。“单刺激法”则要求对逐个呈现的时距作长、短判断;其变式“多对少法”呈现的可能刺激更多,但仍然要求作二重反应。“确认法”的时距类别和反应类别则都扩展为多种。同样牵涉到时距判断,短时距加工和时间估计在方法上往往很难区分,一些研究者往往通过控制刺激呈现到反应间的延迟时间来“阻止”长时记忆的参与,即呈现后立即反应。从这一点来说,上述时距判断研究范型中似乎只有即时复制法和同步法以及比较法和单刺激法比较适用,“同步法”可能是所有这些方法中效度最好的。Perbal等(Perbal, Pouthas, & Linden, 2000)对于这些

范式中不同记忆类型的作用做了区分，认为在复制法中被试为了准确的复制出目标时距，在编码阶段不但要求工作记忆的参与，在提取阶段还需要长时记忆的参与，尤其是在目标时距超过工作记忆的容量时。而在产生法中，被试必须根据实验者所提供的计时单元（chronometric units）进行作业。在这个过程中，工作记忆累计并存储步调器所释放的脉冲，直到被试判断达到目标时距长度。这个过程是个连续的过程，要求一定数量的注意资源来维持脉冲的释放，同时还要与比较目标时间单位的时距表征进行比较。产生法不但要求工作记忆的参与，表征计时单元的语义记忆也参与了产生过程。当目标时距是日常情境中常用的计时单元时，如 1 秒或 1 分钟，目标时距的表征可以直接从语义记忆中提取；而其它情况下，目标时距的表征则来自与其最接近的常用时距的语义表征。

按照 Zakay 等（Zakay, Tsal, Moses, & Shahar, 1994）的概括，量表法和辨别法实际上分别属于更广意义上的“绝对”（absolute）和“比较”（comparative）时间判断范式；前者的假设是被试以一种自我参照的方式根据其内部时钟得到解答而后者则假设被试依据将目标时距和其记忆中的时距编码进行比较得到解答。从这个意义上说，有无记忆的参与是区分所谓“体验时间”（experienced time）和“记忆时间”（remembered time）的关键，而这也正是 Fraisse（1981, 1984）所强调的作为知觉到的现在的时距知觉和时间估计的本质区别。在 Zakay 等（1994）的概括中，这种区别还表现为另一种更本质的范式区分，即所谓“预期式”和“回溯式”时间判断任务：两者的区分在于被试在作业之前是否预先知道任务的提示或要求。

3 短时距加工与 CNV

从运动中肌肉的协调，音乐、言语节奏的感知到驾车、行走等都需要短时距加工过程的参与，但至今为止我们既不清楚感受时间信息的特定感受器官，也不清楚加工时间信息的脑机制。事件相关电位（event-related potential, ERP）技术具有高时间分辨率的特性从而受时间认知研究者的青睐。ERP 技术是研究活体大脑活动的一种重要手段，不仅能够揭示与认知活动相关脑活动的时间历程，而且能探究不同实验条件下的刺激诱发出神经活动模式的特点。

Walt 和 Cooper（1964）利用反应时测量范式最早发现了 CNV。实验中，安排以固定时间间隔（如 1.5 秒）先后呈现的两个刺激 S1、S2，S1 为预备信号，S2 为命令信号，要求被试一旦觉察到 S2 就立即按键反应。结果在 S1 出现不久，就观察到脑电发生了负向偏转，直至 S2 出现后被试按键 CNV 消失。而时间信息加工研究中两种常用的

范式主要是时间复制和时间比较。在时间复制范式中，先习得一个标准时距 T ，然后在探测阶段呈现探测刺激（预备信号），持续一个时距 t （时间间隔），被试判断 t 与 T 相同（命令信号），按键复制完毕(CNV 消失)；或在时间比较范式中，先习得一个标准时距 T ，然后在探测阶段呈现探测刺激（预备信号），持续一个时距 t （时间间隔），达到靶时距 T （命令信号），探测刺激呈现完毕（CNV 波峰最大，即而逐渐消失）。因此，短时距加工的实验范式与诱发 CNV 的实验过程极其相似，很多研究的结果也证实了这点。两者关系表现在：短时距加工与 CNV 波幅、短时距加工与 CNV 时间历程。波幅是一个诱发某一脑电成份的相应认知任务的加工强度的指标，加工强度越大，波幅越高。Macar 等认为 CNV 波幅可能反映了时间信息的累积过程，相当于时间产生过程中，对来自起搏器释放脉动的累积过程，累积越多，加工强度越大，波幅越高(如图 1 所示)。

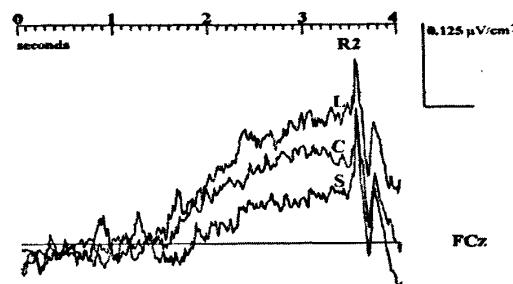


图 1 CNV 波幅与时距估计（采自： Macar et al 1999）

另外，McAdma 的研究曾经发现，随着时间估计练习次数的增多，CNV 波幅也逐渐增大。但随着估计时距准确性的增加，CNV 波幅开始减小。Ladanyi 和 Dubrovsky 的研究发现，在口头估计中，准确估计的 CNV 波幅显著小于估计不准确的 CNV 波幅，并且在高估被试中，高估程度与 CNV 波幅存在显著正相关。同样，Casini 等研究也发现，在时距辨别任务中，正确反映的 CNV 波幅显著小于不正确反应的 CNV 波幅。在不正确的反应中，CNV 波幅的增大可能反映了对靶刺激的不适当的注意努力。这表明准确的时间估计反映了大脑的一种经济、有效的信息加工机制。

另外，CNV 时间历程与短时距加工过程可能存在一定对应关系，大量研究探讨了 CNV 波幅峰 (amplitude peak latency) 或 CNV 负性翻转至基线时间 (latency of zero crossing as the CNV return to baseline) 所对应的短时距加工过程。如果 CNV 能够反映这种比较过程，那么在比较阶段 CNV 的波峰就应该随着靶时距的变化而变化。Pouthas 等认为 CNV 的时间历程与探测刺激时距有关，或反映了靶时距在记忆中的储存。CNV 的波幅峰随着探测刺激时距的增加而延长，在达到靶时距时达到最大。这反

映了在探测刺激时距达到标准刺激时，将停止对冲动的累加过程。也就是当累加器中脉冲的数量超过参照记忆中的存贮的脉冲数量时，开关就会关闭以停止累加过程。在 Pouthas 等人的研究中，采用 0.7s 靶时距，比较刺激从 0.49 到 0.91s，结果表明所有的比较刺激所引发的 CNV 波幅峰与靶时距存在显著的相关。Macar 和 Vidal 采用听觉和触觉刺激，要求被试对 1.250–3.125s 之间时距系列与标准时距 2s 进行相等与否的判断。结果发现在 CPz 点，无论是视觉刺激还是触觉刺激，当比较刺激大于 2s 时，CNV 在 2s 左右达到最大；当比较刺激小于 2s 时，CNV 的最大值与比较刺激时距相对应（如图 2 所示）。因此，Macar 等认为 CNV 的波幅峰反映了时距比较的决策过程。Pfeuty 等在最近研究中采用了两个标准时距 600ms 和 794ms，比较两个标准时距在 CNV 波峰上的差异。如果 CNV 波峰反映了决策过程，那么在以 600ms 为标准刺激的系列中（454, 522, 600, 690 和 794），所引发的 CNV 都在 600ms 达到波峰，同样以 794ms 为标准刺激的刺激系列（600, 690, 794, 912 和 1050）也应在 794ms 到达波峰。结果发现，在额叶中部，波幅并没有在两个时距间产生显著的差异，但是随着靶时距的增加，CNV 波峰也随之后移，也就是两个标准时距所引发 CNV 上支的斜率与时距长度成反比。结果进一步证实 CNV 波峰与短时距加工中的比较决策过程由有关。总之，CNV 波幅、CNV 波幅峰以及 CNV 负性翻转至基线时间是衡量短时距加工电生理学意义的重要指标。

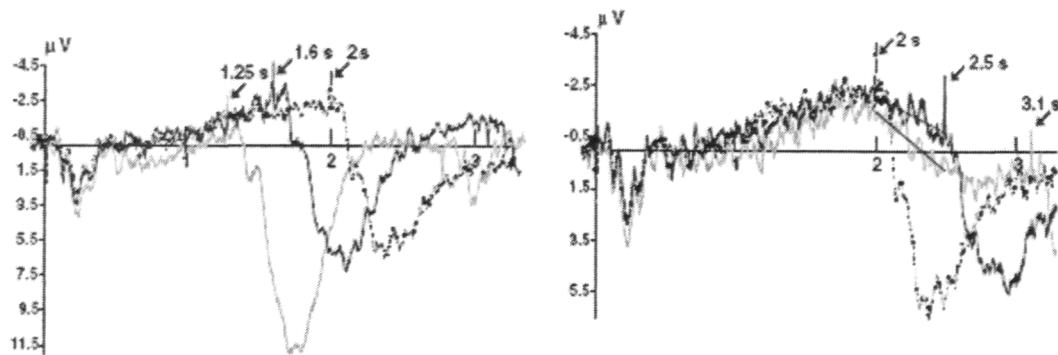


图 2 CNV 波峰与比较时距的关系（采自： Macar et al 2003）

4 短时距加工的分段性研究

人类对时间的认知是无限的，从过去，经过现在直至未来。从时间全程角度揭示人类时间认知的特点一直是研究者努力的方向，比如黄希庭等曾要求被试用时间单位和模糊统计法对过去时间修饰词和未来时间修饰词进行赋值，结果发现人们的过去心

理时间和未来心理时间存在分段性，进而提出了时间认知分段综合模型。所谓时间认知分段综合模型是指人类对时间的认知具有分段性，不同时距具有不同表征，个体无论对哪一种时距的认知均受多种因素，例如事件的数量和结构、通道性质和特点、时序和时点的性质、注意资源、编码方式、分段和提取策略、实验指标，以及个体的时间信念、情绪、疾病等的影响(黄希庭, 2001)。该模型从宏观视角指明了人类的过去时间认知与未来时间认知均存在多种心理机制，每一种长度范畴的心理时间机制受多种因素影响。

目前，关于人类短时距加工是否存在不同机制一直是研究者关注的重要问题之一，围绕这个问题不同研究者从行为学和认知神经科学的角度都给出了回答，主要表现出两类观点，一类研究支持短时距存在多种加工机制的观点，另一类研究则不支持人类短时距存在多种加工机制的观点。

4.1 支持分段的证据

早在1889年，Hugo Münsterberg 提出了预期时距信息加工中存在两种加工机制的观点。这两种机制分别是指1/3秒以内的感觉加工机制和1/3秒以上基于肌肉感知觉体验的加工机制。相似地是，Michon(1985)指出时距加工过程大约在500毫秒左右有一分界点，短于500毫秒的加工具有高度知觉的性质，这种加工发生迅速，同时进行的其他加工对它没有影响，且不受高级认知过程控制(Michon, 1989). 一些研究者对500毫秒以上和以下时距加工机制进行过比较，结果发现500毫秒以上时距加工被认为受高级认知过程控制，当同时执行另一种任务时(Rammsayer, 1994; Rammsayer & Lima, 1991)计时成绩会受影响，而500毫秒以下的加工不受同时执行的任务影响. 另有对记忆紊乱患者的研究表明1秒左右的时距加工能力被消弱，而低于100毫秒的时距加工没受影响(Rammsayer, 1994). 一些研究者(Block, 1990; Cohen, 1966; Fraisse, 1984; Michon, 1985; Pöppel, 1997, 2004)甚至对时距加工提出了一种分类，即时距知觉加工(不超过3秒)和时距估计加工(3秒以上)，继而提出了时距加工双过程模型. 根据双过程模型，超出2-3秒的时距不再被知觉成一个整体，而必须从记忆中进行估计。Pamela Ulbrich (2007)等采用时距复制任务探讨了1-5秒以内时距加工是否存在两种不同机制，研究结果发现2-3秒以内与以上时距加工具有两种机制。Kagerer 等(2002)采用几组脑损伤的病人复制1-5. 5秒的时距，然后对3秒以上和3秒以下的复制时距进行曲线描述，并计算各自平均斜率，结果发现了时距长度效应显著，比如3秒以下时距复制的回归曲线较3秒以上的时距复制的回归曲线更陡。更重要地是发现了时距长度和患者组别的交互作用。大脑半球前部至中央回损伤的患者长时距复

制曲线平均斜率较低，较其它被试有较大时距低估。这意味着损伤脑区涉及到3秒以上的时距加工，但3秒以内时距并没有涉及，因此支持了两种机制的假设。最近一项药理学研究表明药物对时距加工的选择性效应 (Wittmann et al., in press)，二甲-4-羟色胺磷酸被发现显著地消弱了2.5秒以上的时距复制能力，而对2.5秒以下的时距加工并没影响，原因可能在于时距加工中工作记忆成份受到二甲-4-羟色胺磷酸的破坏，而2.5秒以上的时距复制有工作记忆参与。Elbert 和他的同事记录了1-8秒内的视时距复制阶段的事件相关电位。他们报告了3秒以内时距能进行精确的复制，且伴随了一个负性偏转的慢波。这种偏转在时距超过3秒以后会减低甚至消失 (Elbert, Ulrich, Rockstroh, & Lutzenberger, 1991). Lewis等 (2003) 采用核磁共振技术探讨了0.6秒和3秒时距辨别所激活脑区差异，研究结果表明与运动系统有关的一些脑部结构参与了0.6秒的时距加工，而左侧后扣带回和内侧顶叶在3秒时距加工条件下表现出更大的激活，这项研究虽然表明了在0.6秒和3秒的时距加工中有共同脑结构激活，但是激活模式存在差异，这意味着0.6秒和3秒属于两种不同的加工机制。总之，众多研究者从各个角度提供了支持短时距加工机制存在分段的证据。

4.2 不支持分段的证据

Fortin and Couture (2002) 为了验证2-3秒以内和以上的时距加工是否存在记忆负荷效应。他们要求被试复制1.85秒至6.45秒的空时距，同时执行记忆任务。研究者认为特定记忆任务只会在复制阶段占用工作记忆资源，因此他们假定复制时距会随着记忆项目数量增多而延长，但是结果没有发现项目数量和靶时距长度的交互作用。因此，这项研究没有支持短时距加工和长时距加工具有两种机制的假设。Thomas Rammsayer (2005) 等对50毫秒和1秒是否具有两种不同加工机制进行了验证。为此他们采用双任务范式和感觉干扰范式对不同长度的时距加工机制进行了研究。实验1采用心算任务作为非时间加工任务；实验2和实验3分别采用记忆搜索和视空间记忆任务作为非时间加工任务；实验4对标记时距的音调强度进行了操纵。结果表明心算任务和强度操纵均影响两种时距加工的机制，而另两种任务均没有影响任何时距加工机制。研究者将这种干扰模式差异归结于心算任务和强度操纵任务难度高于记忆搜索和视空间记忆任务。因此该研究结果模式并没有支持两种加工机制的观点。Eisler (1976) 采用心理物理的幂函数对标准时距和复制时距的关系进行了描述。为此他归纳了从1868年至1975年大量时距复制研究，发现平均幂函数指数为.81. 一些最近研究也得出类似结果 (Eisler& Eisler, 1992, 1994). 幂函数指数曲线随着横坐标值的增加变得更平坦，这也能解释短时距范畴的精确估计和长时距范畴的明显低估现象，因此这种

幂函数的描述不支持两种加工机制的观点。Gibbons等(2004)采用ERP技术对2秒、4秒及6秒的听时距加工是否具有不同加工机制进行了验证,结果没有支持具有多种加工机制的观点,即三种时距加工诱发的负性慢波并没有体现出机制差异。当然,该研究在复制阶段没有安排任何非时间加工任务同时执行。此外,被试在每次完成任务之后获得反馈并为较高任务正确率获得相应报酬。因此被试极有可能采用计数策略,从而涉及不同脑部结构(Hinton, Harrington, Binder, Durgerian&Rao, 2004)。总之,众多研究者从各个角度提供了不支持短时距加工机制存在分段的证据。

4.3 对证据分歧的反思

研究者曾采用多条途径对秒至分钟范围内人类和动物时距加工机制进行过探究。一些研究不支持短时距加工机制分段性特点(Eisler, 1976, 1992, 1994; Fortin, 2002; Gibbons, 2004; Rammsayer, 2005; 张志杰, 2006)。而另一些研究则支持短时距加工机制分段性特点(Elbert, 1991; Fraisse, 1984; Mauk &Buonomano, 2004; Pöppel, 1997; Wittmann, 1999; Ulbrich, 2007)。根据时间认知分段综合模型的观点,人类对时间的认知具有分段性,不同时距具有不同表征,个体无论对哪一种时距的认知均受多种因素,譬如通道性质和特点、研究方法、实验指标等的影响。因此,目前研究中的短时距加工机制的分段性问题没有取得一致结论的原因,一个可能与所采用的研究任务和方法有关,每一种任务或方法所带来的额外变量对计时加工的影响并不一致;另一个主要原因就是在不同实验中所选取的实验指标不同,譬如张志杰等以CNV波幅峰的位置为指标、Elbert等以CNV的平均波幅为指标、Ulbrich等以复制时距的比率分数和差异系数为指标;还有一个原因为在不同研究采用标记时距信号的通道不同,譬如Fortin(2002)、Gibbons(2004)和Rammsayer(2005)采用听觉信号标记时距,结果均不支持短时距加工机制的分段特点;而Elbert(1991)和Ulbrich(2007)采用视觉信号标记时距,结果均支持短时距加工机制的分段特点,但张志杰等(2006)等采用视觉信号标记时距,结果却不支持短时距加工机制的分段特点;尤其值得关注的一个原因是各项研究选取的时距长度根据不同的标准应该可能会出现两种情况,譬如,500毫秒与1500毫秒,对于300毫秒的分段标准来说应该属于相同加工机制,但对于1000毫秒的分段标准来说这两种时距加工则应该属于不同机制。总之,关于短时距加工机制分段性问题需要在特定的情境下进行,否则将出现矛盾的结论。

5 视觉短时距加工的分段性探讨

从运动中肌肉的协调，音乐、言语节奏的感知到驾车、行走等都需要时距信息加工过程的参与，但至今我们仍不清楚感受时距信息的特定感受器官。时距信息是刺激本身的固有属性，时距信息加工必须依赖于其他刺激属性，如形状、颜色、强度等。换言之，我们尽管不是通过感觉通道来感受时距信息，但是时距信息加工也离不开感觉通道。一些研究也表明了短时距加工中存在通道效应(Penney, et al., 2000, 2005)。在人类感觉系统中，视觉明显地占主导地位，因此研究感知觉现象总是从研究视觉开始的。视觉在人类感知过程中担负着重要任务。人类接受的环境信息绝大部分是经视觉传入脑中，再做出反应的(杨治良, 2003)。因此，我们在探讨短时距加工机制分段性问题时，应该首先关注视觉短时距加工机制分段性问题。目前，关于视觉短时距加工机制分段性问题主要表现出两种观点：支持分段和不支持分段。譬如Ulbrich (2007) 等采用视、听时距复制任务探讨了1-5秒以内的时距加工是否存在两种不同机制，结果表明2-3秒以下与2-3秒以上时距加工机制不同。Elbert 和他的同事记录了1-8秒内的视时距复制阶段的事件相关电位，结果发现3秒以内时距能精确复制，且伴随了一个负性偏转的慢波，偏转在时距超过3秒以后减低甚至消失(Elbert, Ulrich, Rockstroh, & Lutzenberger, 1991)。而张志杰等 (2006) 采用记录了400毫秒和1600毫秒的时距加工是否存在两种不同机制，结果没有支持不同长度时距加工具有不同机制的观点。由此看来，即使同样采用视觉通道呈现时距信号，还是有其他很多因素影响着人们对视觉短时距加工机制分段性特点的判断。因此，视觉短时距加工机制的分段性问题将是目前值得探究的重要课题之一。

第二部分 问题提出与研究方案

1 问题提出

正如上所述，视觉短时距加工机制分段性问题一直是时间心理学研究者关注的重要课题之一，尽管在该领域中积累了一些证据，但存有争议。概括起来，这些问题主要包括以下两个方面：

其一：视觉短时距加工机制是否存在分段性。单一机制模型均强调视觉短时距加工可以用一种机制来解释 (Eisler, 1976, 1992, 1994; 张志杰, 2006)；而双重机制模型则认为视觉短时距加工存在两种可能不同加工机制，一种为自动化加工机制，依赖于感觉通道，不受注意和工作记忆资源的影响；另一种为认知控制加工机制，不依赖于感觉通道，受注意和工作记忆资源的影响 (Fraisse, 1984; Mauk & Buonomano, 2004; Pöppel, 1997; Ulbrich 2007; Wittmann, 1999)。我们推测出现这种争议的原因之一是不同研究采用的研究途径，而每一种途径依据原理不同（譬如双任务范式研究是通过比较各种认知负荷对不同长度时距加工机制的影响；电生理学研究则是比较不同长度时距加工诱发的慢波特征差异），所涉及的额外变量对时距加工影响也并不一致，所采用因变量指标灵敏性也存在差异；另一个原因就是在不同实验中所选取时间长度并不一致，而这些实验所选取时距长度根据不同标准可能会出现两种情况，譬如，1秒与5秒，对于3秒的分段标准来说应该属于不同加工机制，但对于1秒的分段标准来说这两种时距加工则应该属于相同机制。未来研究应该选取包括所有分段临界点的时距长度，采用特定的途径对视觉短时距加工机制的分段问题进行针对性考察。

其二：视觉短时距加工机制是否存在统一分段临界点。短时距加工机制分段性问题被提出以来，研究者们采用多种手段（行为学研究和电生理学研究等）开展了一系列工作，结果发现分段临界点并不一致 (Block, 1990; Cohen, 1966; Elbert, 1991; Fraisse, 1984; Hugo, 1889; Kagerer, 2002; Madison, 2001; Michon, 1978, 1985; Pöppel, 1978, 1997; Rammsayer, 1994; Szelag, 2002)。推测原因可能是采用的研究途径不同，而每一种途径所依据原理不同，混淆的额外变量对时距加工的影响不一致，采用因变量指标灵敏性存在差异，因此分段临界点的位置也可能不同。那么在具体的视觉短时距加工机制分段临界点是否也会随着研究途径的不同而有所差异呢？显然，这是一个亟待解决的重要课题。

本研究旨在对视觉短时距加工机制的分段性和分段临界点问题进行探讨，期待为未来彻底揭示短时距加工机制的分段性特点奠定基础。

2 研究假设

本研究主要从“分段”的角度对视觉短时距的加工机制进行探讨。实验1-实验5采用双任务范式操纵非时间加工的负荷以考察不同视时距加工的负荷效应，预期存在某一分段临界点，这个分界点以下视觉时距加工可能不受认知资源影响，以上的视觉时距加工可能受认知资源的影响；实验6-8采用ERP技术记录不同视觉时距加工过程中CNV成分，预期分段临界点以下与临界点以上的CNV成分的特征可能存在差异；实验1-5与实验6-8采用的研究途径不同，每一种途径所操纵的自变量、控制的额外变量以及因变量的测量均存在差异，因此预期分段临界点可能也不同。

3 研究方案

3.1 采用双任务作业探讨分段性问题的研究

实验1、实验2：1-6秒视时距加工中的时序判断负荷效应研究

实验3、实验4：1-6秒视时距加工中的记忆搜索负荷效应研究

实验5：1秒以下与1秒以上视时距加工中的记忆搜索负荷效应研究

3.2 采用电生理学技术探讨分段性问题的研究

实验6：2, 4, 6秒视时距加工中诱发的CNV特征差异

实验7：1秒以下与1秒以上视时距加工中诱发的CNV特征差异

实验8：1秒以上视时距加工中诱发的CNV特征

第三部分 实验研究

本研究从行为学和认知神经科学角度设计了八个实验，旨在系统考察视觉短时距加工机制的分段性问题，并进而探索视觉短时距加工的分段临界点位置。实验1-5采用双任务范式探讨视觉短时距加工的分段性和分段临界点问题；实验6-8采用ERP技术探讨了视觉短时距加工的分段临界点问题。

实验一 1-6 秒视时距加工中的时序判断负荷效应研究

1 目的

采用时距复制任务和时序判断任务相结合的双任务范式，探究不同时序加工负荷对时距复制的影响，以便为视觉短时距加工是否存在分段性提供证据。

2 假设

如果存在某一分段临界点，那么临界点以上的时距加工可能受时序加工负荷的影响，而临界点以下的时距加工可能不受时序加工负荷的影响。

3 方法

3.1 被试

26名自愿参与本实验、视力或矫正视力正常的各系科大学生，其中年龄最小的18岁，最大的23岁，平均年龄为19.7岁，标准差为1.2岁。所有被试均熟悉计算机基本操作，并被告知在实验结束后将得到一定的酬劳。被试无既往精神疾病或神经功能障碍史，无色觉障碍，均为右利手。

3.2 设备和刺激材料

计算机(Pentium IV 1.6GHz处理器，512MB内存，32MB内存；19" 显示器，1024×768分辨率，刷新率100Hz，刷新周期约10ms)一台，标准MS键盘。采用E-Studio(E-prime V1.23)编写实验程序，并收集数据。参考Fortin(2007)的研究，本实验中字母串学习

阶段采用的刺激是七个辅音 (D, Q, G, R, S, P, F) 和三个元音 (A, E, U), 字体和大小为宋体40号; 字母的呈现颜色为黑色而背景为白色, 呈现视角为高0.4°, 宽0.2° (见图3左)。时距学习阶段采用的刺激是一个无填充的黑色正方形和一个中间填充有

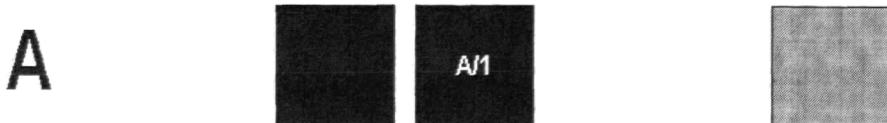


图3 实验一刺激材料示意

(左为字母串学习时的字母材料; 中为时距学习时的材料; 右为时距复制时的材料)

字母和数字的黑色正方形, 两种正方形大小均为2厘米×2厘米。黑色正方形中填充的字母和数字均为白色, 字体和大小为宋体20号。字母为学习过的字母串中的一个, 数字包括1, 2, 3, 4等四种情况 (见图3中)。时距复制阶段采用的刺激是与时距学习阶段相同大小的灰色正方形 (见图3右)。所有刺激由Photoshop6.0制作而成的BMP格式的图片。

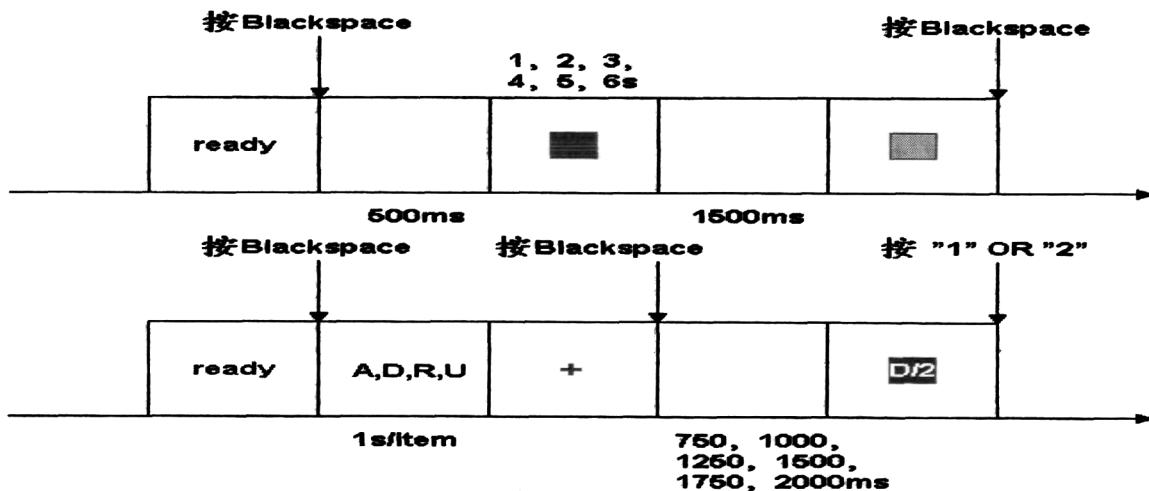


图4. 实验一中的刺激流程

(上图: 时间复制单任务刺激流程; 下图: 时序判断单任务刺激流程)

3.3 实验设计

将26名被试随机分成两组。14人先后参加时序判断的反应时任务 (单任务) 和时间复制任务 (单任务), 两种任务出现的先后顺序为被试间平衡; 12人参加双任务 (时序判断和时间复制)。反应时单任务中的自变量为字母串容量 (2个和4个), 因变量为

时序判断的反应时和错误次数。时间复制单任务中的自变量为时距类型（1秒，2秒，3秒，4秒，5秒，6秒），因变量为时距复制的绝对长度。双任务中的自变量为时距类型（1秒，2秒，3秒，4秒，5秒，6秒）和字母串容量（2个和4个），因变量为时序判断的错误次数和时距复制的绝对长度。

3.4 实验与统计程序

（一）单任务组的流程：

指导语1：同学，欢迎你参与实验，实验数据仅供研究之用，绝不外泄！你认真参与实验是我们实验成功的根本保证。请按提示输入你的有关资料。（主试口述）

（a）：主试要求被试端坐于计算机屏幕正前方60cm处，启动实验程序，首先要求被试按屏幕提示输入性别、年龄、系科等人口统计学变量，接着自行阅读实验指导语，主试就可能的疑问进行讲解，直到被试完全理解任务要求后自行按空格键进入练习。

指导语2：本实验旨在检查你复制时距和记忆字母位置的能力。整个实验包括练习阶段和正式实验阶段。准备好之后，请按空格键进入练习阶段。（屏幕显示）

指导语3：欢迎你进入练习阶段。这个阶段包括2个区组的测试，一为单任务时间复制测试区组，每次测试开始前屏幕上出现“准备好之后请按空格键开始”，按下空格键，之后出现一个黑色正方形，黑色正方形在屏幕上停留一段时间之后消失，然后间隔一段时间出现一个灰色正方形，当你觉得灰色正方形在屏幕上停留的时间与刚才黑色正方形相等时请按空格键。另一为单任务时序判断区组，每次测试开始前屏幕上出现“准备好之后请按空格键开始”，按下空格键，相继出现一系列字母（每次测试呈现字母数量不等），数字呈现完毕后又出现“+”，此时你务必复述刚才学习过的字母位置，直到你确信已记住每一个字母的位置之后，按空格键继续，间隔一段时间之后，屏幕上出现填充有黑色正方形和字母及数字（比如D/2，意味着要求判断字母“D”在刚才的字母序列中是否为第二个出现），要求你又快又准地判断字母在字母串中的位置是否与数字符合。当符合时，请按“1”；当不符合时，请按“2”。（屏幕显示）

（b）练习阶段。练习阶段包括时间复制单任务区组和时序判断单任务区组。时间复制单任务区组包括12次测试，每种条件（1秒、2秒、3秒、4秒、5秒、6秒）完成2次测试；时序判断任务包括12次测试，2字母条件为6次测试（3次为正确位置，3次为错误位置），4字母条件为6次测试（3次为正确位置，3次为错误位置）。练习阶段在主试在场的条件下由被试完成，旨在让被试熟悉实验程序。练习阶段完成之后进入正式实验阶段。

指导语4：欢迎你进入正式实验阶段。正式实验的刺激流程除了每一组的测试次数更多之外，其余与练习阶段基本相同。（屏幕显示）

（c）正式实验阶段。正式实验阶段包括2个区组，1个区组为时序判断单任务，1

一个区组为时间复制单任务，两种区组实验顺序为被试间平衡。时序判断区组包括120次测试(为了确保与双任务时时序判断次数相等，以便比较单任务和双任务条件下时序判断成绩的异同)。2字母条件为60次测试(30次为正确位置，30次为错误位置)，4字母条件为60次测试(30次为正确位置，30次为错误位置)。时间复制任务区组包括60次测试，每一种靶时距条件下为10次测试。时序判断任务开始和时间复制任务的编码及提取阶段的开始由被试控制，旨在让被试能以较高注意水平投入到当前任务中。

(d) 后继处理和统计

实验结束后，主试就实验过程及被试回答情况(如是否出现疲劳、误答、程序显示问题和可能采用的策略)进行询问和记录。实验数据由E-prime程序自动记录，所有被试数据经E-prime工具合并后导入SPSS For Windows 11.0进行统计分析。

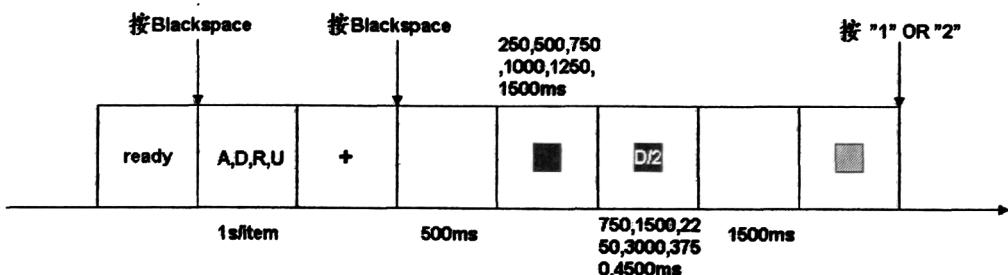


图5. 实验一双任务加工流程图

(二) 双任务组的流程

指导语1：同学，欢迎你参与实验，实验数据仅供研究之用，绝不外泄！你认真参与实验是我们实验成功的根本保证。请按提示输入你的有关资料。(主试口述)

(a)：主试要求被试端坐于计算机屏幕正前方60cm处，启动实验程序，首先要求被试按屏幕提示输入性别、年龄、系科等人口统计学变量，接着自行阅读实验指导语，主试就可能的疑问进行讲解，直到被试完全理解任务要求后自行按空格键进入练习。

指导语2：本实验旨在检查你复制时距的能力。整个实验包括练习阶段和正式实验阶段。准备好之后，请按空格键进入练习阶段。(屏幕显示)

指导语3：欢迎你进入练习阶段。测试开始前屏幕上出现“准备好之后请按空格键开始”，然后相继出现一系列字母(每次测试呈现字母数量不等)，数字呈现完毕后又出现“+”，此时你务必复述刚才学习过的字母位置，直到你确信已记住每一个字母的位置之后，按空格键继续，间隔一段时间之后，屏幕上首先出现一个黑色正方形，黑色正方形持续呈现一段时间之后，在中间出现一个字母和数字(比如D/2，意味着要求你判断字母“D”在刚才的字母序列中为第二个出现)，黑色正方形和字母一起持续呈现一段时间之后消失，然后间隔一段时间之后出现一个灰色正方形。当你觉得灰色正方形的持续呈现的时间长度与黑色正方形在屏幕上的整个停留时间相等时，且字母位置正确时，请按“1”；探测字母位置错误时，请按“2”。之后会给出你时序判断的反馈。(屏幕显示)

(b) 练习阶段。练习阶段包括1个双任务区组。双任务区组包括24次测试，要求同时完成时序判断任务和时间复制任务(6种靶时距×2种负荷条件)，每种条件下各完成2次测试，其中1次为肯定测试，1次为否定测试。肯定测试即编码阶段呈现的字母位置与实际位置符合，反之为否定测试。练习阶段在主试在场的条件下由被试完成，旨在让被试熟悉实验程序。练习阶段完成之后进入正式实验阶段。

指导语4：欢迎你进入正式实验阶段。正式实验的刺激流程除了包括5个区组的测试之外，其他与练习阶段相同(屏幕显示)

(c) 正式实验阶段。正式实验阶段包括5个区组，每个区组包括24次测试，每种条件包括2次测试，其中1次为肯定测试，1次为否定测试。时间复制任务的编码和提取阶段的开始由被试控制，旨在让被试能以较高的注意水平投入到时距加工中。

(d) 后继处理和统计

实验结束后，主试就实验过程及被试回答情况(如是否出现疲劳、误答、程序显示问题和可能采用的策略)进行询问和记录。实验数据由E-prime程序自动记录，所有被试数据经E-prime工具合并后导入SPSS For Windows 11.0进行统计分析。

4、结果与分析

在时间复制单任务中，排除超出平均值(每一个被试在每一种条件下的复制时间长度平均值)2.5个标准差的数据共36个，占总测试数的4.28%(840)；在时序判断单任务中排除错误判断测试的数据共60个，占总测试数的3.5%(1680)，然后排除反应时超出平均值2.5个标准差的数据36个，占总测试数的2.12%(1680)；在双任务中先排除错误判断测试的数据共93个，占总测试数的6.45%(1440)，然后根据超出平均值(每一个被试在每一种条件下)2.5个标准差的标准再排除70个，占总测试数的4.86%(1440)。

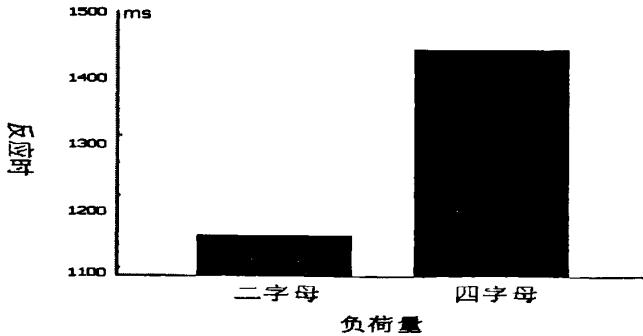


图6. 二字母负荷与四字母负荷条件下的时序判断反应时

4.1 时序判断任务

单任务中2字母负荷与4字母负荷的条件之间的时序判断反应时配对T检验得, $t_{13}=-8.69$, $p=.001$, 这说明从4个字母中提取目标字母较从2个字母中提取目标字母花时间多。单任务中2字母负荷与4字母负荷条件之间的时序判断错误次数配对T检验得, $t_{13}=-2.387$, $p=.033$, 这说明从4个字母中提取目标字母较从2个字母中提取目标发生更多的错误。这两者均说明了从4个字母中提取目标字母较从2个字母中提取目标的任务难度大。双任务中2字母负荷与4字母负荷条件之间的时序判断的错误次数配对T检验得, $t_{11}=-6.167$, $p=.001$, 这也说明了在双任务背景下从4个字母中提取目标字母较从2个字母中提取目标的任务难度大。为了进一步说明时距加工是否会影响时序判断, 特分别对2字母负荷和4字母负荷条件之间进行比较, 结果表明: $t_{24}=-3.280$, $sig=.003$; $t_{24}=-4.971$, $sig=.001$. 这说明时距复制也影响了时序判断。

表2 零字母与二字母条件下时序判断负荷效应独立样本T检验结果

时距	df	t	Sig.
1秒	24	-3.068	.005**
2秒	24	-.960	.346
3秒	24	-.021	.983
4秒	24	.076	.454
5秒	24	2.205	.037*
6秒	24	3.039	.006**

注: * $p<.05$; ** $p<.01$; *** $p<.001$

表3 零字母与四字母条件下时序判断负荷效应独立样本T检验结果

时距	df	t	Sig.
1秒	24	-2.205	.012*
2秒	24	.219	.830
3秒	24	.483	.633
4秒	24	.391	.699
5秒	24	2.510	.019*
6秒	24	2.518	.019*

注: * $p<.05$; ** $p<.01$; *** $p<.001$

表4 二字母与四字母条件下时序判断负荷效应重复测量方差分析结果

变异数	df	F	Sig.
负荷	1	.010	.923
时距	5	115.498	.000***
负荷×时距	5	.934	.466

注: * $p<.05$; ** $p<.01$; *** $p<.001$

4.2 时间复制任务

为了检验时序判断的负荷效应是否在不同长度时距加工中存在差异。将单任务时间复制记为0字母负荷条件，而将双任务时间复制分别记为2字母负荷和4字母负荷条件。将0字母负荷与2字母负荷之间的6种长度的复制时距（1秒，2秒，3秒，4秒，5秒，6秒）分别作独立T检验， $t_{24}=-3.068, p=.005$; $t_{24}=-.960, p=.346$; $t_{24}=-.021, p=.983$; $t_{24}=.760, p=.454$; $t_{24}=2.205, p=.037$; $t_{24}=3.039, p=.006$. 将0字母负荷与4字母负荷等之间的6种长度的复制时距（1秒，2秒，3秒，4秒，5秒，6秒）分别作独立样本T检验， $t_{24}=-2.205, p=.012$; $t_{24}=.219, p=.830$; $t_{24}=.483, p=.633$; $t_{24}=.391, p=.699$; $t_{24}=2.510, p=.019$; $t_{24}=2.518, p=.019$; 另外对2字母负荷与4字母负荷之间进行二因素重复测量分析结果表明，时距类型主效应显著， $F(5, 55)=115.498, P=.001$; 负荷主效应不显著， $F(1, 11)=.010, P=.923$; 交互作用不显著， $F(5, 55)=.934, P=.466$ 。这说明了时序判断的负荷从无（0字母负荷）到有（2字母负荷或4字母负荷）时，对1秒、5秒、6秒的时距复制有影响，而对2秒、3秒、4秒时距复制无影响。2字母串与4字母串条件时距复制的负荷效应在六种时距上均无显著差异。

5 讨论

本实验发现0字母负荷较2字母负荷条件下以及0字母负荷较4字母负荷条件下的复制时距直至5秒出现了差异，这可能说明4-5秒为分段的临界点；而对于1秒条件也出现了负荷效应，这可能是1秒靶时距较短，而在双任务条件下1秒过程中需要完成时距信号的启动、时距信号的关闭、时序判断及运动准备等加工，因此被试极有可能只是粗略地估计时间，象征性地准确完成按键操纵。另外对于2字母负荷与4字母负荷条件下没有出现负荷效应，这可能是两种条件下难度差异没有足够大，以致不能使这种负荷差异体现在时距复制长度的差异上。根据实验1的结果，为了排除0字母负荷与2字母负荷，4字母负荷条件下复制时距差异是由编码阶段的方式（0字母负荷为无中断编码，而2字母负荷和4字母负荷条件下为间断编码）而致的可能性，在实验2中，0字母负荷条件下也采用间断编码方式，且将实验2设计成 3×6 的被试内设计；另外为了让负荷效应更明显，将字母容量的三种条件分别设定为0字母负荷，3字母负荷及6字母负荷，且将每一种条件由实验1中重复测量10次增加为16次。

实验二 1-6 秒视时距加工中的时序加工负荷效应研究

1 目的

在实验1基础上, 将单任务和双任务置于相同实验背景下, 并扩大了负荷差异, 增加了每种条件下的测试次数, 以使负荷效应更明显。

2 假设

如果存在某一分段临界点, 那么临界点以上时距加工可能受时序加工负荷的影响, 而临界点以下时距加工可能不受时序加工负荷的影响。

3、方法

3.1 被试

30名自愿参与本实验、视力或矫正视力正常的各系科大学生, 其中年龄最小的18岁, 最大的24岁, 平均年龄为20.3岁, 标准差为1.3岁。所有被试均熟悉计算机基本操作, 并被告知在实验结束后将得到一定的酬劳。被试无既往精神疾病或神经功能障碍史, 无色觉障碍, 均为右利手。其中1名被试在进行时序判断的单任务时, 中途退出实验。

3.2 设备和刺激材料

计算机(Pentium IV 1.6GHz处理器, 512MB内存, 32MB内存; 19" 显示器, 1024×768分辨率, 刷新率100Hz, 刷新周期约10ms)一台, 标准MS键盘。采用E-Studio(E-prime V1.23)编写实验程序, 并收集数据。为尽可能使字母串的重复概率降低, 本实验中字母串学习阶段采用的刺激为15个字母: F, G, H, I, J, K, L, M, N, O, P, Q, R, S, T, 字体和大小为宋体40号; 字母的呈现颜色为黑色而背景为白色。呈现视角为高0.4°, 宽0.2°(见图7左)。双任务条件下的时距学习阶段采用的材料为一个黑色正方形和一个填充有字母和数字的黑色正方形, 正方形大小为2厘米×2厘米, 填充的字母和数字的字体和大小为宋体20号(见图7中); 时距复制阶段采用的材料为一个灰色正方形, 大小为2厘米×2厘米(见图7右)。单任务条件下的时序判断的材料为一个填充字母和数字的黑色正方形, 大小为正方形大小为2厘米×2厘米, 填充字母和数字的字体和大小为宋体

20号（见图7中）。所有刺激由Photoshop6.0制作而成的BMP格式的图片。

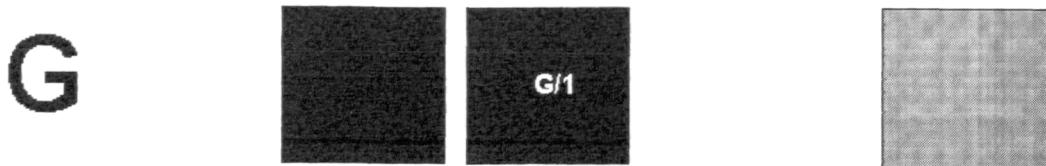


图7实验二刺激材料示意

（左为字母串学习时的字母材料；中为时距学习时的材料；右为时距复制时的材料）

3.3 实验设计

将30名被试随机分成两组。15人参加时序判断的反应时任务（单任务）；15人参加双任务（时序判断和时间复制）。反应时单任务中的自变量为字母串容量（3个和6个），因变量为时序判断反应时和错误次数。双任务中的自变量为时距类型（1秒，2秒，3秒，4秒，5秒，6秒）和字母串容量（0个，3个，6个），因变量为时序判断错误次数和时距复制绝对长度。

3.4 实验与统计程序

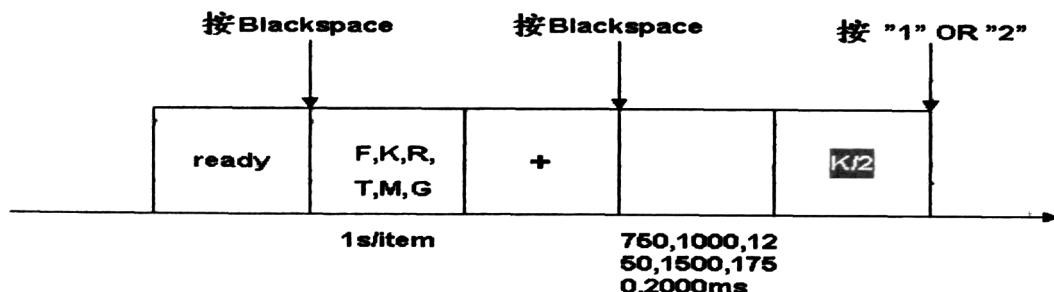


图8. 实验二中单任务时序判断流程

（一）单任务组的流程：

指导语1：同学，欢迎你参与实验，实验数据仅供研究之用，绝不外泄！你认真参与实验是我们实验成功的根本保证。请按提示输入你的有关资料。（主试口述）

（a）：主试要求被试端坐于计算机屏幕正前方60cm处，启动实验程序，首先要求被试按屏幕提示输入性别、年龄、系科等人口统计学变量，接着自行阅读实验指导语，主试就可能的疑问进行讲解，直到被试完全理解任务要求后自行按空格键进入练习。

指导语2：本实验旨在检查你记忆字母位置的能力。整个实验包括练习阶段和正式实验阶段。准备好之后，请按空格键进入练习阶段。（屏幕显示）

指导语3：欢迎你进入练习阶段。每次测试开始前屏幕上出现“准备好之后请按空格键开始”，按下空格键，

相继出现一系列字母（每次测试呈现字母数量不等），数字呈现完毕后又出现“+”，此时你务必复述刚才学习过的字母位置，直到你确信已记住每一个字母的位置之后，按空格键继续，间隔一段时间之后，屏幕上出现填充有黑色正方形和字母及数字（比如K/2，意味着要求判断字母“K”在刚才的字母序列中是否为第二个出现），要求你又快又准地判断字母在字母串中的位置是否与数字符合。当符合时，请按“1”；当不符合时，请按“2”。（屏幕显示）

(b) 练习阶段。练习阶段包括1个时序判断单任务区组。时序判断任务包括12次测试，3字母负荷条件为6次测试（3次为正确位置，3次为错误位置），6字母负荷条件为6次测试（3次为正确位置，3次为错误位置）。练习阶段在主试在场的条件下由被试完成，旨在让被试熟悉实验程序。练习阶段完成之后进入正式实验阶段。

指导语4：欢迎你进入正式实验阶段。正式实验的刺激流程除了测试区组为8组，每一组的测试次数更多之外，其余与练习阶段基本相同。（屏幕显示）

(c) 正式实验阶段。正式实验阶段包括2个时序判断区组。每个区组包括96次测试，3字母负荷条件为48次测试（24次为正确位置，24次为错误位置），6字母负荷条件为48次测试（24次为正确位置，24次为错误位置）。整个阶段包括192次时序判断测试（为了确保与双任务时时序判断次数相等，以便比较单任务和双任务条件下时序判断的成绩异同）。时序判断任务的开始由被试控制，旨在让被试能以较高的注意水平投入到当前任务加工中。

(d) 后继处理和统计

实验结束后，主试就实验过程及被试回答情况（如是否出现疲劳、误答、程序显示问题和可能采用的策略）进行询问和记录。实验数据由E-prime程序自动记录，所有被试数据经E-prime工具合并后导入SPSS For Windows 11.0进行统计分析。

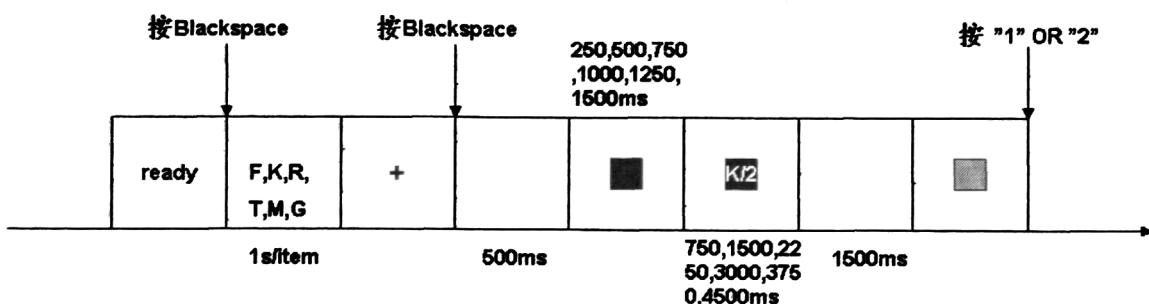


图9. 实验二中双任务流程

(二) 双任务组的流程

指导语1：同学，欢迎你参与实验，实验数据仅供研究之用，绝不外泄！你认真参与实验是我们实验成功的

根本保证。请按提示输入你的有关资料。(主试口述)

(a): 主试要求被试端坐于计算机屏幕正前方60cm处, 启动实验程序, 首先要求被试按屏幕提示输入性别、年龄、系科等人口统计学变量, 接着自行阅读实验指导语, 主试就可能的疑问进行讲解, 直到被试完全理解任务要求后自行按空格键进入练习。

指导语2: 本实验旨在检查你复制时距和记忆字母位置的能力。整个实验包括练习阶段和正式实验阶段。准备好之后, 请按空格键进入练习阶段。(屏幕显示)

指导语3: 欢迎你进入练习阶段。测试开始前屏幕上出现“准备好之后请按空格键开始”, 然后相继出现一系列字母(每次测试呈现字母数量不等, 0负荷条件下没有字母呈现), 数字呈现完毕后又出现“+”, 此时你务必复述刚才学习过的字母位置, 直到你确信已记住每一个字母的位置之后, 按空格键继续, 间隔一段时间之后, 屏幕上首先出现一个黑色正方形, 黑色正方形持续呈现一段时间之后, 在中间出现一个字母和数字(比如K/2, 意味着要求你判断字母“K”在刚才的字母序列中为第二个出现), 黑色正方形和字母一起持续呈现一段时间之后消失, 然后出现一个灰色正方形。当你觉得灰色正方形的持续呈现的时间长度与黑色正方形在屏幕上的整个停留时间相等时, 且字母位置正确时, 请按“1”; 探测字母位置错误时, 请按“2”。之后会给出你时序判断的反馈。(屏幕显示)

(b) 练习阶段。练习阶段包括1个双任务区组。双任务区组包括36次测试, 要求同时完成时序判断任务和时间复制任务(6种靶时距×3种负荷条件), 每种条件下各完成2次测试, 其中在3字母负荷与6字母负荷条件下肯定测试和否定测试各占1次。练习阶段在主试在场的条件下由被试完成, 旨在让被试熟悉实验程序。练习阶段完成之后进入正式实验阶段。

指导语4: 欢迎你进入正式实验阶段。正式实验阶段除了区组数多于练习阶段之外, 其余与练习阶段相同(屏幕显示)

(c) 正式实验阶段。正式实验阶段包括2个区组, 每个区组包括144次测试。每一种负荷条件包括48次测试(0负荷区组即只需要复制时距, 每一种时距复制各占8次)。其中3负荷和6负荷条件下每种测试各占8次测试, 4次为肯定测试, 4次为否定测试。时间复制任务的编码和提取阶段的开始由被试控制, 旨在让被试能以较高的注意水平投入时距加工中。

(d) 后继处理和统计

实验结束后, 主试就实验过程及被试回答情况(如是否出现疲劳、误答、程序显示问题和可能采用的策略)进行询问和记录。实验数据由E-prime程序自动记录, 所有被试数据经E-prime工具合并后导入SPSS For Windows 11.0进行统计分析。

4、结果与分析

在时序判断单任务中的排除错误判断测试的数据181个，占总测试数的6.73% (2688)，然后根据超出平均值（每一个被试在每一种负荷条件下的反应时平均值）2.5个标准差的标准，排除数据60个，占总测试数的2.23% (2688)；在双任务中先排除错误判断的测试数据共256个，占总测试数的8.89% (2880)，然后根据超出平均值（每一个被试在每一种负荷条件下的复制时间长度平均值）2.5个标准差的再排除189个，占总测试数的4.37% (4320)。

4.1 时序判断任务

单任务中3字母负荷与6字母负荷条件之间的时序判断错误次数配对T检验 $t_{13}=-6.001, p=.001$ ，这说明从3字母中搜索目标字母较从6字母中搜索目标字母发生错误少。单任务中3字母负荷与6字母负荷条件之间的时序判断反应时配对T检验 $t_{13}=-14.746, p=.001$ 。这说明从3字母中搜索目标字母较从6字母中搜索目标字母花的时间少。两者均说明了从3字母中搜索目标字母较从6字母中搜索目标字母难度低。

双任务中3字母负荷与6字母负荷条件之间的时序判断错误次数的配对T检验 $t_{14}=-3.926, p=.002$ ，这说明在双任务中从3字母中搜索目标字母较从6字母中搜索目标字母发生错误少。为了进一步说明时距加工是否会影响时序判断，特分别对3字母负荷和6字母负荷在单双任务下的情况进行比较，结果表明： $t_{27}=2.905, \text{sig}=.007$ ，这说明从3字母中搜索目标字母位置在单任务较双任务条件下错误次数低； $t_{27}=.511, \text{sig}=.614$ ，这说明从6字母中搜索目标字母位置在单任务较双任务条件下错误次数无差异。

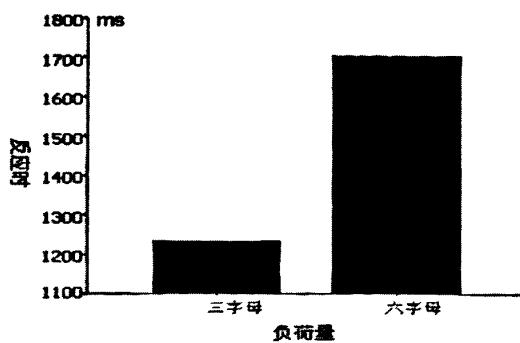


图10. 三字母负荷与六字母负荷条件下的时序判断反应时

4.2 时间复制任务

表5 三种时距判断负荷效应重复测量方差分析结果

变异源	df	F	Sig.
负荷	2	6.721	.004 **
时距	5	247.123	.000 ***
负荷×时距	10	6.681	.000 ***

注: *p<.05; **p<.01; ***p<.001

表6 六种时距条件下的时序判断负荷效应重复测量方差分析

时距	df	F	Sig.
1秒	2	1.868	.173
2秒	2	1.827	.180
3秒	2	.540	.589
4秒	2	12.925	.000 ***
5秒	2	7.706	.002 **
6秒	2	8.010	.002 **

注: *p<.05; **p<.01; ***p<.001

对双任务中复制时间长度进行 3×6 的二因素重复测量分析可知, $F(2, 28)=6.721, \text{sig}=.004$; $F(5, 70)=247.123, \text{sig}=.001$; $F(10, 140)=6.681, \text{sig}=.001$ 。这说明负荷主效应显著, 时距类型主效应显著, 两者交互作用显著, 进一步简单效应分析: 1秒、2秒、3秒条件下负荷条件效应不显著 $F(2, 28)=1.868, \text{sig}=.173$; $F(2, 28)=1.827, \text{sig}=.180$; $F(2, 28)=.540, \text{sig}=.589$; 4秒, 5秒及6秒条件下负荷条件效应显著 $F(2, 28)=12.925, \text{sig}=.001$; $F(2, 28)=7.706, \text{sig}=.002$; $F(2, 28)=8.010, \text{sig}=.002$ 。为了明确在4秒、5秒及6秒条件下各种负荷之间效应是否差异显著, 特对三种条件下的负荷效应分别进行多重比较得: 4秒、5秒、6秒条件下, 0字母负荷与6字母负荷之间效应差异显著($p=.009$; $p=.021$; $p=.039$), 3字母负荷与6字母负荷之间效应差异不显著($p=.09$; $p=.125$; $p=.112$)。

5 讨论

实验2中发现负荷与时距类型之间存在交互作用, 进一步简单效应分析发现1秒、2秒、3秒条件下负荷效应不显著, 4秒、5秒、6秒条件下负荷效应显著。这说明了3秒以内的时距加工不受认知负荷的影响, 而4秒以上的时距加工受认知负荷的影响, 即3-4秒可能为视觉短时距加工的分段临界点。进一步对4秒、5秒、6秒条件下的负荷效应进行多重比较得, 4秒、5秒、6秒条件下, 0字母负荷与6字母负荷之间效应差异显著, 3字母负荷与6字母负荷之间效应差异不显著。推测这种结果可能有两个方面原因:

其一，从显著性水平来看，均离达到显著性差异的临界点较近，这说明如果继续扩大负荷之间的差异，那么这种负荷效应可能会显现出来；其二，从实验结束后询问被试完成实验的情况发现，有些被试采用组块化的策略，即在对6个字母串的记忆过程中，将前三个和后三个各作为一个组块，从而易化了6个字母串识记任务的难度。至于1秒时距复制的时序判断负荷效应在实验1中出现了，而未在实验2中出现。根据注意分配模型，实验1和实验2中1秒条件下的时间复制成绩是基于注意加工和基于记忆加工（将非时间信息转换成时间信息，类似于回溯式范式中的计时）共同作用的结果，尽管在实验1和实验2中时序判断任务的难度均较大（反应时均超过1秒），且实验2中的时序判断任务的难度更大，因此在实验2中基于记忆导致了额外的时间估计，从而使实验2双任务加工过程中1秒的时距复制中基于记忆带来的复制时距长度在弥补了因注意分散丢失的时距长度之外还有剩余，而在实验1中并没有剩余，也许还不够。同时由于在双任务中会对时序判断的结果进行反馈，这样无形也促使被试更多地将认知资源投入到时序判断任务，而很少有注意资源分配至时间复制任务上。因此，为了排除这些因非时间信息难度太高而致的干扰，进一步的实验中要降低非时间信息加工中的任务难度，减少完成非时间加工任务所花的时间，特在以下的实验中采用记忆搜索任务（Sternberg, 1966; Fortin& Couture, 2002; Fortin & Masse, 2000）。

实验三 1-6秒视时距加工中的记忆搜索负荷效应研究

1 目的

在实验2基础上，将非时间信息加工任务改为记忆搜索任务（Sternberg, 1966; Fortin& Couture, 2002; Fortin & Masse, 2000）以便降低非时间加工任务的难度，旨在确认3-4秒为分段临界点。为了在实验3中让负荷效应更明显且避免时间复制单任务（0负荷）和双任务（大于0负荷）这种质的变化所带来的额外变量干扰（单任务与双任务处于两种不同实验背景所带来的结果误差），所以在负荷条件的设置满足两点：其一，各种负荷条件之间为量的变化（少到多），而不是质的变化（无到有）；其二，负荷之间的差异尽可能大。故将字母串容量设置成1个和6个两种情况。另外将被试的人数扩大为40名。

2 假设

如果正如实验1-2所证实的存在某一分段临界点,那么临界点以下的时距复制应不受认知负荷的影响,临界点以上时距复制受认知负荷的影响。

3 方法

3.1 被试

40名自愿参与本实验、视力或矫正视力正常的各系科大学生,其中年龄最小的19岁,最大的24岁,平均年龄为20.5岁,标准差为1.2岁。所有被试均熟悉计算机基本操作,并被告知在实验结束后将得到一定的酬劳。被试无既往精神疾病或神经功能障碍史,无色觉障碍,均为右利手。

3.2 设备和刺激材料

计算机(Pentium IV 1.6GHz处理器, 512MB内存, 32MB内存; 19" 显示器, 1024×768分辨率, 刷新率100Hz, 刷新周期约10ms)一台, 标准MS键盘。采用E-Studio(E-prime V1.23)编写实验程序, 并收集数据。为尽可能避免字母串的重复概率, 本实验中字母串学习阶段采用的刺激为15个字母: F, G, H, I, J, K, L, M, N, O, P, Q, R, S, T, 字体和大小为宋体40号; 字母的呈现颜色为黑色而背景为白色。呈现视角为高0.4°, 宽0.2°(见图11左)。双任务条件下的时距学习阶段采用的材料为一个黑色正方形和一个填充有字母的黑色正方形, 正方形大小为2厘米×2厘米, 填充字母的字体和大小为宋体20号(见图11中); 时距复制阶段采用的材料为一个灰色正方形, 大小为2厘米×2厘米(见图11右)。单任务条件下的记忆搜索判断的材料为一个填充字母的黑色正方形, 大小为正方形大小为2厘米×2厘米, 填充字母的字体和大小为宋体20号(见图11中)。所有刺激由Photoshop6.0制作而成的BMP格式的图片。

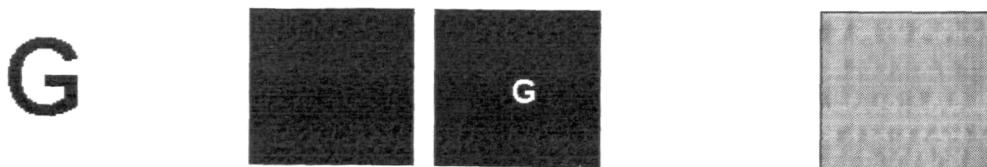


图11实验二刺激材料示意

(左为字母串学习时的字母材料; 中为时距学习时的材料; 右为时距复制时的材料)

3.3 实验设计

将40名被试随机分成两组。20人参加记忆搜索的反应时任务（单任务）；20人参加双任务（记忆搜索和时间复制）。反应时单任务中的自变量为字母串的容量（1个和6个），因变量为记忆搜索判断的反应时和错误次数。双任务中的自变量为时距类型（1秒，2秒，3秒，4秒，5秒，6秒）和字母串容量（1个，6个），因变量为记忆搜索的错误次数和时距复制绝对长度。

3.4 实验与统计程序

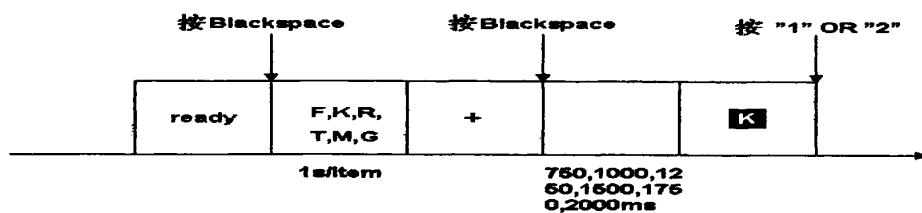


图12. 实验三中单任务刺激流程

（一）单任务组的流程：

指导语1：同学，欢迎你参与实验，实验数据仅供研究之用，绝不外泄！你认真参与实验是我们实验成功的根本保证。请按提示输入你的有关资料。（主试口述）

(a)：主试要求被试端坐于计算机屏幕正前方60cm处，启动实验程序，首先要求被试按屏幕提示输入性别、年龄、系科等人口统计学变量，接着自行阅读实验指导语，主试就可能的疑问进行讲解，直到被试完全理解任务要求后自行按空格键进入练习。

指导语2：本实验旨在检查你记忆字母的能力。整个实验包括练习阶段和正式实验阶段。准备好之后，请按空格键进入练习阶段。（屏幕显示）

指导语3：欢迎你进入练习阶段。每次测试开始前屏幕上出现“准备好之后请按空格键开始”，按空格键后，相继出现一系列字母（每次测试均呈现6个字母，一种测试是相同字母呈现6次，一种是相继呈现不同的6个字母），数字呈现完毕后又出现“+”，此时你务必复述刚才学习过的字母位置，直到你确信已记住每一个字母之后，按空格键继续，间隔一段时间之后，屏幕上出现填充有黑色正方形和字母（比如K，意味着要求判断字母“K”在刚才的字母序列中是否出现过），要求你又快又准地做出判断。当出现过时，请按“1”；当没出现过时，请按“2”。之后会给出反馈。（屏幕显示）

(b) 练习阶段。练习阶段包括1个字母判断单任务区组。记忆搜索任务包括12次测试，1字母负荷条件为6次测试（3次为出现，3次为未出现），6字母负荷条件为6次测试（3次为出现，3次为未出现）。练习阶段在主试在场的条件下由被试完成，旨在让被试熟悉实验程序。练习阶段完成之后进入正式实验阶段。

指导语4：欢迎你进入正式实验阶段。正式实验除了测试次数更多之外，刺激流程与练习阶段基本相同。（屏幕显示）

(c) 正式实验阶段。正式实验阶段包括4个字母判断区组。每一个字母判断区组包括48次，共计192次测试（为了确保与双任务时字母判断次数相等，以便比较单任务和双任务条件下字母判断的成绩异同），1字母负荷条件为96次测试（48次为出现过，48次为未出现过），6字母负荷条件为96次测试（48次为出现过，48次为未出现过）。字母加工任务的开始由被试控制，旨在让被试能以较高的注意水平投入到当前任务中。

(d) 后继处理和统计

实验结束后，主试就实验过程及被试回答情况（如是否出现疲劳、误答、程序显示问题和可能采用的策略）进行询问和记录。实验数据由E-prime程序自动记录，所有被试数据经E-prime工具合并后导入SPSS For Windows 11.0进行统计分析。

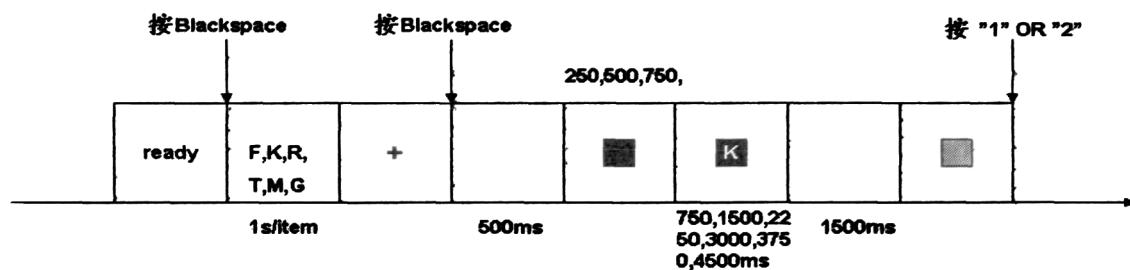


图13. 实验三中双任务实验流程

(二) 双任务组的流程

指导语1：同学，欢迎你参与实验，实验数据仅供研究之用，绝不外泄！你认真参与实验是我们实验成功的根本保证。请按提示输入你的有关资料。（主试口述）

(a)：主试要求被试端坐于计算机屏幕正前方60cm处，启动实验程序，首先要求被试按屏幕提示输入性别、年龄、系科等人口统计学变量，接着自行阅读实验指导语，主试就可能的疑问进行讲解，直到被试完全理解任务要求后自行按空格键进入练习。

指导语2：本实验旨在检查你复制时距和记忆字母的能力。整个实验包括练习阶段和正式实验阶段。准备好之后，请按空格键进入练习阶段。（屏幕显示）

指导语3：欢迎你进入练习阶段。测试开始前屏幕上出现“准备好之后请按空格键开始”，按下空格键，然后相继出现一系列字母（每次测试均呈现6个字母，一种测试是相同字母呈现6次，一种是相继呈现不同的6个字母），数字呈现完毕后又出现“+”，此时你务必复述刚才学习过的字母，直到你确信已记住每一个字母之后，按空格键继续，间隔一段时间之后，屏幕上首先出现一个黑色正方形，黑色正方形持续呈现一段时间之后，在中间出现一个字母（比如K，意味着要求你判断字母“K”在刚才的字母序列中是否出现过），黑色正方形和字母一起持续呈现

一段时间之后消失，然后出现一个灰色正方形。当你觉得灰色正方形的持续时间与黑色正方形在屏幕上的整个停留时间相等时，且字母出现过时，请按“1”；字母未出现过时，请按“2”。之后会给出你字母判断的反馈。（屏幕显示）

(b) 练习阶段。练习阶段包括1个双任务区组。双任务区组包括24次测试，要求同时完成字母搜索任务和时间复制任务（6种靶时距×2种负荷条件），每种条件下各完成2次测试。练习阶段在主试在场的条件下由被试完成，旨在让被试熟悉实验程序。练习阶段完成之后进入正式实验阶段。

指导语4：欢迎你进入正式实验阶段。正式实验阶段除了测试数多于练习阶段之外，其余与练习阶段相同。（屏幕显示）

(c) 正式实验阶段。正式实验阶段包括4个区组，每个区组包括48次测试，每种条件包括4次测试，其中2次为肯定测试，2次为否定测试。时间复制任务的编码和提取阶段的开始由被试控制，旨在让被试能以较高的注意水平投入到当前任务加工中。

(d) 后继处理和统计

实验结束后，主试就实验过程及被试回答情况（如是否出现疲劳、误答、程序显示问题和可能采用的策略）进行询问和记录。实验数据由E-prime程序自动记录，所有被试数据经E-prime工具合并后导入SPSS For Windows 11.0进行统计分析。

4 结果与分析

在时序判断单任务中的排除错误判断测试的数据251个，占总测试数的6.54%（3840），然后根据超出平均值（每一个被试在每一种负荷条件下的反应时平均值）2.5个标准差的标准，排除数据81个，占总测试数的2.11%（3840）；在双任务中先排除错误判断的测试数据共337个，占总测试数的8.77%（3840），然后根据超出平均值（每一个被试在每一种负荷条件下的复制时间长度平均值）2.5个标准差的再排除159个，占总测试数的4.15%（3840）。

4.1 字母再认任务

单任务中1字母负荷与6字母负荷条件下的字母判断错误次数的配对T检验 $t_{19}=-26.317, p=.001$ ，这说明1字母负荷条件较6字母负荷条件难度低。单任务中1字母负荷与6字母负荷条件下的字母判断反应时配对T检验 $t_{13}=-19.530, p=.001$ 。这说明1字母负荷条件较6字母负荷条件下的字母判断花的时间少。

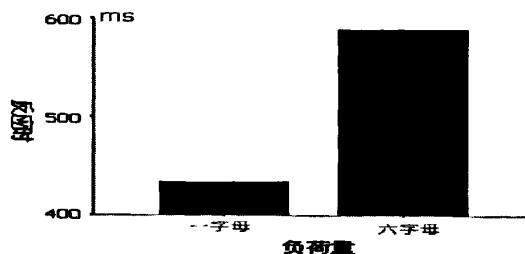


图14. 一字母与六字母条件下的记忆搜索反应时

双任务中1字母负荷与6字母负荷条件下的字母判断错误次数的配对T检验 $t19=-27.473, p=.001$, 这说明在双任务中1字母负荷条件较6字母负荷条件下进行字母判断的难度低。为了进一步说明时距加工是否会影响字母判断, 特分别对1字母负荷和6字母负荷在单双任务下的情况进行比较, 结果表明: $t22=.000, sig=1$, 这说明1字母判断在单双任务条件下错误次数无显著差异; $t22=-6.883, sig=.000$, 这说明6字母判断双任务较单任务条件下错误次数显著增多。

4.2 时间复制任务

对双任务中时间复制长度进行 2×6 的二因素重复测量分析可知, $F(1, 19)=194.194, sig=.001$; $F(5, 95)=2388.812, sig=.001$; $F(5, 95)=43.625, sig=.001$ 。这说明负荷条件主效应显著, 时距长度主效应显著, 两者交互作用显著。进一步简单效应分析: 1秒、2秒、3秒条件下负荷条件效应不显著 $t(19)=-1.571, sig=.133$; $t(19)=-1.047, sig=.308$; $t(19)=.331, sig=.744$; 4秒, 5秒及6秒条件下负荷条件效应显著 $t(19)=8.860, sig=.001$; $t(19)=9.649, sig=.001$; $t(19)=9.255, sig=.001$ 。

表7 一字母与六字母条件下记忆搜索负荷效应重复测量方差分析

变异源	df	F	Sig.
负荷	1	194.194	.000***
时距	5	2388.812	.000***
负荷×时距	5	43.625	.000***

注: * $p<.05$; ** $p<.01$; *** $p<.001$

表8 三种时距条件下记忆搜索负荷效应配对t检验

	df	t	Sig.
4秒	19	8.860	.000***
5秒	19	9.649	.000***
6秒	19	9.255	.000***

注: * $p<.05$; ** $p<.01$; *** $p<.001$

5 讨论

实验3发现负荷与时距类型之间存在交互作用，进一步简单效应分析发现1秒、2秒、3秒条件下负荷效应不显著，4秒、5秒、6秒条件下负荷效应显著。这支持了实验1和实验2的结果，即3-4秒可能是分段临界点。但反过来考察时距加工对字母记忆的影响时发现，1字母负荷条件下在单双任务中表现出无显著差异，这种结果的可能原因在于1字母负荷的字母判断任务难度较低，需要花费的资源较少，因此即使在双任务条件下也不会影响字母的判断。

实验四 1-6 秒视时距加工的记忆搜索负荷效应研究

1 目的

实验3通过操纵编码阶段记忆负荷的结果表明，1秒、2秒、3秒的时距复制不受记忆负荷的影响，4秒、5秒、6秒受记忆负荷的影响。根据时间信息加工模型，时距提取阶段较时距编码阶段包括更复杂的加工过程，因此具有更大的负荷背景。为了证实这种效应同样会发生在时距提取阶段，实验4对时距信息提取阶段的记忆负荷进行操纵，记忆负荷包括1个字母串和6个字母串的提取。

2 假设

如果实验3中的效应能够稳定，那么根据时间信息加工模型，时距加工的负荷效应在提取阶段也应该出现。

3 方法

3.1 被试

40名自愿参与本实验、视力或矫正视力正常的各系科大学生，其中年龄最小的19岁，最大的24岁，平均年龄为20.5岁，标准差为1.2岁。所有被试均熟悉计算机基本操作，并被告知在实验结束后将得到一定的酬劳。被试无既往精神疾病或神经功能障碍史，无色觉障碍，均为右利手。

3.2 设备和刺激材料

计算机(Pentium IV 1.6GHz处理器, 512MB内存, 32MB内存; 19" 显示器, 1024×768分辨率, 刷新率100Hz, 刷新周期约10ms)一台, 标准MS键盘。采用E-Studio(E-prime V1.23)编写实验程序, 并收集数据。为尽可能避免字母串的重复概率, 本实验中字母串学习阶段采用的刺激为15个字母: F, G, H, I, J, K, L, M, N, O, P, Q, R, S, T, 字体和大小为宋体40号; 字母的呈现颜色为黑色而背景为白色。(见图15左)。双任务条件下的时距学习阶段采用的材料为一个黑色正方形, 正方形大小为2厘米×2厘米, (见图15中); 时距复制阶段采用的材料为一个灰色正方形和一个填充有字母的灰色正方形, 大小为2厘米×2厘米(见图15右)。单任务条件下的记忆搜索判断的材料为一个填充字母的灰色正方形, 大小为正方形大小为2厘米×2厘米, 填充字母的字体和大小为宋体20号(见图15右)。所有刺激由Photoshop6.0制作而成的BMP格式的图片。



图15 实验四刺激材料示意

(左为字母串学习时的字母材料; 中为时距学习时的材料; 右为时距复制时的材料)

3.3 实验设计

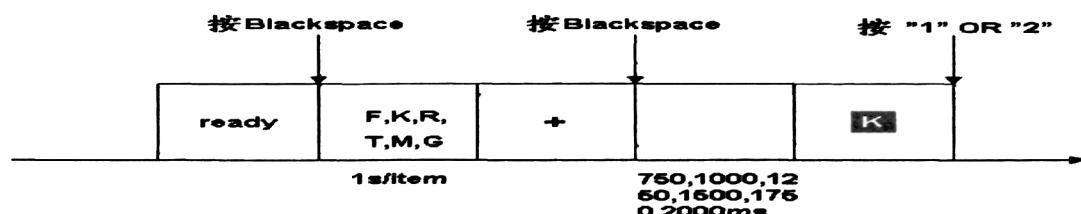


图16. 实验四中单任务刺激流程

将40名被试随机分成两组。20人参加记忆搜索反应时任务(单任务); 20人参加双任务(记忆搜索和时间复制)。反应时单任务中的自变量为字母串的容量(1个和6个), 因变量为记忆搜索反应时和错误次数。双任务中的自变量为时距类型(1秒, 2秒, 3秒, 4秒, 5秒, 6秒)和字母串容量(1个, 6个), 因变量为记忆搜索错误次数和时距复制绝对长度。

3.4 实验与统计程序

(一) 单任务组的流程:

指导语1: 同学, 欢迎你参与实验, 实验数据仅供研究之用, 绝不外泄! 你认真参与实验是我们实验成功的根本保证。请按提示输入你的有关资料。(主试口述)

(a): 主试要求被试端坐于计算机屏幕正前方60cm处, 启动实验程序, 首先要求被试按屏幕提示输入性别、年龄、系科等人口统计学变量, 接着自行阅读实验指导语, 主试就可能的疑问进行讲解, 直到被试完全理解任务要求后自行按空格键进入练习。

指导语2: 本实验旨在检查你记忆字母的能力。整个实验包括练习阶段和正式实验阶段。准备好之后, 请按空格键进入练习阶段。(屏幕显示)

指导语3: 欢迎你进入练习阶段。这个阶段包括1个记忆搜索区组的测试。每次测试开始前屏幕上出现“准备好之后请按空格键开始”, 然后相继出现一系列字母(每次测试均呈现6个字母, 一种测试是相同字母呈现6次, 一种是相继呈现不同的6个字母), 数字呈现完毕后又出现“+”, 此时你务必复述刚才学习过的字母位置, 直到你确信已记住每一个字母的位置之后, 按空格键继续, 间隔一段时间之后, 屏幕上出现填充有灰色正方形和字母(比如K, 意味着要求判断字母“K”在刚才的字母序列中是否出现过), 要求你又快又准地做出判断。当出现过时, 请按“1”; 当没出现过时, 请按“2”。之后会给出反馈。(屏幕显示)

(b) 练习阶段。练习阶段包括1个字母搜索单任务区组。字母搜索任务包括12次测试, 1字母负荷条件为6次测试(3次为出现, 3次为未出现), 6字母负荷条件为6次测试(3次为出现, 3次为未出现)。练习阶段在主试在场的条件下由被试完成, 旨在让被试熟悉实验程序。练习阶段完成之后进入正式实验阶段。

指导语4: 欢迎你进入正式实验阶段。正式实验除了每一组的测试次数更多之外, 其余与练习阶段基本相同。(屏幕显示)

(c) 正式实验阶段。正式实验阶段包括4个字母判断区组。每一个字母判断区组包括48次测试, 共计192次测试(为了确保与双任务时字母判断次数相等, 以便比较单任务和双任务条件下字母判断的成绩异同), 1字母负荷条件为96次测试(48次为出现过, 48次为未出现过), 6字母负荷条件为96次测试(48次为出现过, 48次为未出现过)。字母判断任务的开始由被试控制, 旨在让被试能以较高的注意水平投入到当前任务加工中。

(d) 后继处理和统计

实验结束后, 主试就实验过程及被试回答情况(如是否出现疲劳、误答、程序显示问题和可能采用的策略)进行询问和记录。实验数据由E-prime程序自动记录, 所有被试数据经E-prime工具合并后导入SPSS For Windows 11.0进行统计分析。

(二) 双任务组的流程

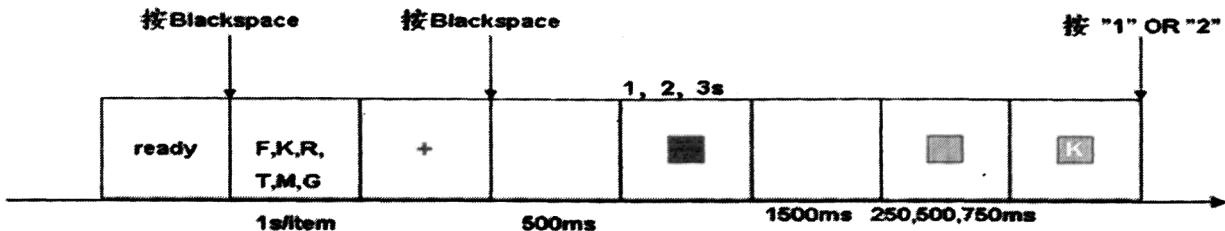


图17. 实验四中双任务流程

指导语1：同学，欢迎你参与实验，实验数据仅供研究之用，绝不外泄！你认真参与实验是我们实验成功的根本保证。请按提示输入你的有关资料。（主试口述）

(a)：主试要求被试端坐于计算机屏幕正前方60cm处，启动实验程序，首先要求被试按屏幕提示输入性别、年龄、系科等人口统计学变量，接着自行阅读实验指导语，主试就可能的疑问进行讲解，直到被试完全理解任务要求后自行按空格键进入练习。

指导语2：本实验旨在检查你复制时距和记忆字母的能力。整个实验包括练习阶段和正式实验阶段。准备好之后，请按空格键进入练习阶段。（屏幕显示）

指导语3：欢迎你进入练习阶段。测试开始前屏幕上出现“准备好之后请按空格键开始”，然后相继出现一系列字母（每次测试均呈现6个字母，一种测试是相同字母呈现6次，一种是相继呈现不同的6个字母），数字呈现完毕后又出现“+”，此时你务必复述刚才学习过的字母，直到你确信已记住每一个字母之后，按空格键继续，间隔一段时间之后，屏幕上首先出现一个黑色正方形，黑色正方形持续呈现一段时间之后消失，然后出现一个灰色正方形，灰色正方形持续呈现一段时间之后，在中间出现一个字母（比如K，意味着要求你判断字母“K”在刚才的字母序列中是否出现过）。当你觉得灰色正方形持续的整个时间与黑色正方形在屏幕上停留时间相等时，且字母出现过时，请按“1”；字母未出现过时，请按“2”。之后会给出你字母判断的反馈。（屏幕显示）

(b) 练习阶段。练习阶段包括1个双任务区组。双任务区组包括24次测试，要求同时完成字母搜索任务和时间复制任务（6种靶时距×2种负荷条件），每种条件下各完成2次测试。练习阶段在主试在场的条件下由被试完成，旨在让被试熟悉实验程序。练习阶段完成之后进入正式实验阶段。

指导语4：欢迎你进入正式实验阶段。正式实验阶段除了测试数多于练习阶段之外，其余与练习阶段相同（屏幕显示）

(c) 正式实验阶段。正式实验阶段包括4个区组，每个区组包括48次测试，每种条件包括4次测试，其中2次为肯定测试，2次为否定测试。时间复制任务的编码和提取阶段的开始由被试控制，旨在让被试能以较高的注意水平投入到时距加工中。

(d) 后继处理和统计

实验结束后，主试就实验过程及被试回答情况（如是否出现疲劳、误答、程序显

示问题和可能采用的策略)进行询问和记录。实验数据由E-prime程序自动记录,所有被试数据经E-prime工具合并后导入SPSS For Windows 11.0进行统计分析。

4 结果与分析

在字母判断单任务中的排除错误判断测试的数据254个,占总测试数的6.62% (3840),然后根据超出平均值(每一个被试在每一种负荷条件下的反应时平均值)2.5个标准差的标准,排除数据85个,占总测试数的2.22% (3840);在双任务中先排除错误判断的测试数据共339个,占总测试数的8.82% (3840),然后根据超出平均值(每一个被试在每一种负荷条件下的复制时间长度平均值)2.5个标准差的再排除163个,占总测试数的4.25% (3840)。

4.1 字母再认任务

单任务中1字母负荷与6字母负荷条件下的字母判断错误次数的配对T检验 $t_{19}=-27.262, p=.001$,这说明1字母负荷条件较6字母负荷条件难度低。单任务中1字母负荷与6字母负荷条件下的时序判断反应时配对T检验 $t_{19}=-20.476, p=.001$ 。这说明1字母负荷条件较6字母负荷条件下的时序判断花的时间少。

双任务中1字母负荷与6字母负荷条件下的字母判断错误次数的配对T检验 $t_{19}=-40.187, p=.001$,这说明在双任务中1字母负荷条件较6字母负荷条件下进行字母判断的难度低。为了进一步说明时距加工是否会影响字母判断,特分别对1字母负荷和6字母负荷在单双任务下的情况进行独立样本T比较,结果表明: $t_{38}=.481, sig=1$,这说明1字母判断在单双任务条件下错误次数无显著差异; $t_{38}=-9.067, sig=.000$,这说明6字母判断在双任务条件较单任务条件下错误次数显著更多。

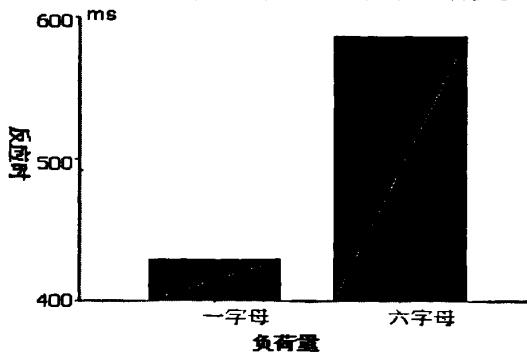


图18. 一字母与六字母负荷条件下的记忆搜索反应时

4.2 时间复制任务

表9 一字母与六字母条件下记忆被试负荷效应重复测量方差分析

变量	df	F	Sig.
负荷	1	225.676	.000***
时距	5	3269.262	.000***
负荷×时距	5	48.643	.000***

注: * p<.05; ** p<.01; *** p<.001

表10 三种时距条件下记忆负荷效应t检验

	df	t	Sig.
4秒	19	57.940	.000***
5秒	19	328.453	.000***
6秒	19	69.750	.000***

注: * p<.05; ** p<.01; *** p<.001

对双任务中时间复制长度进行 2×6 的二因素重复测量分析可知, $F(1, 19) = 225.676$, $sig = .001$; $F(5, 95) = 3269.262$, $sig = .001$; $F(5, 95) = 48.643$, $sig = .001$ 。这说明负荷条件主效应显著, 时距长度主效应显著, 两者交互作用显著。进一步简单效应分析: 1秒、2秒、3秒条件下负荷条件效应不显著 $t(19) = .002$, $sig = .961$; $t(19) = 1.439$, $sig = .245$; $t(19) = .123$, $sig = .730$; 4秒, 5秒及6秒条件下负荷条件效应显著 $t(19) = 57.940$, $sig = .001$; $t(19) = 328.453$, $sig = .001$; $t(19) = 69.705$, $sig = .001$ 。

5 讨论

实验4发现负荷与时距类型之间存在交互作用, 进一步简单效应分析发现1秒、2秒、3秒条件下负荷效应不显著, 4秒、5秒、6秒条件下负荷效应显著。这支持了实验3的结果, 即3-4秒可能是分段临界点。根据时间信息加工模型, 在编码阶段增加负荷导致知觉时距缩短, 而在提取阶段增加负荷导致知觉时距延长, 这在本研究中仅体现在4秒、5秒及6秒的时距加工上, 意味着临界点以上的时距加工机制可以用时间信息加工模型来说明。但反过来考察时距加工对字母记忆的影响时发现, 1字母负荷条件下在单双任务中表现出无显著差异, 这种结果的可能原因在于1字母负荷字母判断任务难度较低, 需要花费的资源较少, 因此即使在双任务条件下也不会影响字母的判断。

实验五 1秒以下与1秒以上视时距加工中的记忆搜索负荷效应研究

1 目的

由实验3-4可见，在1-6秒视觉时距加工过程中，3-4秒以内视觉时距加工不受认知负荷的影响。因此，我们可以设想在数百毫秒的视觉时距加工也不会受认知加工负荷的影响。本实验也采用记忆搜索任务，考察200毫秒和1000毫秒的视觉时距加工的负荷影响机制。以往研究调查数秒时距加工机制经常采用时间产生法和时间复制法，然而调查数百毫秒的时距加工时，时间比较法被证实较前两种方法更为恰当。这是因为在时间产生法中将估计时距转换成一种习俗时间单元 (Block, 1989; Clausen, 1950)，但是毫秒级的时距加工却不能进行这种转换。此外时间复制法和时间产生法一样均需要进行类似启动和停止计时装置的心理操作，这看上去更适用于较长的时距加工，而对于较视觉短时距加工则由于运动反应潜伏期太长而不能精确地进行。因此在本实验中采用时间比较法，这种方法是基于一种迫使判断程序（例，“短”或者“长”），采用75%差别阈限作为计时成绩的指标。

2 假设

如果3-4秒是分段临界点，那么200毫秒和1000毫秒的时距加工均不应受认知负荷的影响。

3 方法

3.1 被试

30名自愿参与本实验、视力或矫正视力正常的各系科大学生，其中年龄最小的18岁，最大的26岁，平均年龄为21.4岁，标准差为1.3岁。所有被试均熟悉计算机基本操作，并被告知在实验结束后将得到一定的酬劳。被试无既往精神疾病或神经功能障碍史，无色觉障碍，均为右利手。

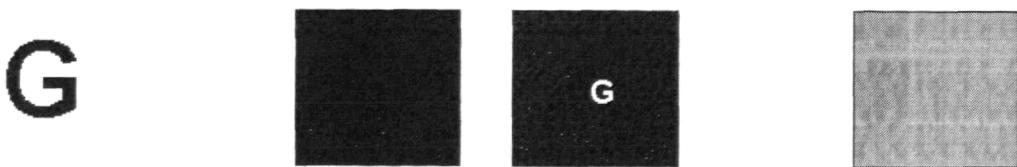


图19. 实验五刺激材料示意

（左为字母串学习时的字母材料；中为时距学习时的材料；右为时距复制时的材料）

3.2 设备和刺激材料

计算机(Pentium IV 1.6GHz处理器, 512MB内存, 32MB内存; 19" 显示器, 1024×768分辨率, 刷新率100Hz, 刷新周期约10ms)一台, 标准MS键盘。采用E-Studio(E-prime V1.23)编写实验程序, 并收集数据。为尽可能避免字母串的重复概率, 本实验中字母串学习阶段采用的刺激为15个字母: F, G, H, I, J, K, L, M, N, O, P, Q, R, S, T, 字体和大小为宋体40号; 字母的呈现颜色为黑色而背景为白色。所有刺激由Photoshop6.0制作而成的BMP格式的图片。

3.3 实验设计

将30名被试随机分成2组, 15人参加单任务的字母搜索任务, 15人参加双任务(字母搜索和时距比较)。以恒定刺激法测量时距加工的差别阈限。双任务中自变量包括标准时距长度和认知负荷。标准时距分200毫秒和1000毫秒两个水平, 其中200毫秒标准时距对应的比较时距包括: 140毫秒、160毫秒、180毫秒、200毫秒、220毫秒、240毫秒、260毫秒; 1000毫秒标准时距对应的比较时距包括: 700毫秒、800毫秒、900毫秒、1000毫秒、1100毫秒、1200毫秒、1300毫秒。每一种比较时距测量50次, 对于200毫秒和1000毫秒标准时距则各共测试350次。认知负荷包括6字母负荷和1字母负荷两个水平。因变量为75%差别阈限和字母搜索的错误次数。单任务中自变量为字母搜索负荷。因变量为字母搜索的错误次数。

3.4 实验与统计程序

(一) 单任务组的流程:

指导语1: 同学, 欢迎你参与实验, 实验数据仅供研究之用, 绝不外泄! 你认真参与实验是我们实验成功的根本保证。请按提示输入你的有关资料。(主试口述)

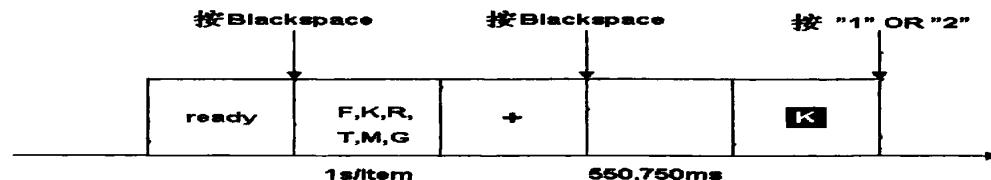


图20. 实验五中的单任务刺激流程

(a): 主试要求被试端坐于计算机屏幕正前方60cm处, 启动实验程序, 首先要求被试按屏幕提示输入性别、年龄、系科等人口统计学变量, 接着自行阅读实验指导语, 主试就可能的疑问进行讲解, 直到被试完全理解任务要求后自行按空格键进入练习。

指导语2：本实验旨在检查你字母记忆的能力。整个实验包括练习阶段和正式实验阶段。准备好之后，请按空格键进入练习阶段。（屏幕显示）

指导语3：欢迎你进入练习阶段。测试开始前屏幕上出现“准备好之后请按空格键开始”，然后相继出现一系列字母（每次测试呈现字母数量不等），数字呈现完毕后又出现“+”，此时你务必复述刚才学习过的字母，直到你确信已记住每一个字母之后，按空格键继续，间隔一段时间之后，出现一个探测字母。当你觉得字母出现过时，请按“1”；字母未出现过时，请按“2”。之后会给出你字母判断的反馈。（屏幕显示）

(b) 练习阶段。练习阶段包括1个单任务区组。单任务区组包括12次测试，要求完成每一种条件下字母搜索任务（2种负荷条件）各6次，其中探测字母出现过的测试3次，探测字母未出现过的测试3次。练习阶段在主试在场的条件下由被试完成，旨在让被试熟悉实验程序。练习阶段完成之后进入正式实验阶段。

指导语4：欢迎你进入正式实验阶段。正式实验的刺激流程与练习阶段一致。（屏幕显示）

(c) 正式实验阶段。正式实验阶段包括4个区组，每个区组包括350次测试，每种条件包括700次测试，其中350次为肯定测试，350次为否定测试。时间复制任务的编码和提取阶段的开始由被试控制，旨在让被试能以较高注意水平投入到时距加工中。

(d) 后继处理和统计。实验结束后，主试就实验过程及被试回答情况（如是否出现疲劳、误答、程序显示问题和可能采用的策略）进行询问和记录。实验数据由E-prime程序自动记录，所有被试数据经E-prime工具合并后导入SPSS For Windows 11.0进行统计分析。

（二）双任务组的流程

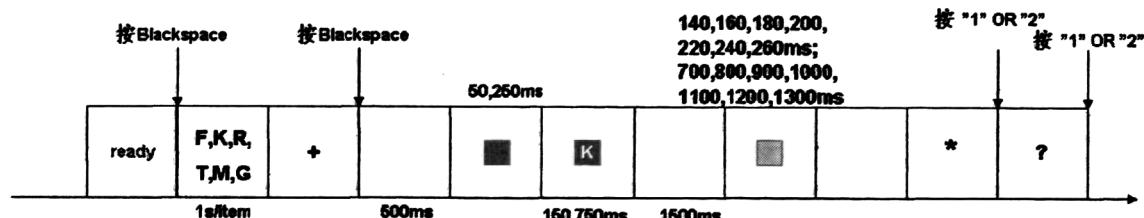


图21. 实验五中的双任务刺激流程

指导语1：同学，欢迎你参与实验，实验数据仅供研究之用，绝不外泄！你认真参与实验是我们实验成功的根本保证。请按提示输入你的有关资料。（主试口述）

(a)：主试要求被试端坐于计算机屏幕正前方60cm处，启动实验程序，首先要求被试按屏幕提示输入性别、年龄、系科等人口统计学变量，接着自行阅读实验指导语，主试就可能的疑问进行讲解，直到被试完全理解任务要求后自行按空格键进入练习。

指导语2：本实验旨在检查你时距比较和记忆字母的能力。整个实验包括练习阶段和正式实验阶段。准备好之后，请按空格键进入练习阶段。（屏幕显示）

指导语3：欢迎你进入练习阶段。测试开始前屏幕上出现“准备好之后请按空格键开始”，然后相继出现一系列字母（每次测试呈现字母数量均为6个。一种为相继呈现6个不同的字母；另一种为相继呈现同一个字母6次），字母呈现完毕后又出现“+”，此时你务必复述刚才学习过的字母，直到你确信已记住每一个字母之后，按空格键继续，间隔一段时间之后，屏幕上首先出现一个黑色正方形，黑色正方形持续呈现一段时间之后中间出现一个字母（比如K，意味着要求你判断字母“K”在刚才字母序列中是否出现过），然后出现一个灰色正方形在屏幕上停留一段时间，之后出现一个“*”。当你觉得灰色正方形持续时间较黑色正方形在屏幕上整个停留时间“长”时，请按“1”；“短”时请按“2”；按键之后接着会出现一个“？”，当你觉得黑色正方形中的字母出现过时，请按“1”；没出现过时，请按“2”。之后会给出你字母判断的反馈。（屏幕显示）

(b) 练习阶段。练习阶段包括1个双任务区组。双任务区组包括56次测试，要求同时完成字母搜索任务和时间比较任务（2种靶时距×2种负荷条件），每种条件下各完成14次测试，即每一种比较时距重复比较2次。练习阶段在主试在场的条件下由被试完成，旨在让被试熟悉实验程序。练习阶段完成之后进入正式实验阶段。

指导语4：欢迎你进入正式实验阶段。正式实验的刺激流程是：测试开始前屏幕上出现“准备好之后请按空格键开始”，然后相继出现一系列字母（每次测试呈现字母数量均为6个。一种为相继呈现6个不同的字母；另一种为相继呈现同一个字母6次），字母呈现完毕后又出现“+”，此时你务必复述刚才学习过的字母，直到你确信已记住每一个字母之后，按空格键继续，间隔一段时间之后，屏幕上首先出现一个黑色正方形，黑色正方形持续呈现一段时间之后中间出现一个字母（比如K，意味着要求你判断字母“K”在刚才字母序列中是否出现过），然后出现一个灰色正方形在屏幕上停留一段时间，之后出现一个“*”。当你觉得灰色正方形持续时间较黑色正方形在屏幕上整个停留时间“长”时，请按“1”；“短”时请按“2”；按键之后接着会出现一个“？”，当你觉得黑色正方形中的字母出现过时，请按“1”；没出现过时，请按“2”。之后会给出你字母判断的反馈。（屏幕显示）

(c) 正式实验阶段。正式实验阶段包括4个区组，每个区组包括350次测试，每种条件包括50次测试，其中25次为肯定测试，25次为否定测试。时间复制任务的编码和提取阶段的开始由被试控制，旨在让被试能以较高的注意水平投入到时距加工中。

(d) 后继处理和统计

实验结束后，主试就实验过程及被试回答情况（如是否出现疲劳、误答、程序显示问题和可能采用的策略）进行询问和记录。实验数据由E-prime程序自动记录，所有被试数据经E-prime工具合并后导入SPSS For Windows 11.0进行统计分析。

4、结果与分析

在字母再认单任务中的排除错误判断测试的数据1400个，占总测试数的6.67%（21000），然后根据超出平均值（每一个被试在每一种负荷条件下的反应时平均值）

2.5个标准差的标准，排除数据233个，占总测试数的2.22% (10500)；在双任务中先排除错误判断的测试数据共1409个，占总测试数的6.71% (21000)。

4.1 字母再认任务

单任务中1字母负荷与6字母负荷条件下的字母判断错误次数的配对T检验 $t_{14}=-23.726, p=.001$ ，这说明1字母负荷条件较6字母负荷条件难度低。单任务中1字母负荷与6字母负荷条件下的字母判断反应时配对T检验 $t_{14}=-15.524, p=.001$ 。这说明1字母负荷条件较6字母负荷条件下的字母判断花的时间少。

双任务中1字母负荷与6字母负荷条件下的字母判断错误次数的配对T检验 $t_{14}=-27.827, p=.001$ ，这说明在双任务中1字母负荷条件较6字母负荷条件下进行字母判断的难度低。为了进一步说明时距加工是否会影响字母判断，特分别对1字母负荷和6字母负荷在单双任务下的情况进行比较，结果表明： $t_{28}=-.296, sig=.769$ ，这说明1字母判断在单任务与双任务条件下错误次数无显著差异； $t_{28}=.183, sig=.856$ ，这说明6字母判断在单任务与双任务条件下错误

次数无显著差异。

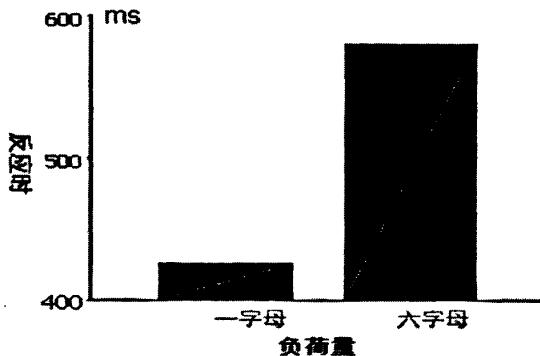


图22. 一字母与六字母负荷条件下的字母搜索反应时

4.2 时间比较任务

表11 一字母与六字母条件下记忆搜索负荷效应重复测量方差分析

变异源	df	F	Sig.
时距	1	6149.91	.000***
负荷	1	.629	.441
负荷×时距	1	.010	.920

注：* $p < .05$; ** $p < .01$; *** $p < .001$

对双任务中时间加工阈限进行 2×6 的二因素重复测量分析可知， $F(1, 14)=6149.9, sig=.001$ ； $F(1, 14)=.629, sig=.441$ ； $F(1, 14)=.010, sig=.920$ 。这说

明时距主效应显著，负荷主效应不显著，两者交互作用不显著。

5、讨论

实验5发现时距加工的负荷主效应不显著，这说明200毫秒和1000毫秒的加工均不受认知负荷的影响，这也支持了实验4的结果。同时也发现不管是1字母判断任务还是6字母搜索任务均不受时距加工的影响，这也说明了200毫秒和1000毫秒的视觉时距加工不需要认知资源的参与。

实验六 2, 4, 6 秒视时距加工中诱发的 CNV 特征差异

1 目的

实验4-5证实了3-4秒为视觉短时距加工的分界点。Elbert (1991) 等在一项开创性的研究中探究了数秒加工时诱发的慢波特征。在这项研究中，Elbert等要求被试复制靶时距，记录了靶时距呈现阶段和复制时距阶段的ERP电位，结果发现随着加工时距长度的变化慢波特征也发生了变化，4秒以下的时距加工诱发出明显的CNV，而4秒以上的时距加工没有明显CNV出现，因此断定3-4秒为视觉短时距加工的一个分界点。自Elbert (1991) 等开创性发现之后，Casini和Macar(1996)采用电生理学方法记录时距复制阶段诱发出的CNV的特征，但是并没有涉及到不同时距加工诱发出的CNV特征。Gibbons (2004) 等采用电流密度技术对2秒、4秒及6秒靶时距呈现阶段和时距复制阶段诱发的CNV特征进行分析之后，发现不存在时距加工的分段性现象 (Hjorth, 1975; Perrin, Pernier, Betrand, & Echallier, 1989; see also Casini& Macar, 1996; Macar & Vidal, 2002)。通过按键进行时距复制的操作至少包括三个子过程：运动准备、时间信息加工、运动执行。运动准备往往伴随着CNV的产生 (Kornhuber & Deecke, 1965; Rohrbaugh& Gaillard, 1983)。因此Elbert (1991) 等发现的CNV差异也许并不是计时机制差异造成的，而是运动准备的影响而致。而 Gibbons (2004) 等的研究尽管记录了靶时距加工阶段和复制时距阶段的诱发CNV特征，但对于复制阶段的CNV特征差异也同样难以明确说明。为此，实验6同样采用电流密度分析技术对靶时距和比较时距呈现阶段诱发的CNV的皮层发生源进行分析，旨在寻找3-4秒作为分段临界点的电生理学证据。

2 假设

如果3-4秒是分段临界点，那么3-4秒以下的视觉时距加工诱发的CNV参数与3-4秒以上的时距加工诱发的CNV参数可能不同。

3 方法

3.1 被试

14名自愿参与本实验、视力或矫正视力正常的各系科大学生（7男，7女），其中年龄最小的18岁，最大的22岁，平均年龄为20.7岁，标准差为1.1岁。所有被试均熟悉计算机基本操作，并被告知在实验结束后将得到一定的酬劳。被试无既往精神疾病或神经功能障碍史，无色觉障碍，均为右利手。

3.2 设备和刺激材料

计算机(Pentium IV 1.6GHz处理器，512MB内存，32MB内存；19" 显示器，1024*768分辨率，刷新率100Hz，刷新周期约10ms)一台，标准MS键盘。采用E-Studio(E-prime V1.23)编写实验程序，并收集数据。本实验中采用的刺激材料是1.5mcd明度的白色*，宋体30，(图片)由Photoshop6.0制作而成。

3.3 程序与设计

指导语1：同学，欢迎你参与实验，实验数据仅供研究之用，绝不外泄！你认真参与实验是我们实验成功的根本保证。请按提示输入你的有关资料。（主试口述）

(a)：主试要求被试端坐于计算机屏幕正前方60cm处，启动实验程序，首先要求被试按屏幕提示输入性别、年龄、系科等人口统计学变量，接着自行阅读实验指导语，主试就可能的疑问进行讲解，直到被试完全理解任务要求后自行按空格键进入练习。

指导语2：本实验旨在检查你时距比较的能力。整个实验包括练习阶段和正式实验阶段。准备好之后，请按空格键进入练习阶段。（屏幕显示）

指导语3：欢迎你进入练习阶段。这个阶段包括3个区组的测试，每一个区段采用一类靶时距。然后判断相应比较时距与靶时距之间的关系。每个区段包括4次测试，其中每种比较时距呈现2次，区段内的比较时距随机呈现。刺激流程为：首先在学习阶段一个白色的“*”在屏幕上相继呈现5次，每次呈现时间相等，均等于靶时距，请你记住这个靶时距。然后测试开始，在屏幕上出现一个“+”，当你觉得准备好之后，按下回车键，“+”消失，间隔一段时间后出现一个黑色“*”，在屏幕上持续一段时间之后消失，1000毫秒之后出现一个“？”。当你觉得黑色“*”

较白色“*”在屏幕上持续时间“短”，则请按“1”；反之，则按“2”。随后，灰屏进入下一次测试。（屏幕显示）

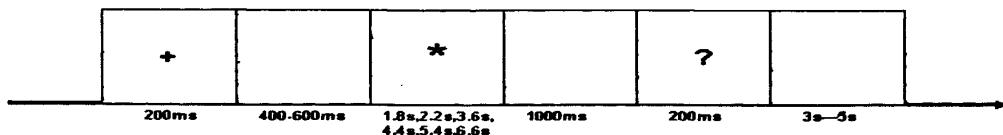


图23. 实验六的刺激流程

(b) 练习阶段。实验中采用 2秒、4秒、6秒等三种靶时距，与之对应的6种比较时距分别是1.8秒、2.2秒；3.6秒、4.4秒；5.4秒，6.6秒。练习阶段包括3个区段，每个区段采用一类靶时距，然后判断相应比较时距与靶时距的关系。每个区段包括4次测试，其中每种比较时距呈现2次，区段内比较时距随机呈现。练习阶段在主试在场的条件下由被试完成，旨在让被试熟悉实验程序。练习阶段完成之后进入正式实验阶段。

指导语4：欢迎你进入正式实验阶段。这个阶段包括24个区组的测试，每8个区段采用一类靶时距。区段内比较时距随机呈现。测试中的刺激流程与练习阶段一致。（屏幕显示）

(c) 正式实验阶段。该阶段包括24个区段，每8个区段中采用同一类靶时距，每一区段包括10次测试，区段内每一种比较时距各占5次测试。区段内测试间顺序随机安排，区段间靶时距随机安排。正式实验流程与练习阶段相同。

3.4 ERP 记录

采用德国Brain Products公司的ERP记录与分析系统，按国际10-20系统扩展的64导电极帽记录EEG，以双耳乳突的连线作为参考电极，双眼外侧安置电极记录水平眼电（HEOG），左眼上下安置电极记录垂直眼电（VEOG）。头皮与电极之间的阻抗小于5k Ω 。模拟滤波带宽为DC-100Hz，采样频率为500Hz/导。完成连续记录EEG后离线处理数据，并充分排除其他伪迹。信号通过放大器放大，记录靶时距的CNV成分。

3.5 ERP 数据分析和统计

完成连续记录EEG后离线处理数据，校正VEOG和HEOG，并充分排除其他伪迹。本研究试图分析比较时距呈现阶段的脑电数据。根据判断结果，对每种条件下“正确判断”的EEG进行叠加。波幅大于 $\pm 100 \mu V$ 被视为伪迹而自动剔除。分析时程为靶时距和比较时距信号呈现前200毫秒到呈现结束，时距呈现信号之前的200毫秒作为分析基线。对正确判断条件下的靶时距的脑电相应进行叠加。采用的考察电极为F3, FZ, F4, C3, CZ, C4, P3, PZ, P4等。为了分析靶时距编码阶段和比较时距呈现阶段的

CNV效应，分析CNV波幅的时窗包括早时窗（500毫秒至比较时距或者靶时距的1/2）和晚时窗（比较时距或靶时距结束前500毫秒）。进行靶时距×时窗×电极点的三因素重复测量分析。方差分析的P值采用Green-house Geisser法校正。

4 结果

4.1 行为数据

本研究中1.8秒、2.2秒、3.6秒、4.4秒、5.4秒及6.6秒的时距比较任务的平均正确率分别为： $87.14\% \pm 6.19\%$ ； $82.50\% \pm 4.16\%$ ； $93.21\% \pm 2.49\%$ ； $92.50\% \pm 1.70\%$ ； $93.57\% \pm 2.72\%$ ； $92.50\% \pm 1.96\%$ 。经重复测量分析可知，时距效应显著， $F(5, 65) = 16.928$ ， $sig < .001$ 。进一步多重比较可得，1.8秒较2.2秒，3.6秒正确率依次显著更高，而3.6秒，4.4秒，5.4秒及6.6秒正确率无显著差异。

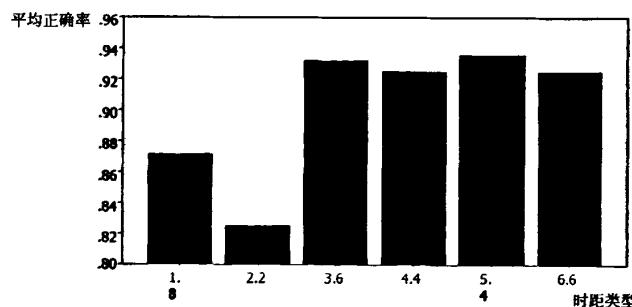


图24. 不同比较时距条件下的平均正确率

4.2 ERP 数据

图25、图26、图27描述的是靶时距编码阶段和比较时距呈现阶段的随着时距长度的改变CNV皮层电位变化的情况。为了更好地说明靶时距和比较时距阶段所诱发CNV特征的异同点，对于不同长度时距的CNV被放在同样的坐标系中进行比较。在靶时距阶段主要在额-中央区诱发出较明显的CNV，而在顶区诱发出的CNV相对较弱。在比较时距呈现阶段也同样表现在额-中央区诱发出较明显的CNV，而在顶区诱发出的CNV相对较弱。总而言之，与Elbert等(1991)研究结果不同地是，本研究的结果似乎表现出在不同长度的时距加工诱发出的CNV特征没有明显差异，这与Gibbons等(2004)一致的。

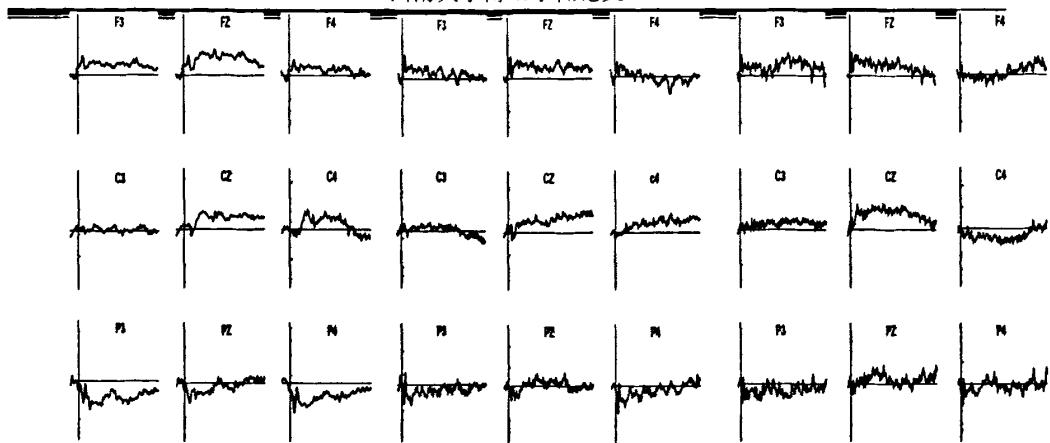


图25. 2秒, 4秒, 6秒时距编码阶段诱发的CNV总平均波

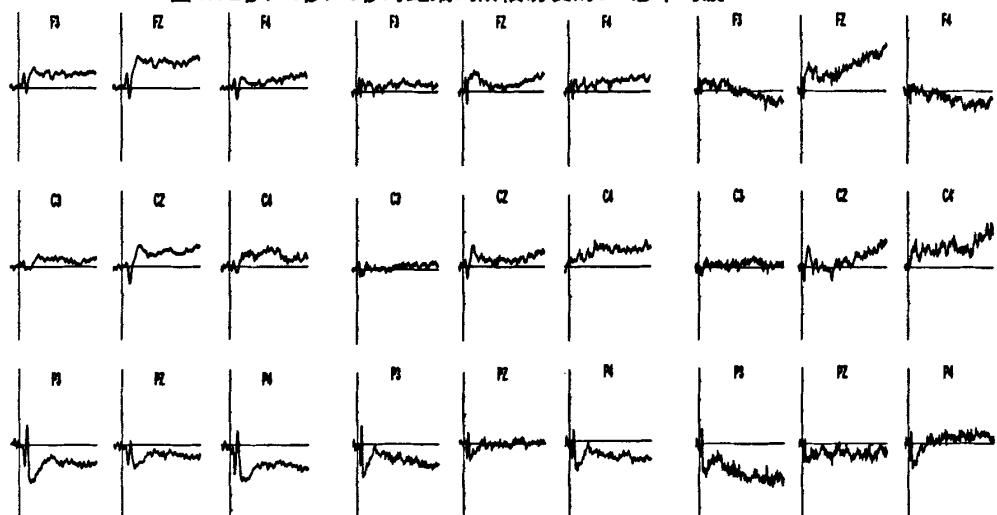


图26. 1.8秒, 3.6秒, 5.4秒时距比较阶段诱发的CNV总平均波

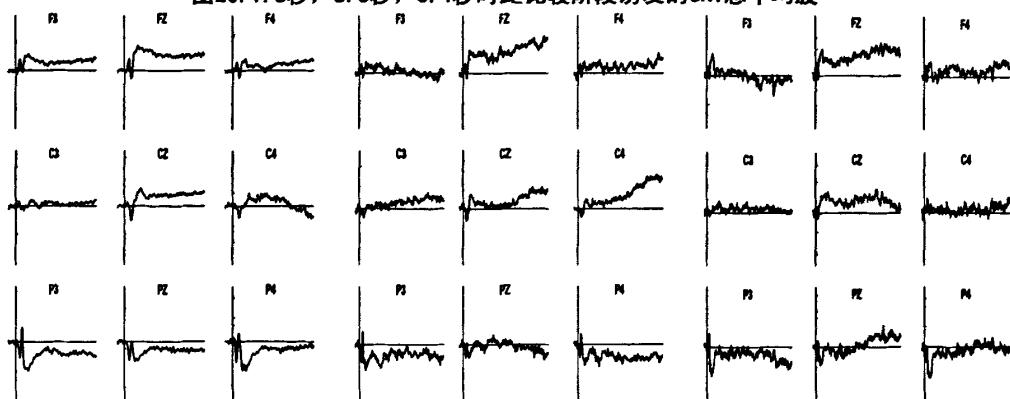


图27. 2.2秒, 4.4秒, 6.6秒时距比较阶段诱发的CNV总平均波

为了分离两个阶段诱发出的CNV中可能包含的与时距加工有关的认知成份诱发出的ERP成份，对于时距编码阶段而言，测量经过电流密度技术（CSD）转换的慢波的平均波幅。对整个时距编码阶段，分析早时窗（500毫秒至靶时距的一半）和晚时窗（靶时距结束前500毫秒至靶时距结束）的波形偏转情况。进行靶时距（2秒，4秒，6秒） \times 时窗（早时窗，晚时窗） \times 电极点（F3, FZ, F4, C3, CZ, C4, P3, PZ, P4）的三因素的重复测量分析。电极点主效应显著， $F(8, 104) = 37.565, p < .001$ ，进一步多重比较可得，CZ ($-6.011 \mu\text{V}/\text{m}^2$) 点CNV的平均波幅较P3 ($8.849 \mu\text{V}/\text{m}^2, p = .010$) 点的CNV平均波幅显著更负，而与FZ, F3, F4, C3, C4, P4, PZ点的CNV的平均波幅无显著差异（所有 p 大于0.1）；时距主效应不显著 $F(2, 26) = .734, p = .502$ ；时窗主效应不显著 $(1, 13) = .745, p = .405$ ；时窗 \times 时距的交互作用不显著， $F(2, 26) = 1.548, p = .361$ ；

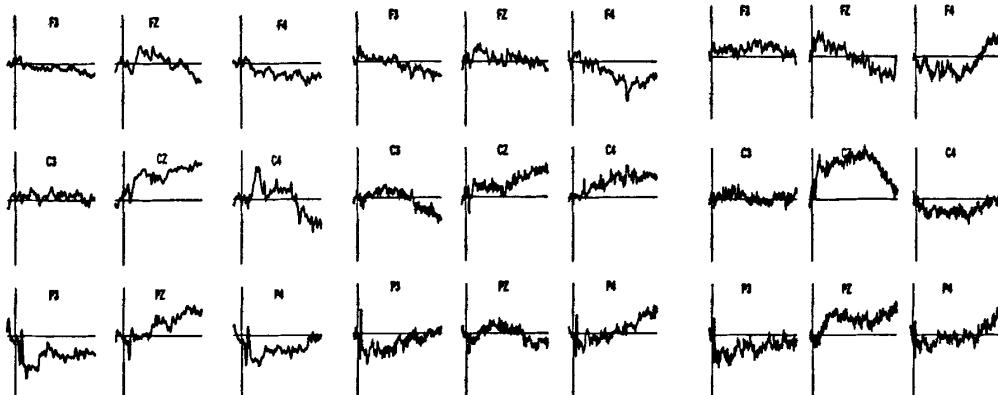


图28. 时距编码阶段诱发的CNV(csd)总平均图 (左: 2秒; 中: 4秒; 右: 6秒)

电极 \times 时距的交互作用不显著， $F(16, 208) = 3.155, p = .430$ ；电极 \times 时距 \times 时窗的交互作用不显著， $F(16, 208) = 4.661, p = .483$ ；电极 \times 时窗的交互作用不显著，

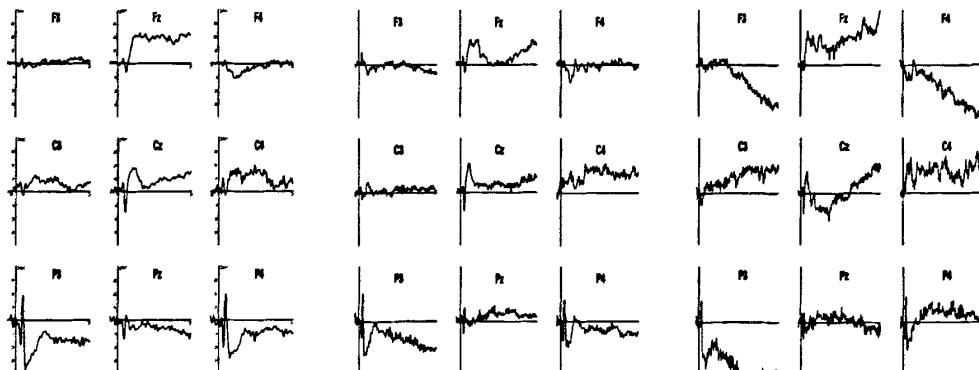


图29. 时距比较阶段诱发的CNV(csd)总平均图 (左: 1.8秒; 中: 3.0秒; 右: 5.4秒)

$F(8, 104) = 3.512, p = .091$ 。对于时距比较阶段而言，测量经过电流密度技术转换的慢波的平均波幅。对整个比较时距呈现阶段，分析早时窗(500毫秒至比较时距的一半)和晚时窗(比较时距结束前500毫秒至比较时距结束)的波形偏转情况。考虑到短于靶时距的比较时距(1.8秒、3.6秒、5.4秒)呈现阶段和长于靶时距的比较时距(2.2秒、4.4秒、6.6秒)呈现阶段可能具有不完全相同的加工过程。为此，分别进行两个比较时距(1.8秒，3.6秒，5.4秒；或者2.2秒，4.4秒，6.6秒) \times 时窗(早时窗，晚时窗) \times 电极点(F3, FZ, F4, C3, CZ, C4, P3, PZ, P4)的三因素的重复测量分析。第一个三因素重复测量分析可知，电极点主效应临界显著， $F(8, 104) = 3.960, p = .055$ ，进一步多重比较可得，FZ($-3.105\mu\text{v}/\text{m}^2$)点CNV的平均波幅较F3($-0.711\mu\text{v}/\text{m}^2, p < .001$)，F4($-0.577\mu\text{v}/\text{m}^2, p = .002$)，C3($-0.626\mu\text{v}/\text{m}^2, p = .030$)，P3($2.838\mu\text{v}/\text{m}^2, p = .001$)，P4($1.310\mu\text{v}/\text{m}^2, p = .004$)，PZ($0.761\mu\text{v}/\text{m}^2, p = .002$)点的CNV平均波幅显著更负，而与C4($-2.713\mu\text{v}/\text{m}^2, p = .867$)，CZ点($-1.840\mu\text{v}/\text{m}^2, p = .176$)的CNV的平均波幅无显著差异。时距主效应不显著， $F(2, 26) = .211, p = .812$ ；时窗主效应不显著， $F(1, 13) = 1.916, p = .190$ 。电极 \times 时距的交互作用不显著， $F(16, 208) = 1.687, p = .652$ ；时窗 \times 时距的交互作用不显著， $F(2, 26) = .788, p = .477$ ；电极 \times 时距 \times 时窗的交互作用不显著， $F(16, 208) = 1.485, p = .210$ ；电极 \times 时窗的交互作用显著， $F(8, 104) = 2.658, p = .041$ ，进一步简单效应分析可以发现一些电极点从早时窗至晚时窗负性增强，比如FZ，CZ两个电极点($-2.34\mu\text{v}/\text{m}^2$ 和 $-3.86\mu\text{v}/\text{m}^2, p = .016$ ； $-1.04\mu\text{v}/\text{m}^2$ 和 $-2.62\mu\text{v}/\text{m}^2, p = .003$)。此外，在早时窗电极点之间平均波幅无显著差异， $F(8, 104) = 1.485, P = .324$ ；在晚时窗电极点之间平均波幅差异显著， $F(8, 104) = 4.436, P = .043$ 。FZ除了和C4, CZ无显著差异外，负性显著高于其他电极点(所有p值均小于0.01)。

第二个三因素重复测量分析可知，电极点主效应临界显著， $F(8, 104) = 8.423, p = .009$ ，进一步多重比较可得，FZ($-3.560\mu\text{v}/\text{m}^2$)点CNV的平均波幅较F3($-0.822\mu\text{v}/\text{m}^2, p = .008$)，F4($-1.589\mu\text{v}/\text{m}^2, p = .004$)，C3($-1.028\mu\text{v}/\text{m}^2, p = .033$)，C4($-1.486\mu\text{v}/\text{m}^2, p = .032$)，P3($2.064\mu\text{v}/\text{m}^2, p = .001$)，P4($1.164\mu\text{v}/\text{m}^2, p < .001$)，PZ($0.787\mu\text{v}/\text{m}^2, p = .001$)点的CNV平均波幅显著更负，而与CZ点($-1.931\mu\text{v}/\text{m}^2, p = .124$)的CNV的平均波幅无显著差异。时距主效应不显著， $F(2, 26) = 1.862, p = .198$ ；时窗主效应显著， $F(1, 13) = 9.809, p = .008$ 。电极 \times 时距的交互作用不显著， $F(16, 208) = .867, p = .519$ ；时窗 \times 时距的交互作用不显著， $F(2, 26) = .353, p = .691$ ；电极 \times 时距 \times 时窗的交互作用不显著， $F(16, 208) = .729, p = .628$ ；电极 \times 时窗的交互作用显著， $F(8, 104)$

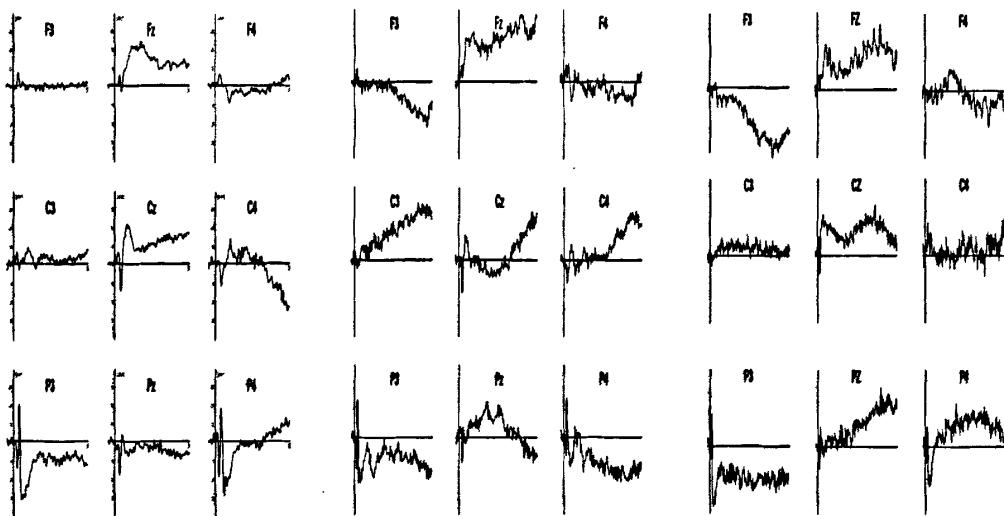


图30. 时距阶段诱发的CNV(csd)总平均图 (左: 2.2秒; 中: 4.4秒; 右: 6.6秒)

$=7.602$, $p=.012$, 进一步简单效应分析可以发现一些电极点从早时窗至晚时窗负性增强, 比如FZ, C4两个电极点 ($-2.93\mu\text{V}/\text{m}^2$ 和 $-4.18\mu\text{V}/\text{m}^2$, $p=.089$; $-18\mu\text{V}/\text{m}^2$ 和 $-3.79\mu\text{V}/\text{m}^2$, $p=.002$)。此外, 在早时窗电极点之间平均波幅显著差异, $F(8, 104)=7.005$, $P=.014$, FZ除了和CZ无显著差异外, 负性显著高于其他电极点 (所有p值均小于0.01); 在晚时窗电极点之间平均波幅差异显著, $F(8, 104)=5.245$, $P=.029$ 。FZ除了和C4, CZ无显著差异外, 负性显著高于其他电极点 (所有p值均小于0.01)。

5 讨论

本研究以Elbert等 (1991) 和Gibbons等 (2004) 的研究为基础, 试图考察视觉短时距加工 (6秒以内) 是否存在分段性。结果没有支持Elbert等 (1991) 的研究, 但与Gibbons等 (2004) 的研究结果一致。本研究中的ERP结果没有支持3-4秒为分段临界点的观点。在靶时距呈现过程中诱发出的ERP波形经CSD转换后, 可以发现在三种长度的时距加工条件下负性慢波均大致集中在头顶区。一般而言, 负性慢波的出现意味着皮层区域的兴奋, 而正性慢波意味着相对的抑制。Macar 和她的同事 (Macar & Vidal, 2002; Macar, Vidal, & Casini, 1999; Macar et al., 2002; Vidal, Bonnet, & Macar, 1995) 认为在时间信息加工中额一中央区的激活意味在时间信息表征过程中运动辅助区域的参与。因此, 在靶时距呈现过程中额中央负波的出现意味运动辅助区域与时距编码过程是有关的。而在本研究中时距长度主效应不显著, 且与电极点, 时

窗之间无交互作用，这也说明了在视觉短时距加工不存在分段现象。对于时距比较阶段而言，不管对于1.8秒、3.6秒、5.4秒还是对于2.2秒、4.4秒、6.6秒而言，时距主效应均不显著，且与电极点，时窗之间无交互作用。这些均说明了在3-4秒以内可能不存在分段临界点。

实验七 1秒以内与1秒以上视时距加工的CNV特征差异

1 目的

实验6结果发现3-4秒可能不是6秒以下时距加工的分段临界点，但对于1秒以内和1秒以上是否存在两种不同的加工机制仍值得探讨。有研究表明，毫秒(millisecond)和秒以上(multisecond)的时距加工基于不同的过程。但是，行为研究并没有揭示出两者加工方式差异的机制。Lewis等通过对时距加工脑成像的研究结果分析发现，时距加工存在两种认知机制：自动加工和认知控制加工。短时距的加工方式主要是自动加工，不受注意、唤醒等因素的影响，所涉及的脑机制区域主要有小脑、基底神经节、辅助运动皮层等。而长时距加工主要是认知控制的加工，易受注意、唤醒等因素的影响，与之有关的脑区域主要有前额叶背外侧、顶叶、颞叶等脑区。此外还有运动皮层、扣带回、纺锤体等广泛的皮层及皮下区域参与短时距加工过程。Lewis强调短时距加工存在两种不同机制所依据的分界标准为：时距长短、是否由动作来标记时距以及任务的连续性和可预测性等三种基本特征，换言之Lewis对分段性的界定不仅从时距长度而且从任务的其它特性也进行了说明，但对于纯粹的两种长度的时距加工（比如，1秒以内和1秒以上）是否存在加工机制差异并没有明确揭示。因此本实验操纵加工时距的长度（450毫秒和1300毫秒），旨在探测不同范畴时距加工的CNV特征差异。

2 假设

如果以1秒为分段临界点，那么1秒以下与1秒以上的视觉时距加工诱发的CNV特征可能存在差异。

3方法

3.1 被试

14名自愿参与本实验、视力或矫正视力正常的各系科大学生（7男，7女），其中年

龄最小18岁，最大24岁，平均年龄为21.2岁，标准差为1.1岁。所有被试均熟悉计算机基本操作，并被告知在实验结束后将得到一定的酬劳。被试无既往精神疾病或神经功能障碍史，无色觉障碍，均为右利手。

3.2 设备和刺激材料

计算机(Pentium IV 1.6GHz处理器，512MB内存，32MB内存；19" 显示器，1024×768分辨率，刷新率100Hz，刷新周期约10ms)一台，标准MS键盘。采用E-Studio(E-prime V1.23)编写实验程序，并收集数据。本实验中采用的刺激材料是紫色、紫红色圆圈，由Photoshop6.0制作而成。



图31. 实验七中的刺激材料

3.3 程序与设计

指导语1：同学，欢迎你参与实验，实验数据仅供研究之用，绝不外泄！你认真参与实验是我们实验成功的根本保证。请按提示输入你的有关资料。(主试口述)

(a)：主试要求被试端坐于计算机屏幕正前方60cm处，启动实验程序，首先要求被试按屏幕提示输入性别、年龄、系科等人口统计学变量，接着自行阅读实验指导语，主试就可能的疑问进行讲解，直到被试完全理解任务要求后自行按空格键进入练习。

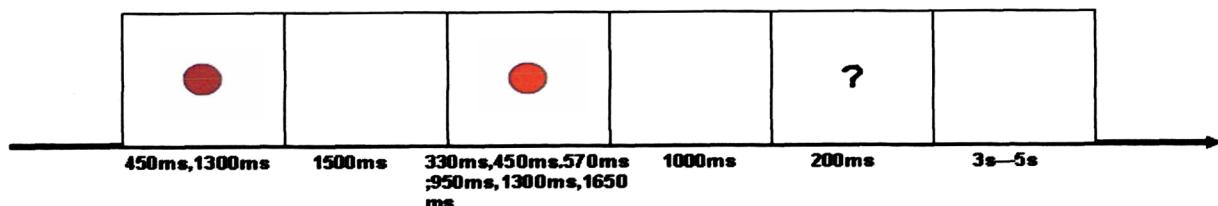


图32. 实验七中的刺激流程

指导语2：本实验旨在检查你的时距比较能力。整个实验包括练习阶段和正式实验阶段。准备好之后，请按空格键进入练习阶段。(屏幕显示)

指导语3：欢迎你进入练习阶段。这个阶段包括1个区组的时间辨别测试。时间辨别区组包括12次测试。测试流程为：首先在屏幕上呈现一种紫色圆圈，持续时间假设为T1 (T1有两种值在随机变化)，然后，灰屏一段时间之后，在屏幕上又出现一个紫红圆圈，持续时间假设为T2 (T2有六种值在随机变化)。一段时间之后出现一个“？”当你觉得后一个紫红圆圈较前一个紫色圆圈持续时间“短”时，则请按“1”；相等时，则按“2”；长时，则按“3”。

随后，灰屏进入下一次测试。

(b) 练习阶段。该阶段包括1个区组的时间辨别测试，时间辨别区组包括12次测试。

指导语4：欢迎你进入正式实验阶段。这个阶段包括2个区组的时间辨别测试。时间辨别区组包括60次测试，时间辨别任务流程与练习阶段相同。

(c) 正式实验阶段。该阶段进行时距辨别任务。时距辨别任务包括2个组块，每一个组块包括60次测试，其中靶时距为450毫秒和1300毫秒的测试各占30次，测试之间靶时距随机出现。

3.4 ERP 记录

采用Brian Products ERP 记录与分析系统。按照国际10-20扩展的64导电极帽记录脑电。采用Ag/AgCl电极，并以鼻尖作为参考电极，前额接地，双眼外侧安置电极记录水平眼电，左眼上下安置电极记录垂直眼电。滤波带通为DC~100Hz。采样频率为500Hz/导，头皮电阻小于5KΩ。连续记录脑电数据后离线分析，数字滤波为0.01~16Hz，自动矫正眨眼等伪迹，波幅大于80 μV将自动排除。分析时程为刺激呈现前100ms至呈现时距结束，基线为刺激呈现前100ms。

3.5 ERP 数据分析和统计

完成连续记录EEG后离线处理数据，校正VEOG和HEOG，并充分排除其他伪迹。本研究试图分析靶时距呈现阶段和比较时距呈现阶段的脑电数据。根据判断结果，对每种条件下“正确判断”的EEG进行叠加。波幅大于±100 μV被视为伪迹而自动剔除。分析时程为靶时距和比较时距呈现前100毫秒到呈现结束，时距呈现之前的100毫秒作为分析基线。对正确判断条件下的靶时距和比较时距阶段的脑电相应进行叠加。采用考察电极为F3, FZ, F4, C3, CZ, C4, P3, PZ, P4等，测量靶时距呈现阶段300毫秒至每种靶时距的结束点（450毫秒、1300毫秒）ERP平均波幅。为了比较不同靶时距阶段诱发的ERP效应，以ERP的平均波幅为指标进行三因素重复测量分析（时距类型×半球位置×前中后位置）。方差分析的P值采用Green-house Geisser法校正。

4 结果

4.1 行为数据

行为记录结果表明，短时距估计（450毫秒）条件下正确率（73.6%±2.9%）与长时距估计（1300毫秒）条件下正确率（74.5%±3.3%）差异不显著（ $t_{13}=1.509$ ，

P=.316).

4.2 ERP 数据

在450毫秒条件下,所有被试的ERPs总平均见图28所示。主要在额区从300毫秒至450毫秒诱发出较为明显的负性慢波,而在中央区负性慢波不太明显,直至顶区呈现出正性慢波。在1300毫秒条件下,所有被试的ERPs总平均见图28所示。主要在额区从300毫秒至1300毫秒诱发出较为明显的负性慢波,而在中央区负性慢波减弱,直至顶区负性慢波不再明显。分别测量450毫秒条件下300-450毫秒时窗内诱发的ERP平均波幅和1300毫秒条件下300-1300毫秒时窗内诱发的ERP平均波幅。对大脑半球(左: F3, C3, P3; 中, FZ, CZ, PZ, 右: F4, C4, P4), 大脑前中后位置(前: F3, FZ, F4; 中: C3, CZ, C4; 后: P3, PZ, P4)和时距类型(450毫秒, 1300毫秒)进行三因素重复测量分析。统计结果表明大脑前中后位置主效应显著, $F(2, 26) = 13.071, p < .001$ 。进一步多重比较得, 额区电极点诱发的波形负性(-1.463 μ V) > 中央区电极点(-.133 μ V, $p < .05$) > 顶区电极点(2.037, $p < .001$) ; 大脑左中右位置主效应显著, $F(2, 26) = 6.667, p < .01$ 。进一步多重比较得, 中央位置诱发的波形负性(-.357 μ V) = 右半球电极点(.128 μ V, $p = .123$) > 左半球电极点(.668 μ V, $p = .005$; $p = .042$) ; 时距类型主效应显著, $F(1, 13) = 4.938, p = .045$ 。经进一步检验, 1300靶时距编码阶段诱发的波形平均波幅(-.399 μ V) 显著高于450毫秒时距编码阶段诱发的波形平均波幅(.692 μ V)。左中右位置与前中后位置交互作用显著, $F(4, 52) = 4.217, p = .018$; 前中后位置与时距类

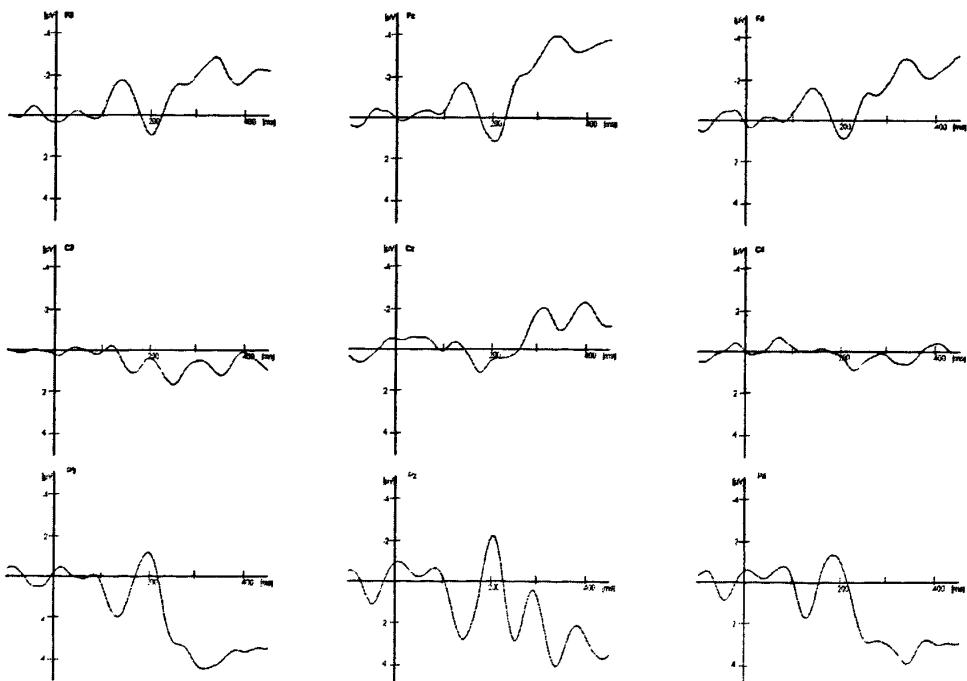


图33. 450毫秒时距编码阶段的CNV总平均图

型交互作用显著, $F(2, 26) = 14.069, p = .001$, 进一步简单效应分析可知, 在450毫秒时距编码阶段, 额区诱发出的波形平均波幅 ($-5.622\mu\text{V}$) 显著较中央区更负 ($.962\mu\text{V}, p = .007$), 而中央区较顶区显著更负 ($10.891\mu\text{V}, p < .001$). 在1300毫秒时距编码阶段, 额区诱发出的波形平均波幅 ($-3.157\mu\text{V}$) 较中央区 ($-1.762\mu\text{V}, p = .382$) 和顶区 ($1.330\mu\text{V}, p = .087$) 无显著更负; 左中右位置与时距类型交互作用不显著, $F(2, 26) = 2.092, p = .148$; 左中右位置、前中后位置与时距类型交互作用不显著, $F(4, 52) = 2.274, p = .097$.

5 讨论

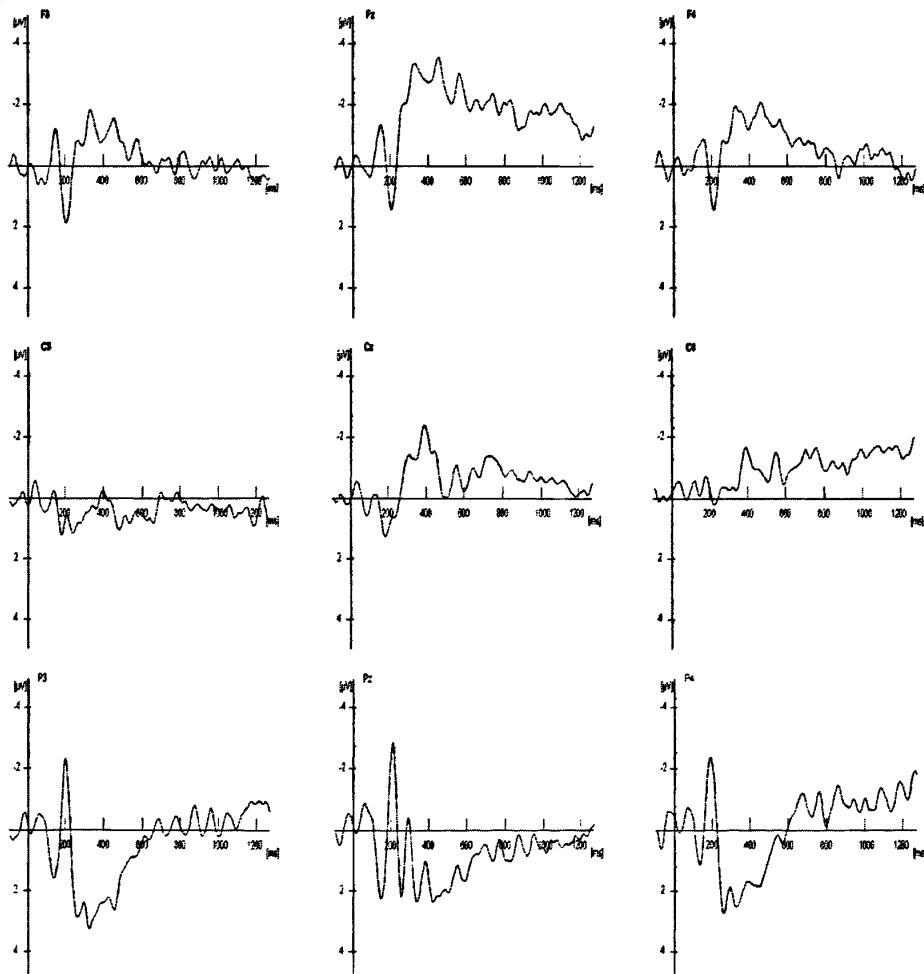


图34. 1300毫秒时距编码阶段的CNV总平均图

本实验采用时间比较任务，考察了450毫秒和1300毫秒编码阶段诱发的ERP波形特征，结果发现1300毫秒时距编码阶段诱发的CNV成分的平均波幅（300毫秒—1300毫秒）显著较450毫秒时距编码阶段诱发的CNV成分的平均波幅（300毫秒—450毫秒）更负，另外在450毫秒条件下额区的电位较中央区，顶区负性依次显著降低；而在1300毫秒条件下额区、中央区、顶区的诱发出的电位差异不显著。根据Macar等认为CNV波幅可能反映了时间信息的累积过程，相当于时间产生过程中，对来自起搏器所释放脉动的累积过程，累积越多，加工强度越大，波幅越高。因此仅凭两种时距条件下的波形平均波幅的差异还不足以推断两种时距具有不同加工机制，然而结合两种时距条件下CNV的头皮分布，可知在1300毫秒时距编码阶段的皮层发生源可能不同于450毫秒编码阶段的皮层发生源。总之，450毫秒时距加工与1300毫秒时距加工具有不同的机制，这支持了1秒作为视觉短时距加工分段临界点的观点。

实验八 1秒以上视时距加工的CNV特征

1 目的

如果正如实验7所支持的1秒是视觉短时距加工的分段临界点，这意味着1秒以内与1秒以上在时距加工机制和激活脑区上的差异，而且诱发电生理学指标的心理涵义上也应该存在差异。例如，一些研究发现1秒以内视时距判断中CNV波幅峰反映了标准时距的提取，CNV负性翻转至基线时间随探测时距的增长而延后。另一研究发现1秒以上的听、触时距判断中CNV波幅峰反映了时距判断决策过程的发生，CNV负性翻转至基线时间与探测时距无关。由此看来，1秒以内与1秒以上时距加工中诱发的CNV波幅峰和CNV负性翻转至基线时间的心理涵义可能存在差异，但这种差异还有因通道差异所致的解释，同时鉴于迄今未见有1秒以上视时距判断的研究报道，因此设计一项1秒以上视时距判断的研究与Pouthas等的研究进行对比。这可以在排除通道差异解释的基础上，为1秒作为视觉短时距加工的分段临界点积累证据。其次，关于CNV波幅峰潜时左、右额区对称性问题。Pfeuty研究发现1秒以内时距判断中左额区CNV波幅峰在标准时距结束点出现，而右额区CNV波幅峰直至探测时距结束时才出现，这说明CNV波幅峰潜时不存在左、右额区的对称性。Pfeuty据此推断左侧额区激活反映了决策发生之前时间信息累加过程（对标准时距的提取过程），而右侧额区激活可能与对探测刺激结束的期待注意有关。Pfeuty做出推断的原因是右侧额叶不必参与到

时距编码过程，即1秒以内的时间信息累加过程不需要注意和工作记忆的参与，且右侧额区的激活一般反映了持续注意过程。鉴于1秒以上和1秒以内的时距判断可能具有不同机制（例如时距编码机制和比较机制等），因此对于1秒以内时距判断中出现的左、右额区CNV波幅峰的差异模式能否在1秒以上的时距判断中出现尚需进一步探讨。这也完全可以为1秒作为视觉短时距加工的分段临界点积累证据。

为了解决上述两个问题，本研究一方面旨在探测1秒以上视时距判断中CNV波形特征与时距判断的关系；另一方面旨在澄清1秒以上视时距判断中左、右额区诱发CNV波幅峰潜时的对称性问题。本研究以视觉呈现时距信号，采用时间泛化范式要求被试判断五种1秒以上的探测时距（1秒、1.42秒、2秒、2.84秒和4秒）与标准时距（2秒）之间的长度关系，以此揭示1秒以上视时距判断过程中CNV波幅峰和CNV的心理涵义。另外，据Brown等的研究，无练习阶段会影响正式实验开始阶段被试出现注意资源不合理分配，导致脉冲数量丢失，知觉时距缩短，从而歪曲诱发CNV的时程。本研究采用在正式实验前进行练习并给予反馈，直至被试达到90%准确率才开始正式实验阶段。

2 假设

如果正如实验7所支持的1秒为分段临界点，那么（1）1秒以上的视时距判断诱发的CNV波幅峰可能反映了时距判断的决策过程；1秒以上的视时距判断诱发的CNV负性翻转至基线时间可能与探测时距无关。（2）1秒以上的视时距判断中左、右额区诱发的CNV波幅峰潜时的差异模式可能与Pfeuty等研究结果不同。

3 方法

3.1 被试

选取国内一所高校的大学生11名（6男5女）年龄19~24岁，平均年龄22.1岁，皆为右利手，无精神病史，视力或矫正后视力正常，实验完成后有一定报酬。签署了实验知情同意书。

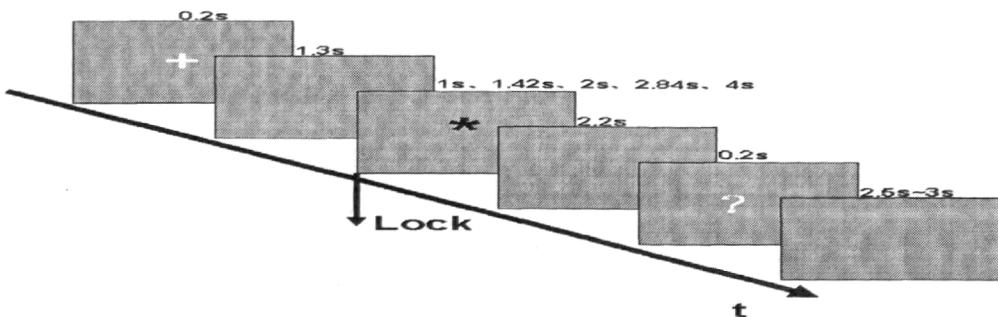


图 35. 单次试验刺激流程

3.2 程序与设计

指导语1：同学，欢迎你参与实验，实验数据仅供研究之用，绝不外泄！你认真参与实验是我们实验成功的根本保证。请按提示输入你的有关资料。（主试口述）

(a)：主试要求被试端坐于计算机屏幕正前方60cm处，启动实验程序，首先要求被试按屏幕提示输入性别、年龄、系科等人口统计学变量，接着自行阅读实验指导语，主试就可能的疑问进行讲解，直到被试完全理解任务要求后自行按空格键进入练习。

指导语2：本实验旨在检查你的时距比较能力。整个实验包括练习阶段和正式实验阶段。准备好之后，请按空格键进入练习阶段。（屏幕显示）

指导语3：欢迎你进入练习阶段。这个阶段包括1个区组的时间辨别测试。时间辨别区组包括25次测试。测试流程为：首先学习靶时距6次（白色“*”在屏幕上间隔呈现6次，每次停留的时间即为靶时距），学习完毕然后进入检测阶段，在屏幕中央呈现白色“+”0.2秒，间隔1.3秒之后出现黑色“*”，在屏幕上停留时间为T2（1秒、1.42秒、2秒、2.84秒、4秒等五类时距之一），黑色“*”消失之后，再间隔2.2秒出现一个“？”，任务是要求被试在“？”出现之后的1秒内按键给出黑色“*”与记忆中白色“*”在屏幕上停留时间的关系。判定为“短”时，用食指按1；判定为“相同”时，用中指按2；判定为“长”时，用无名指按3。练习阶段的正确率超过90%之后才能进入正式实验，否则重新再练习。

(b) 练习阶段。该阶段包括25次时间辨别测试。

指导语4：欢迎你进入正式实验阶段。这个阶段包括360次测试，时间辨别任务流程与练习阶段相同。

(c) 正式实验阶段。正式实验开始时再学习靶时距6次，然后每隔60次测试休息一段时间，重新开始之前又学习5次靶时距，以避免被试遗忘靶时距。正式实验包括360个测试，每种探测时距条件包括72次测试，所有测试随机排列，测试之间以2.5秒至3秒间隔随机。整个脑电记录时间为1小时左右。实验时被试坐在隔音电磁屏蔽室内的电脑椅上，要求注视显示器屏幕中央的注视点。显示器背景为灰色，视距为60厘米。

3.3 ERP 记录

采用 Neuroscan4.3 记录和分析系统。Ag/AgCl 记录电极固定于按国际 10-20 系统扩展而成的 64 导电极帽。以左侧乳突为参考电极, 用 T8 记录右侧乳突的电位 (数据处理时其它作用电极的电位均应减掉 T8 记录电位的 1/2), 左眼上下眶电极记录垂直眼电 (VEOG), 左、右眼两侧记录水平眼电 (HEOG)。头皮与电极之间的阻抗小于 $5\text{k}\Omega$ 。模拟滤波带宽为 DC-100Hz, 采样频率为 500Hz/导, 信号通过放大器放大, 记录探测时距呈现时的 ERP 成分。

3.4 ERP 数据分析和统计

完成连续记录 EEG 后离线处理数据, 用 Neuroscan4.3 软件矫正 DC 漂移, 离线滤波低通为 30Hz (24dB/octave), 眼电伪迹和其他伪迹使脑电电压超过 $\pm 100\mu\text{V}$ 的脑电事件被自动剔除。分析时程 (epoch) 为探测时距呈现前 500 毫秒到探测时距开始后 4000 毫秒, 呈现前 500 毫秒作为分析基线。本研究仅对每种条件下“正确判断”的 EEG 进行叠加。本研究目的之一在于考察 CNV 的两个指标 (波幅峰潜时和负性反转至基线位置) 与时距判断之间的关系。据相关文献, 选取 FCZ 作为考察电极, 对五种探测时距条件下的 CNV 波幅峰潜时和负性翻转至基线时间进行点值测定, 然后以探测时距为考察因素, 分别进行单因素重复测量分析。本研究的目的之二旨在澄清 1 秒以上视时距判断中左、右额区诱发的 CNV 波幅峰潜时的对称性问题, 选取左侧额区处 (F5, FC3) 和右侧额区处 (F6, FC4) 为考察电极。根据 Monfort 等研究结果的分析逻辑, 判断左、右侧额区是否会在时距判断中激活, 按通过该脑区在时距判断过程是否诱发明显的 CNV 而推定。根据 Pfeuty 等研究结果的分析逻辑, 左、右侧额区在时距判断中的功能分离按通过左、右侧额区处诱发的 CNV 波幅峰潜时与标准时距以及探测时距的关系而推定。因此, 首先, 观察在时距判断过程中左、右侧叶是否诱发明显的 CNV, 然后测定左、右额区处 CNV 波幅峰潜时。参考 Pfeuty 研究结果的分析, 这一步只需针对 2.84 秒和 4 秒两种探测时距条件进行。以探测时距 (2.84 秒和 4 秒) 和头皮部位 (左额、右额) 为考察因素进行二因素重复测量分析。方差分析的 P 值采用 Green-house Geisser 法校正。

4 结果

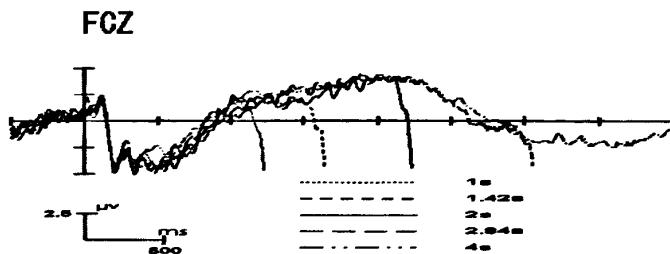


图 36.5 种时距条件下的 FCz 点 CNV 总平均图

为了检验第一个假定，需探测 CNV 波形特征和时距判断的关系。为了更清楚地展示探测时距和 CNV 波幅峰的关系，选取 FC_z 作为分析电极（见图 36）。从图 36 可以见到在 1 秒，1.42 秒，2 秒等三种探测时距条件下，CNV 波幅都是大约在探测时距结束时达到最高峰；2.84 秒和 4 秒等两种探测时距条件下，CNV 波幅都是大约在 2 秒左右达最高峰。为验证这种观察的可靠性，首先对 CNV 的波幅峰潜时进行点值测量，然后进行单因素（探测时距）重复测量方差分析，经统计检验表明：[$F_{(4,40)}=122.78, p < .001$]，进一步多重比较发现 1 秒与 1.42 秒探测时距条件下差异显著（ $p < .01$ ），1.42 秒与 2 秒探测时距条件下差异显著（ $p < .01$ ），1 秒与 2 秒探测时距条件下差异显著（ $p < .01$ ）；而 2 秒与 2.84 秒探测时距条件下差异不显著（ $p > .05$ ），2.84 秒与 4 秒探测时距条件下差异不显著（ $p > .05$ ），2 秒与 4 秒探测时距条件下差异不显著（ $p > .05$ ）。这表明在 1 秒，1.42 秒探测时距和 2 秒探测时距之间，CNV 波幅持续增加，而在 2 秒探测时距和 2.84 秒，4 秒探测时距之间，CNV 波幅不再增加。为了进一步说明 CNV 波幅峰转折点发生在 2 秒左右，特对 2 秒、2.84 秒和 4 秒等三种探测时距条件下的 CNV 波幅峰位置与 2 秒（理论值）进行双尾 t 检验，统计表明三种探测时距条件下 t 检验结果分别是：[$t_{(10)}=.91, p > .1; t_{(10)}=1.72, p > .1; t_{(10)}=2.10, p > .05$]。另外，对 CNV 负性翻转至基线时间和时距判断的关系进行探讨。特以 CNV 负性翻转至基线位置的时间为因变量观测指标进行单因素（探测时距）重复测量方差分析，统计检验表明：[$F_{(4,40)}=236.17, p < .001$]，进一步多重比较发现 1.42 秒较 1 秒条件下显著延后（ $p < .01$ ），2 秒与 1.42 秒条件下显著延后（ $p < .01$ ）；而 2.84 秒较 2 秒条件下显著延后（ $p < .01$ ），4 秒较 2.84 秒条件下无显著延后（ $p > .05$ ），为进一步说明 2.84 秒和 4 秒条件下 CNV 负性翻转至基线时间是否发生在探测时距呈现结束的时点（2.84 秒和 4 秒），特分别对 2.84 秒和 4 秒条件下负性翻转至基线位置的时间分别与 2.84 秒和 4

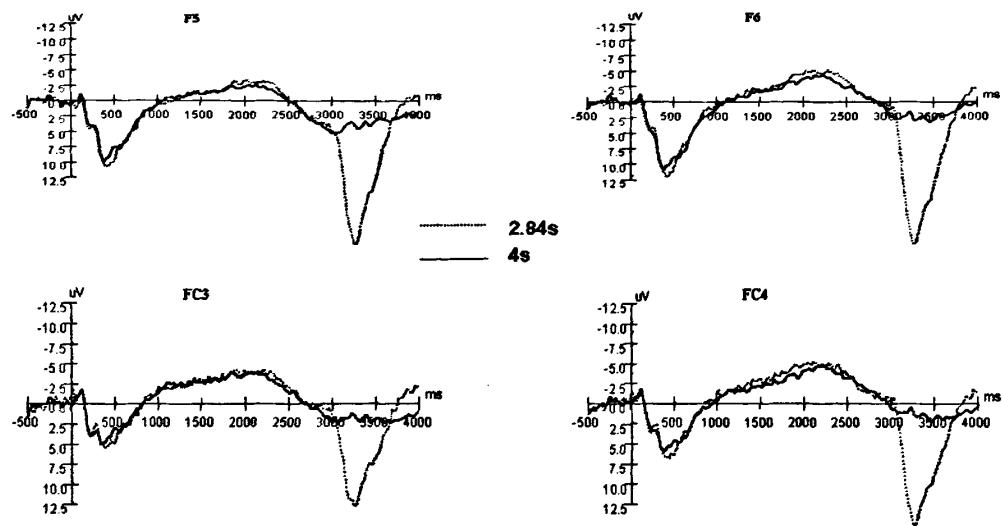


图 37. 2.84s 和 4s 条件下的 F5、F6、FC3、FC4 电极点的 CNV 总平均图

秒（理论值）进行双尾 t 检验，统计表明两种探测时距条件下 t 检验结果分别是：[$t_{(10)}=3.36, p<.01; t_{(10)}=5.36, p<.001$]。这说明 CNV 负性翻转至基线位置并没有严格表现出随着探测时距长度增加而延后，且未达探测时距呈现的结束时点。

为了检验第二个假定，需澄清 1 秒以上视时距判断中左、右额区诱发的 CNV 波幅峰潜时的对称性问题。从图 37 可见，左、右侧额区在探测时距呈现阶段均诱发出明显的 CNV，即两侧额区均在时距判断过程中出现激活。然后，根据 Pfeuty 等人的逻辑，对左、右侧额区处诱发的 CNV 波幅峰潜时进行了比较。经过头皮部位（左、右额） \times 探测时距（2.84s, 4s）的二因素重复测量分析可知，头皮部位主效应不显著 [$F_{(1,10)}=1.046, p>.1$]；探测时距主效应不显著 [$F_{(1,10)}=1.214, p>.1$]；交互作用不显著 [$F_{(1,10)}=1.154, p>.1$]。这说明两侧额区诱发的 CNV 波幅峰潜时无显著差异。为了说明左、右两侧 CNV 波幅峰是否也在标准时距附近，特分别对 2.84 秒和 4 秒条件下的 CNV 波幅峰潜时与 2 秒（理论值）进行双尾 t 检验，统计表明两种探测时距条件下 t 检验结果分别是：[$t_{(10)}=1.64, p>.1; t_{(10)}=1.06, p>.1$]。这说明了左、右侧额区的 CNV 波幅峰潜时均处在 2 秒附近。

5 讨论

首先，实验 8 发现，1 秒、1.42 秒和 2 秒探测时距条件下 CNV 波幅峰大约在探测时距结束完毕的时候出现；而 2.84 秒和 4 秒探测时距条件下的 CNV 波幅峰则在 2 秒

(标准时距)附近出现。这说明在实验 8 采用 1 秒以上的视时距判断中 CNV 波幅峰也反映了时距判断中决策过程的发生。这与 Macar 等的研究结果一致。推测原因在于实验 8 与 Macar 等的研究主要有以下相似之处:首先,两项研究均采用了时间泛化范式,要求完成 1 秒以上的时距判断任务;其次两项研究中标准时距与探测时距之间的差异均较大,这样可以使各种加工阶段均能体现在 CNV 波形特征上。而实验 8 结果与 Pouthas 等的研究结果不一致,产生差异的原因可能在于 Pouthas 等的研究中采用了 1 秒以内的时距判断任务,这种任务是基于自动化加工系统而完成;实验 8 中采用了 1 秒以上的时距判断任务,这种任务是基于认知控制加工系统而完成,遵循时间信息加工模型的机制。实验 8 结果亦可从时间信息加工模型的角度得以解释。时间信息加工模型认为,时间信息加工主要由三个加工阶段构成。首先是内部时钟成份,内部时钟由起搏器 (pacemaker) 和累加器 (accumulator) 构成。起搏器按照一定的频率发放脉冲,传送到累加器中。在此过程中,外源刺激启动和停止脉冲的发放,而注意则调节进入累加器中脉冲的数量。第二个阶段是记忆过程,主要由短时记忆 (或工作记忆) 和参照记忆 (reference memory) 构成,累加器把有关的信息传送到短时记忆和参照记忆中,形成相应的时间表征。第三个阶段是决策过程,即对当前的时距和参照记忆中的时距表征进行比较,进而做出判断,产生行为反应。假设脉冲累加过程和 CNV 变化时程是对应的,随着脉冲累加的增多, CNV 波幅应该增高。前者可能由一些选择性神经元群激活而产生,而后者则可能反映了表层皮质神经元的激活状态,每一次时距判断过程在 CNV 波形特征上都有所体现。因此, CNV 波幅峰的出现被假定为与判断过程结束对应,当探测时距短于或等于标准时距时,探测信号结束即意味着判断过程结束,如实验 8 中探测时距为 1 秒、1.42 秒和 2 秒等三种条件;当探测时距长于标准时距时,达到标准时距意味着判断过程结束,如实验 8 中探测时距为 2.84 秒和 4 秒两种条件。而在 Pouthas 等研究中,不论探测时距的长短, CNV 的波幅峰均出现在标准时距附近,这说明 CNV 波幅的增高没有与时距信息加工成线性关系,意味着 Pouthas 等研究采用的时距加工可能属于一种自动加工机制,不能用时间信息加工模型来解释。总之,实验 8 发现的 1 秒以上 CNV 波幅峰的心理涵义与 Pouthas 等研究结果不同,且需要采用不同心理模型来解释各自研究结果,这为 1 秒是分段临界点提供了新证据。

其次,实验 8 还发现 CNV 负性翻转至基线时间在 1 秒、1.42 秒和 2 秒条件下随探测时距增长而延后,而在 2.84 秒和 4 秒条件下基本相同,均未至探测时距呈现完毕的时候。Macar 等采用听觉、触觉信号时距探讨了 1 秒以上的探测时距与 CNV 负性翻转至基线时间之间的关系,结果发现在 1.25 秒、1.6 秒和 2 秒条件下随着探测时距

的增长，该指标会延后；在 2.5 秒和 3.125 秒条件下的则无显著差异。这支持了实验 8 的结果。Pouthas 等采用视觉信号时距探讨了 1 秒以内的探测时距与 CNV 负性翻转至基线时间之间的关系，结果发现随着探测时距的延长，该指标会延后。这与实验 8 结果不一致。将以上研究加以比较发现，产生这种差异的原因可能是分别采用了 1 秒以内和 1 秒以上的加工时距。另外根据时间泛化范式的基本特征和时间信息加工模型，探测时距呈现过程主要包括标准时距的提取、探测时距的编码以及决策加工等，因此单纯探讨探测时距与 CNV 负性翻转至基线的位置之间的关系也许并不能揭示事实的本质。进一步分析实验 8 结果发现，CNV 负性翻转至基线时间在 1 秒、1.42 秒、2 秒条件下随着时距判断决策发生时点的延后而延后，在 2.84 秒和 4 秒条件下随着时距判断决策发生时点的不变而不变，即这可能反映了一种与时距判断决策过程共变的趋势。那么决策发生之后的加工过程又是什么呢？时距判断过程可被假设为随着脉冲累加的越多，认知负荷逐渐增大，决策过程发生之后，负荷开始解脱，因此 CNV 负性翻转至基线的过程是一个负荷解脱的过程，这在魏景汉等人的研究中得以佐证。这项研究对解脱波的特征进行描述时曾采用过类似于 CNV 负性翻转至基线时间的一个被称为“始正时”的参数。始正时被认为是从命令信号开始至与基线交点之间的时间间隔。实验 8 中决策发生时点相当于命令信号，决策发生时点和负性翻转至基线位置之间的时间间隔即为始正时。因此，1 秒以上的时距判断中 CNV 负性翻转至基线过程亦可被认为是一个认知负荷解脱的过程，CNV 负性翻转至基线的位置相当于负荷解脱过程中的由负翻正的转折点。这与 Pouthas 等的研究中发现的 CNV 负性翻转至基线位置随着探测时距的变化而变化的趋势是不同的，因而支持了 1 秒是视觉短时距加工的分段临界点的观点。

最后，实验 8 发现 2.84 秒和 4 秒条件下，探测时距呈现阶段左、右侧额区均诱发出明显 CNV。这与 Monfort 研究结果一致。这说明了左、右侧额区均参与了决策之前的时距判断过程。多项研究已表明左、右侧额区均会参与这些加工过程。但是试图揭示左、右侧额区在这个复杂认知过程中各自如何起作用尚需进一步的研究。另外实验 8 还发现左、右两侧额区处的 CNV 波幅峰潜时无显著差异，均在 2 秒（标准时距）附近。这与 Pfeuty 研究结果不一致，即在 Pfeuty 研究中发现左侧额区 CNV 波幅峰出现在标准时距呈现完毕的时候，右侧额区 CNV 波幅峰直至探测时距完毕的时候才出现。这种差异可能原因 Pfeuty 的研究采用 1 秒以内时距判断任务，实验 8 采用的是 1 秒以上的时距判断任务，这两种范畴的时距判断可能基于不同的机制。同时，这意味着左、右侧额区在决策发生之后至负性翻正之前没有出现功能分离效应。因为如果在决

策发生之后至负性翻正之前左、右侧额区确实涉及到不同加工机制，那么两者诱发的 CNV 波形特征应该有显著差异，而实验 8 发现 2.84 秒和 4 秒探测时距条件下左、右侧额区诱发的 CNV 波幅峰至负性翻转至基线位置之间的波形无明显差异。看来，实验 8 似乎支持左、右侧额区均参与了决策之前的时距判断过程，且决策发生之后至负性翻正之间右侧额区没有出现激活增强的趋势。这与 1 秒为视觉短时距加工的分段临界点的观点兼容。

第四部分 总结

1 总的讨论

本研究目的首先在于探究在6秒以内的视觉短时距加工中是否存在分段性现象，然后进一步探究分段临界点的位置。本研究采用了两条途径对两个问题进行了探讨。第一条途径是采用双任务范式考察不同时距加工受认知负荷的影响差异，具体而言，就是期待在6秒以内的视觉短时距加工中存在一个分段临界点。在分段临界点以上为一种认知控制加工，需要认知资源的参与，因此会受到同时执行任务的干扰；在分段临界点以下为一种自动加工化系统，不需要认知资源的参与，因此同时执行的任务不会影响时距加工。我们首先通过实验1-3对分段性问题进行了探索，继而通过实验4-5探讨分段临界点问题，继进一步对实验1-3的结果普遍性进行了探究。实验6-8则是采用ERP技术从另一角度对6秒以内视觉短时距加工的分段临界点问题进行探讨。

1.1 视觉短时距加工分段性问题

视觉短时距加工的分段效应（长度效应）是指存在某一分段临界点，在临界点以下和临界点以上的视觉时距加工可能存在不同加工机制。较短的时距被知觉和加工为一个单位，而长时距的知觉和加工则必须分为许多小的单位，并通过记忆和认知重构的方式来进行加工。

干扰效应在视觉短时距加工的加工研究中呈现出一种稳定的态势(Brown, 1997)。这种效应一般是指当同时有非时间信息加工任务执行时，时间加工会被破坏掉，知觉时距的长度相对于单独执行时距加工时较短。增加非时间加工任务的难度会导致干扰效应的增加，比如涉及到知觉(Brown, 1985; Casini & Macar, 1997; Coull, Vidal, Nazarian, & Macar, 2004; Field& Groeger, 2004; Macar, 2002; Zakay, 1993)、记忆(Fortin & Couture, 2002; Fortin & Masse, 1999; Hicks & Brundige, 1974; Rammsayer & Ulrich, 2005)以及言语加工(McClain, 1983; Miller, Hicks, & Willette, 1978; Zakay, 1989)。对这种现象的一种普遍的解释就是时距信息加工依靠的是一种需要注意资源的计时装置完成(Brown, 1985; Meck, 1984; Thomas&Weaver, 1975; Zakay, 1989)。当注意资源在时间信息加工和一些同时需要注意的任务之间进行分配时，累加过程会被破坏掉。假设在某一段固定的时间内，同时执行其他任务会降

低脉冲累加的数量，因此缩短了知觉时距长度。注意分配模型解释了在大量的时间估计研究中估计时间的长度与非时间加工任务难度的关系 (Fortin& Masse, 1999; Sawyer, Meyers, & Huser, 1994; Zakay, Niazan, & Glickson, 1983) 或者与主观分配在刺激非时间维度上的特征 (Casini & Macar, 1997; Coull et al., 2004)。然而，尽管大量研究支持了注意和时距加工之间的关系，但是一些行为研究结果并不能被简单地注意分配模型所解释，譬如在一项时间信息加工和非时间信息加工双向干扰的研究中，Brown (1997) 在进行2秒或5秒的时距产生加工任务时，同时执行追踪转子轨迹、视觉搜索及心算任务。结果发现时间信息加工被三种任务破坏，而仅心算任务被时间信息加工破坏。据此Brown提出了多重资源库模型 (Wickens, 1984, 1991, 1992) 或者工作记忆模型 (Baddeley, 1986, 2000; Baddeley& Hitch, 1974) 来解释这种结果。在多重资源库模型中，假定注意资源根据加工阶段（知觉的/中枢的资源和反应资源）和加工代码（空间资源和言语资源）被分配在多个资源库中 (Wickens, 1991)。在工作记忆模型中包括中央执行成分、语音回路及视空间模板 (Baddeley, 1986; Baddeley& Hitch, 1974)。

正如Brown's (1997) 所提到的，顺序信息是心理时间的一种重要属性 (Fraise, 1984)。在某种程度上时序加工与时距加工是相关的，被假定两者共享共同的认知资源 (Fortin& Masse, 1999; Fortin, Champagne& Poirier, 2006)。本研究探讨在视觉短时距加工过程中是否存在分段的现象，采用的验证逻辑就是假设不同段的时距加工涉及到认知资源的参与情况不同，分段临界点以下不受认知资源影响，而分段临界点以上受认知控制，因此，给予分段临界点以下和以上的时距加工相等的认知负荷，可以预期负荷对这两种时距的加工机制影响存在差异。为了验证认知资源对时距加工的影响，实验1采用了时序判断任务为非时间加工任务，操纵了字母串的容量（2个字母和4个字母），结果发现0字母负荷较2字母负荷条件下以及0字母负荷较4字母负荷条件下的时距复制在1秒、2秒、3秒及4秒均无显著差异，在5秒和6秒则表现出现了差异。对于1秒条件也出现了负荷效应，这可能是1秒靶时距比较短，而在双任务条件下1秒过程中需要完成时距信号的启动、时距信号的关闭、时序判断及运动准备等加工，因此被试极有可能只是粗略地估计时间，象征性尽可能准确地完成按键操纵。在同时进行的任务之间共享资源是中央执行系统的一种重要功能 (Baddeley, 1996)。具体而言，中央执行系统整合各种来源的信息，协调完成同时进行的两种任务 (Baddeley, 1993; Baddeley & Logie, 1999; Baddeley, Logie, Bressi, Della, Sala, & Spinnler, 1986)。因此，实验1的结果可能暗示着4-5秒以上的时距加工可能会涉及到

中央执行功能。而4-5秒以内的时距加工不受认知负荷的影响。另外对于2字母负荷与4字母负荷条件下没有出现负荷效应，这可能是两种条件下难度差异没有足够大，以致不能使这种负荷差异体现在时距复制长度的差异上。实验2为了排除实验1中0字母负荷与2字母负荷，0字母负荷与4字母负荷条件下复制时距差异是由编码方式（0字母负荷为无中断编码，而2字母负荷和4字母负荷条件下为间断编码）而致的可能性，0字母负荷条件也采用间断编码方式，且将实验2设计成 3×6 的被试内设计；另外为了让负荷效应更明显，将字母容量的三种条件分别设定为0字母负荷，3字母负荷及6字母负荷，且将每一种条件由实验1中重复测量10次增加为16次。实验2结果发现负荷与时距类型之间存在交互作用，进一步简单效应分析发现1秒、2秒、3秒条件下负荷效应不显著，4秒、5秒、6秒条件下负荷效应显著。这说明了3秒以内的时距加工不受认知负荷的影响，而4秒以上的时距加工受认知负荷的影响，即3-4秒可能为视觉短时距加工的分段临界点。进一步对4秒、5秒、6秒条件下的负荷效应进行多重比较得，4秒、5秒、6秒条件下，0字母负荷与6字母负荷之间效应差异显著，3字母负荷与6字母负荷之间效应差异不显著。推测这种结果原因可能有两个方面：其一，从显著性水平来看，均离达到显著性差异的临界点较近，这说明如果继续扩大负荷之间的差异，那么这种负荷效应可能会显现出来；其二，从实验结束后询问被试完成实验的情况发现，有些被试采用组块化的策略，即在对6个字母串的记忆过程中，将前三个和后三个各作为一个组块，从而易化了6个字母串识记任务的难度。这样造成了3字母负荷条件与6字母负荷条件下时序判断所需反应时的差异不大，从而使两种条件对时距加工的影响差异不显著。

时序判断负荷效应在实验1中的1秒靶时距复制中出现了，而未在实验2中出现。根据注意分配模型，我们可以将实验1和实验2中1秒条件下的时间复制成绩看成是基于注意加工和基于记忆加工（将非时间信息转换成时间信息，类似于回溯式范式中的计时）共同作用的结果，而在实验1和实验2中时序判断任务的难度均较大（反应时均超过1秒），且实验2中的时序判断任务的难度更大，因此在实验2中和实验1中干扰效应基于的可能是两种不完全相同的机制。实验2中由于完成时序判断任务所需时间较长，因此基于某些记忆操作（搜索靶字母）导致了额外的时间估计，从而使实验2双任务加工过程中1秒的时距复制中基于记忆带来的复制时距长度在弥补了因注意分散丢失的时距长度之外尚有剩余，而在实验1中由于时序判断任务需时相对较少，因此在基于注意和基于记忆两种加工机制的共同作用下产生的干扰效应不太明显。同时由于对时序判断结果进行了反馈，无形促长被试更多地将认知资源投入到时序判断任务

上,而很少有注意资源分配至时间复制任务上。Fortin (2006) 以时序判断为非时间任务考察了随着时序判断负荷发生变化时距产生长度的变化,结果发现随着负荷增大,产生时距延长。这证实了时距加工和记忆中的时序加工共享同样的资源库。然而实验1-2发现3-5秒以下的时距加工并不受时序判断负荷的影响,而在Fortin(2006)的研究中,采用的靶时距为2秒和2.7秒,且均产生了负荷效应。之所以产生这种差异可能原因如下:首先,两项研究采用的时间任务范式不同,Fortin (2006) 采用的为时间产生范式,而在本研究的实验1-2中采用的为时间复制范式。Peral等(Perbal, Pouthas, & Linden, 2000)认为不同的估计方法需要不同记忆类型的参与。在复制法中包括两个阶段,首先是靶时距(视觉的或听觉的,或是两次闪烁或敲击之间的时间间隔)的呈现,然后是复制阶段。被试为了准确的复制出目标时距,在编码阶段不但要求工作记忆的参与,而且在提取阶段还需要长时记忆的参与,尤其是在靶时距超过工作记忆的容量时。因此长时距复制应当有情节记忆的参与,因为在两个阶段之间存在一定的时间间隔。当在编码阶段中存贮的时距信息需要随着试验(trial)的改变而改变时,情节记忆参与的程度就可能更大。在产生法中,被试必须根据实验者所提供的时间单位(chronometric units)进行时距估计。在这个过程中,工作记忆累计并存贮步调器所释放的脉冲,直到被试判断达到目标时距位置。这个过程是个连续的过程,要求一定数量的注意资源来维持脉冲的释放,同时还要与比较目标时间单位的时距表征进行比较。产生法不但要求工作记忆的参与,表征时间单位的语义记忆也参与了产生过程。当目标时距是日常背景中常用的时间单位时,如1s或1m,目标时距的表征可以直接从语义记忆中提取。当目标时距是随意(arbitrary)的情况下,如13s,38s或52s,目标时距的表征则来自与其最接近的常用时距的语义表征。另外, Fortin(2006)等在时距提取阶段操纵负荷效应,而本研究实验1-2在编码阶段操纵负荷效应。前者相当于有一个固定的标准,然后不断地变化这个标记时距以便与这个标准匹配。后者主要不断变化设定的标准时距,然后标记时距以便与这个标准匹配。这两种方式涉及的变异源不同,以致对时距加工的影响也存在差异。实验1-2中两种负荷之间的效应不显著,这种原因可能在于负荷本身差异不显著。为此,实验3降低非时间信息加工中的任务难度,减少完成非时间加工任务所花的时间,特采用记忆搜索任务(Sternberg, 1966; Fortin& Couture, 2002; Fortin & Masse, 1999)作为非时间信息加工任务。结果发现负荷与时距类型之间存在交互作用,进一步简单效应分析发现1秒、2秒、3秒条件下负荷效应不显著,4秒、5秒、6秒条件下负荷效应显著。这支持了实验1-2结果的正确性,即在1-6秒内存在分段性现象。Fraisse(1984)提出双加工

模型。模型假定时间信息加工可以分类成两种不同的加工机制：3秒以内的为时距知觉和3秒以上的时距估计。根据这一思想，对时距的知觉是基于主观到现在，是对3秒以内的刺激序列知觉为整体，没有记忆的参与；对时距的估计则涉及到记忆的参与，是对3秒以上的刺激序列知觉为独立的成分。实验1-3中结果与双加工模型是基本一致的，即在3-4秒以上受记忆资源的影响，3-4秒以内不受记忆资源的影响，类似于一种自动加工过程。另外，实验1-3中部分时距加工中出现的干扰效应可以在多种模型的框架内得以解释（Gibbon&Church, 1984; Thomas&Weaver, 1975; Zakay, 2000; Zakay & Block, 1996, 1997）。这些模型均假定有一起搏器-累加器装置。按照这个装置的原理，起搏器以一定频率发放脉冲，脉冲通过阀门进入累加器，注意对这个过程进行监控，当注意资源分配给时间加工的数量越多，那么阀门打开得越频繁或者越宽，也就意味着有更多地的脉冲进入累加器。由于在给定时距内累加脉冲的数量就是对所加工时距的内部表征，因此注意资源控制着计时准确性。在实验1-3中，均比较了不同认知负荷条件下的计时，发现受认知资源影响的时距加工会随着认知负荷的变化而变化。总之，实验1-3证实了视觉短时距（6秒以内）加工过程存在分段性现象。

1.2 视觉短时距加工分段临界点问题

实验1-3证实了视觉短时距加工过程存在分段性现象。为了进一步证实分段性现象的普遍性，实验4对时距提取阶段的认知负荷进行了操纵，结果发现负荷与时距类型之间存在交互作用，进一步简单效应分析发现1秒、2秒、3秒条件下负荷效应不显著，4秒、5秒、6秒条件下负荷效应显著。这支持了实验2-3的结果，即3-4秒可能是分段临界点。根据多种模型的观点（Gibbon &Church, 1984; Thomas &Weaver, 1975; Zakay, 2000; Zakay &Block, 1996, 1997），在编码阶段增加负荷导致知觉时距缩短，而在提取阶段增加负荷导致知觉时距延长，在实验4中发现在4秒、5秒及6秒时距加工中随着负荷越大，复制的时距越长，这与注意阀门模型以及时间信息加工模型是一致的。Fortin等（2002）采用时间复制和字母搜索任务相结合的双任务范式，操纵了提取阶段的加工负荷，结果表明在1.85秒-6.45秒时距范围内没有存在分段临界点。这与实验4的结果是不一致的。Fortin等（2002）研究目的在于探讨不同时距加工的记忆加工效应，因此在这个实验中尽量减小与记忆无关加工的影响，保持在各种时距加工全程中的记忆负荷恒定，而实验4，像其他大多数双任务加工实验一样，非时间加工任务的耗时和产生的靶时距同时在变化。实验5基于对实验1-3结果的一种推测，对200毫秒和1000毫秒的时距加工是否受认知资源影响进行探究，结果发现时距加工的负荷主效应不显著，这说明200毫秒和1000毫秒的加工均不受认知负荷的影响，这也支持了实

验1-4的结果。同时实验5的结果也支持实验2-3所发现分段临界点在3-4秒位置的结论。Rammssayer (2005) 等在一项研究中采用记忆搜索任务作为非时间加工任务, 结果发现100毫秒和1000毫秒的时距加工均不受认知负荷的影响。这与实验5的结果是兼容的。实验6和实验7则是采用电生理学技术旨在对实验2-5所发现的3-4秒为视觉短时距加工的分界点提供佐证。

Walt 和 Cooper (1964) 利用反应时测量范式最早发现了 CNV。实验中, 安排以固定时间间隔(如 1.5 秒)先后呈现的两个刺激 S1、S2, S1 为预备信号, S2 为命令信号, 要求被试一旦觉察到 S2 就立即按键反应。结果在 S1 出现不久, 就观察到脑电发生了负向偏转, 直至 S2 出现后被试按键 CNV 消失。而时间信息加工研究中两种常用的范式主要是时间复制和时间比较。在时间复制范式中, 先习得一个标准时距 T , 然后在探测阶段呈现探测刺激(预备信号), 持续一个时距 t (时间间隔), 被试判断 t 与 T 相同(命令信号), 按键复制完毕(CNV 消失); 或在时间比较范式中, 先习得一个标准时距 T , 然后在探测阶段呈现探测刺激(预备信号), 持续一个时距 t (时间间隔), 达到靶时距 T (命令信号), 探测刺激呈现完毕 (CNV 波峰最大, 即而逐渐消失)。因此, 视觉短时距加工的实验范式与诱发 CNV 的实验过程极其相似, 因此很多研究结果也证实了这点。由于视觉短时距加工的实验范式类似于诱发 CNV 的条件, 所以许多研究者认为 CNV 反映了被试对预备信号和反应信号之间时间间隔的知觉过程, 是与视觉短时距加工过程有关的一种 ERP 成分。实验 6 记录了时间比较任务过程中编码阶段和比较阶段诱发的 CNV 成分, 并采用电流密度技术对 CNV 的皮层发生源进行了探究。结果没有支持 3-4 秒为分段临界点的观点, 这与 Elbert 等 (1991) 的研究结果不一致, 但与 Gibbons 等 (2004) 的研究结果一致。本研究在靶时距呈现过程中诱发的 ERP 波形经 CSD 转换后, 可以发现在三种长度的时距加工条件下负性慢波均大致集中在头顶区。一般而言, 负性慢波的出现意味着皮层区域的兴奋, 而正性慢波意味着相对的抑制。Macar 和她的同事 (Macar & Vidal, 2002; Macar, Vidal, & Casini, 1999; Macar et al., 2002; Vidal, Bonnet, & Macar, 1995) 认为在时间信息加工中额-中央区的激活意味在时间信息表征过程中运动辅助区域的参与。因此, 在靶时距呈现过程中额中央负波的出现意味运动辅助区域与时距编码过程是有关的。而在本研究中时距长度主效应不显著, 且与电极点, 时窗之间无交互作用, 这也说明了在视觉短时距加工不存在分段现象。对于时距比较阶段而言, 不管对于 1.8 秒、3.6 秒、5.4 秒还是对于 2.2 秒、4.4 秒、6.6 秒而言, 时距主效应均不显著, 且与电极点, 时窗之间无交互作用。这些均说明了在 3-4 秒以内可能不存在分段临界点。实验 6 结果发现 1-6 秒以内

不存在分段现象,但对于1秒以内和1秒以上是否存在两种不同的加工机制仍值得探讨。有研究表明,毫秒(millisecond)和秒以上(multisecond)的时距加工基于不同的过程。但是,行为研究并没有揭示出两者加工方式差异的机制。Lewis等通过对时距加工脑成像的研究结果分析发现,时距加工存在两种认知机制:自动加工和认知控制加工。短时距的加工方式主要是自动加工,不受注意、唤醒等因素的影响,所涉及的脑机制区域主要有小脑、基底神经节、辅助运动皮层等。而长时距加工主要是认知控制的加工,易受注意、唤醒等因素的影响,与之有关的脑区域主要有前额叶背外侧、顶叶、颞叶等脑区。此外还有运动皮层、扣带回、纺锤体等广泛的皮层及皮下区域参与短时距加工过程。Lewis强调短时距加工存在两种不同机制所依据的分界标准为:时距长短、是否由动作来标记时距以及任务的连续性和可预测性等三种基本特征,换言之Lewis对分段性的界定不仅从时距长度而且从任务的其它特性也进行了说明,但对于纯粹的两种长度的时距加工(比如,1秒以内和1秒以上)是否存在加工机制差异并没有明确揭示。因此实验7操纵加工时距的长度(450毫秒和1300毫秒),分别探测不同范畴时距加工的CNV时程特征差异,结果表明1300ms比450ms的加工过程诱发出更大的CNV波幅,且两类加工过程诱发的CNV存在头皮空间分布差异。张志杰等(2006)等采用时间两分法考察了不同长度时距加工过程中诱发出的CNV特征差异,结果发现1600毫秒比400毫秒加工过程诱发出更大的CNV,但是CNV波幅可能反映了时间信息的累积过程,相当于视觉短时距加工过程中,对来自起搏器所释放的冲动的累积过程。因此张志杰等认为那项研究结果可能并没有反映出不同时距加工机制的差异,而是一种时间信息的累积过程,即呈现刺激的时距越长,需要在累加器中累积冲动的数目越多,CNV的波幅也就越高。然而这项研究并没有分析两种时距加工过程诱发的CNV的头皮分布差异(半球效应和前后位置效应)。因此,张志杰等根据波幅峰存在差异不足以做出不同长度时距具有不同加工机制为由,直接强调那项研究不支持时距加工机制具有分段性的观点。显然,这种结论似乎有理有据,然而是在没有对结果进行详细分析的基础上建立起的,因此张志杰等(2006)的研究结论值得商榷。实验7采用平均波幅为指标考察了不同长度时距加工诱发出的CNV特征差异,结果发现450毫秒与1300毫秒时距加工诱发出的CNV平均波幅存在显著差异,进一步的头皮分布分析可得随着时距长度变化,前后位置效应也在变化。这可能支持了两种长度的时距加工具有不同机制。为了采用CNV波幅峰和负性翻转至基线时间等指标检测1秒是否为视觉短时距加工的分段临界点,实验8采用时间泛化范式要求被试完成1秒以上的视时距判断,旨在为1秒作为视觉短时距加工的临界点提供新证据。实验8发现1秒

以上的视时距判断中 CNV 波幅峰反映了时距判断过程中决策过程的发生，与采用 1 秒以内视时距判断任务的 Pouthas 研究结果不一致。另外，实验 8 还发现 1 秒以上的视时距判断中 CNV 负性翻转至基线与探测时距无关，而在在采用 1 秒以内视时距判断任务的 Pouthas 研究中 CNV 负性翻转至基线时间随着探测时距的延后而延后。进一步对实验 8 中 CNV 负性翻转至基线时间的心理涵义分析可知，这种指标反映了与时距判断决策过程存在共变关系，CNV 负性翻转至基线时间相当于负荷解脱过程中由负翻正的转折点。最后，实验 8 还发现左、右额区均参与了时距判断过程，决策发生之后右额区没有继续激活直至探测刺激结束，而在 Pfeuty 等的研究采用 1 秒以内时距判断任务中，左额参与了时距判断过程（脉冲累加过程），右额激活直至探测时距结束。这些证据都支持了 1 秒是视觉短时距加工的分段临界点。当然，实验 6-8 结果只是在已有研究基础上提供了另一种可能的观点，而不是经验数据，因此并不排除有其他的解释。未来研究只有结合 fMRI、MEG 等多种研究手段，将在不同时程下的负责不同功能的激活脑区和这些脑区在不同时程上的激活模式揭示出来，才有可能彻底揭示 1 秒作为视觉短时距加工分段临界点的机制。

1.3 进一步的思考

本研究中的实验 1-5 和实验 6-8 分别从行为学和电生理学的角度证实了视觉短时距加工机制（6 秒以内）存在分段现象，但是实验 1 和 2-5 认为视觉短时距加工的分段临界点在 4-5 秒和 3-4 秒之间，而实验 6-8 则支持 1 秒为视觉短时距加工的分段临界点。这说明了两种途径得出了不一样的分段临界点，那么是什么造成了这种差异呢？首先，考察是否分段的两种途径基于原理不同，前者操纵了信息加工过程的认知负荷，通过变化负荷量，然后比较不同负荷条件下的时距长度来推测分段性，后者则采用电生理学指标反映出不同长度时距加工过程中差异来推断分段性；其次，两种途径所带来的额外变量来源不同。前者的额外变量主要来自非时间加工任务本身对知觉时距长度的影响，而后者的额外变量主要来自各种策略采用诱发出的 ERP 成分对 CNV 的污染等；最后，实验 1 和实验 2-5 之间的差异则可能是实验任务背景不同所致。由此可见，视觉短时距加工机制的分段现象和分段临界点位置均受多种因素，例如研究途径、实验任务背景等影响，这也在一定程度上支持了时间认知分段综合模型。

本研究发现了视觉短时距加工具有分段性，那么对于高级的时间认知过程，比如时间推理等过程是否具有分段性仍值得探究。另外，本研究关注的是有意识时间认知加工（短时距加工），那么对于无意识时距加工是否具有分段性也值得探究，比如凤四海等曾经探究过时间知觉阈限问题（凤四海等，2006）。还有，本研究对短时距加

工分段性的探讨仅局限在视觉通道，我们在下一步可以开展听觉和触觉等感觉通道的短时距加工分段性的研究。最后，时间认知分段综合模型揭示了人类过去和未来心理时间可分为以秒和分为单位赋值的“较近时间”，以小时、日和月为单位赋值的“近的时间”，以及以年为单位赋值的“远的时间”等三段，而在本研究中发现视觉短时距加工可分成两段，这可能意味着在不同时距范畴涉及到不同的分段特点。

2 本研究价值、不足与改进的方向

黄希庭采用模糊统计法对时间修饰词进行赋值，发现人类对时间的认知过程中存在分段现象，这从宏观角度明人类对时间的加工机制趋向一种分段态势。本研究则是以视觉时间信息为加工对象，考察视觉短时距（6秒以内）加工过程中呈现出的特点，这是基于时间认知分段综合模型进行的一种延伸，创造性地将分段思想应用于视觉短时距加工，结果发现了视觉短时距加工同样具有分段性，这为我们构建视觉短时距加工分段综合模型奠定了基础，丰富了时间心理学理论体系。其次，采用双任务范式（时间加工任务和非时间加工任务），选取覆盖所有可能分段临界点的时距范畴，相继以时序判断、记忆搜索为非时间加工任务，系统地对分段性问题及分段临界点问题进行探究，比如实验1-5从视觉短时距加工是否受认知负荷影响的角度出发，这不仅为未来的时间认知研究与注意、记忆等研究领域架接了桥梁，也为下一步让时间认知研究走向应用奠定了基础，比如ADHD儿童和老年痴呆症时距加工特点的探讨。另外，本研究以CNV时程特征为指标，首先在国内对视觉短时距加工的分段临界点问题进行了系统探讨，发现了1秒可能为视觉短时距加工的分界点，支持了Lewis(2003)的观点，具有一定的方法学意义。最后，根据本研究中实验1-5和实验6-8的研究结果，推测出分段临界点受研究途径等多种因素影响，这与时间认知分段综合模型的思想是一致的。

本研究的主要不足表现在：

首先，本研究主要以视觉呈现刺激信号，探讨了短时距加工的分段性问题。鉴于短时距加工存在通道效应，因此欲证实短时距加工分段现象的普遍性，还需要采用其他通道的信号，比如，听觉和触觉等感觉通道。其次，本研究采用双任务范式探讨了不同加工负荷条件下视觉短时距加工机制的分段性问题，实验1-8证实了在视觉短时距加工中存在分段临界点，即加工负荷的变化会影响某一个临界点以上的时距加工成绩，但对于临界点以下的时距加工不会产生影响。然而本研究并没有明确揭示临界点以上和临界点以下的时距加工机制。比如未来可以探讨临界点以上的时距加工中，随

着负荷的变化知觉时距长度的变化，以此建立知觉时距长度与负荷量之间的函数关系。同样对于分段临界点以下时距加工机制可以采用知觉研究范式，例如感觉干扰范式等来进行。另外，本研究采用双任务范式探讨视觉短时距加工的分段性，这被证实是一条有效途径(Glicksohn, 2001)。然而，双任务范式旨在从客观上操纵时间加工任务和非时间加工任务之间认知资源的分配比例，而非时间加工本身也会对时距加工有影响。计时中断范式是Fortin和Masse (2000) 着手从动物计时研究移植到人类计时研究。其最大优点主要表现为两种任务（计时和监控中断源的出现）之间没有混淆和交互作用，中断范式观察到的效应可以明确归因于计时相关的因素。未来对视觉短时距加工分段性特点的探讨可以从计时中断范式的角度设计实验进行。还有，本研究采用ERP技术探讨了视觉短时距加工的分段性问题。实验6采用电流密度技术探讨了不同长度时距编码和提取时诱发的皮层电位差异；实验7-8比较了不同长度诱发的CNV时空特征差异。ERP作为一种具有高时间分辨率的技术，在脑发生源空间定位上存在局限，因此未来对于分段性的界定应该考虑采用脑定位更为准确地技术，比如fMRI, TMS等。最后，在实验的一些具体控制上还存在缺陷，如在使用E-prime编程时，机器工作频率特别是显示刷新率极大地影响着实际刺激呈现时间，尤其对于毫秒级的呈现时距而言影响非常显著，本研究对这一问题只进行了粗略的控制；再如实验中充当非时间加工任务的字母材料选择也比较粗糙，将来应该选材更加细致，以便更准确地操纵非时间加工任务的难度。

3 总的结论

在本研究条件下得出如下主要结论：

1. 实验1以时序判断为非时间加工任务，操纵编码阶段的认知负荷量，发现4秒以下视时距加工不受认知负荷影响，而5秒以上视时距加工受认知负荷影响，这证实了视觉短时距加工机制具有分段的特点。
2. 实验2以时序判断为非时间加工任务，操纵编码阶段认知负荷量，发现3秒以下视时距加工不受认知负荷影响，而4秒以上视时距加工受认知负荷影响，这同样证实了视觉短时距加工机制具有分段的特点。
3. 实验3以记忆搜索为非时间加工任务，操纵编码阶段认知负荷量，发现3秒以下视时距加工不受认知负荷影响，而4秒以上视时距加工受认知负荷影响，这支持了实验1-2的结论，即视觉短时距加工机制具有分段的特点。
4. 实验4以记忆搜索为非时间加工任务，操纵提取阶段认知负荷量，发现3秒以下视时

距加工不受认知负荷影响，而4秒以上视时距加工受认知负荷影响。这支持了实验1-3的结论，且表明了3-4秒可能是视觉短时距加工机制的分段临界点。

5. 实验5以记忆搜索为非时间加工任务，操纵编码阶段认知负荷量，发现200毫秒和1000毫秒视时距加工均不受认知负荷影响。这支持了实验4的结论，即3-4秒可能是视觉短时距加工的分段临界点。

6. 实验6发现不管是靶时距呈现阶段还是时距比较阶段，时距主效应不显著，且与电极点，时窗之间无交互作用。这没有支持实验4的结论，即3-4秒可能不是视觉短时距加工机制分段临界点的观点。

7. 实验7发现450毫秒和1300毫秒视时距编码诱发CNV平均波幅时距主效应显著，且与前后位置因素有交互作用，这与实验6结论兼容，且支持了1秒为视觉短时距加工机制的分段临界点的观点。

8. 实验8以CNV波幅峰、CNV负性翻转至基线时间及左、右侧额区在视时距判断过程的激活模式为指标，结果表明为1秒是视觉短时距加工机制分段临界点提供了新证据。

9. 视觉短时距加工机制分段临界点受实验情境和研究途径等多种因素影响。

10. 本研究在一定程度上支持了时间认知分段性假设。

参考文献

1. 凤四海,黄希庭(2004).时间知觉理论与实验范型.心理科学,27(5):1157~1160
2. 凤四海(2006).西南大学基础心理学专业博士学位论文
3. 黄希庭(1993).时距信息加工的认知研究.西南师范大学学报(自然科学版),18,207~215.
4. 黄希庭(1994).未来时间的心理结构.心理学报,26(2): 121~127
5. 黄希庭(2001).时间心理学的若干研究.当代中国心理学,中国心理学会主编,人民教育出版社,19~23
6. 黄希庭,李伯约,张志杰(2003).时间认知分段综合模型的探讨.西南师范大学学报(人文社科版),29(2):5~9
7. 黄希庭,孙承惠(1991).时间词义赋值特征的分析.心理学报,23(3):244~249
8. 黄希庭,孙承惠,胡维芳(1998).过去时间的心理结构.心理科学,21(1):1~4, 16
9. 黄希庭,徐光国(1997).对变化分割模型的检验(I).心理学报,29(3):326~334
10. 黄希庭,徐光国(1999).对变化分割模型的检验(II).心理学报,31 (2): 135~141
11. 黄希庭,郑涌(1995).时间记忆的理论与实验范型.心理科学,18(4):201~205
12. 柳学智(1993).多种因素对时间连续阈限的影响.心理学报,26(3):226~231
13. 刘瑞光(2005).西南大学基础心理学专业博士学位论文
14. 宋其争,黄希庭(2004).时间认知的理论模型探析.心理科学,30(1):25~28
15. 王振勇,黄希庭(1996).顺序信息记忆的研究范型与加工机制.心理学动态,4(1):30~35
16. 王振勇,黄希庭(1997).时间信息加工机制及其通道效应的实验研究.心理科学,28(4):345~351
17. 王振勇,黄希庭(1997).时序信息的加工:自动还是控制.心理科学,20(1):23~30
18. 魏景汉,尔朱光(1989).人脑二级 CNV 和解脱波.中国科学(B 辑),(7):734~739
19. 魏景汉,罗跃嘉(2002).认知事件相关电位教程.经济日报出版社,28~29
20. 尹华站,黄希庭,李丹(2006).时间知觉的脑机制研究.西南师范大学学报(人文社会科学版),32(4):1~4
21. 尹华站,李丹(2007).攀缘激活的计时机制.心理科学,30(2):383~386
22. 尹华站(2007).时间认知的计时中断研究.西南大学学报(社会科学版),33(5):14~17
23. 尹华站,黄希庭,李丹,张莹(2008).标量计时模型中的神经机制.心理科学进展,16(1):59~64
24. 杨治良(2003).实验心理学.杭州:浙江教育出版社
25. 张志杰(2002).西南大学基础心理学专业博士学位论文
26. 张志杰,黄希庭(2003).时间认知的脑机制研究.心理科学进展,11(1):44~48

27. 张志杰,袁宏,黄希庭(2006). 不同时距加工机制的比较:来自ERP的证据(I),心理科学,29(1):87~90
28. 张志杰,尹华站,黄希庭(2007).时间知觉与关联负变化.心理科学进展,15(2):308~312
29. Allan,L.G(1998).The Influence of the Scalar Timing Model on Human Timing Research. Behavioural Processes,44,107~117
30. Allan,L.G.,&Gibbon, J. (1991). Human Bisection at the Geometric Mean. Learning and Motivation, 22, 39~58
31. Block, R. A. (1989). Experiencing and remembering time: Affordances, context, and cognition. In: I.Levin&D.Zakay(Eds.),Time and human cognition:A life span perspective (pp. 333~363). Amsterdam:North-Holland
32. Block, R. A.(Eds.). (1990). Cognitive models of psychological time. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
33. Block,R.A.,& Zakay,D.(1997).Prospective and retrospective duration judgments:A meta-analytic review. Psychonomic Bulletin & Review, 4,184~197
34. Bree, D. S. (1992). Words for time. In: Macar F, Pouthas V, Friedman W J, eds. Time,Actiong and Cognition: Towards Bridging the Gap, Dordrecht: Kluwer Academic.337~348
35. Brown, S. W. (1985). Time perception and attention: the effects of prospective versus retrospective paradigms and task demands on perceived duration. Perception & Psychophysics, 38, 115~124
36. Brown, S. W. (1997). Attention resources in timing: Interference effects in concurrent temporal and nontemporal working memory tasks. Perception & Psychophysics, 59, 1118~1140
37. Brown,S.W,Bennett E D.(2002).The role of practice and automaticity in temporal and nontemporal dual-task performance. Psychological reaserch,66,80~89
38. Casini L, Macar F. (1996). Can the level of prefrontal activity provide an index of performance in humans? Neuroscience Letters, 219(2):71~74
39. Casini,L., & Macar, F. (1997). Effects of attention manipulation on perceived duration and intensity in the visual modality. Memory and Cognition, 25, 812~818
40. Claudette Fortin , Julie Champagne, Marie Poirier. (2007). Temporal order in memory and interval timing:An interference analysis Acta Psychologica, 126, 18~33
41. Clausen,J.(1950).An evaluation of experimental methods of time judgment. Journal of Experimental Psychology, 40, 756~762
42. Cohen, J.(1966). Subjective time. In: J. T. Fraser (Ed.), The voices of time (pp. 257~275). New York: Braziller

参考文献

- 43.Collyer,C. E., Broadbent, H. A., & Church, R. M. (1994). Preferred rates of repetitive tapping and categorical time production. *Perception and Psychophysics* , 55, 443~ 453
- 44.Coull,J.T.,Frith,C.D.,Nobre,A.C.,etal.(2000).Orienting attention in time: behavioral and neuroanatomical distinction between exogenous and endogenous shifts, *Neuropsychologia*, 38,808~819
- 45.Coull, J. T., Nobre, A. C .(1998). Where and when to pay attention: The neural systems for directing attention to spatial locations and to time intervals as revealed by both PET and fMRI. *The Journal of Neuroscience*, 18,7426~7435
- 46.Coull, J. T., Vidal, F., Nazarian, B.,& Macar, F.(2004).Functional anatomy of the attentional modulation of time estimation. *Science*, 303(4):1056~1058
- 47.Church, R. M. (2003). Simultaneous Temporal Processing. In: Helfrich, H. (Ed.), *Time and mind II: information processing perspectives*. Cambridge, MA: Hogrefe & Huber Publishers.
- 48.Church, R. M., & Broadbent, H. (1990). Alternative Representations of Time, Number, and Rate. *Cognition*, 37, 55~81
- 49.Church, R.M., Meck, W.H., Gibbon, J.(1994). Application of scalar timing theory to individual trials. *J. Exp. Psychol.: Anim. Behav. Proc.*, 20, 135~155
- 50.Church, R.M., Miller,K.D., Meck,W.H., Gibbon, J.(1991). Symmetrical and asymmetrical sources of variance in temporal generalization. *Anim. Learn. Behav.*,19, 207~214
- 51.Eisler, A. D., & Eisler, H.(1994). Subjective time scaling: Influence of age, gender, and type A and type B behavior. *Chronobiologia*, 21, 185~200
- 52.Eisler, H.(1976). Experiments on subjective duration 1868–1975: A collection of power function exponents. *Psychological Bulletin*, 83(6): 1154~1171
- 53.Eisler, H., & Eisler,A. D.(1992). Time Perception Effects of Sex and Sound. *Intensity on Scales of Subjective Duration Scandinavian. Journal of Psychology*, 33, 339~358.
- 54.Elbert, T., Ulrich,R., Rockstroh, B., et al.(1991).The processing of temporal interval reflected by CNV-like brain potentials, *Psychophysiology*, Bethesda, 28,645~655
- 55.Field,D.T.,&Groeger,J.A.(2004).Temporal interval production and short-term memory. *Perception & Psychophysics*, 66(5):808~819
- 56.Fortin,C.(1999). Short-term memory in time interval production. *International Journal of Psychology*, 34, 308~316
- 57.Fortin, C., & Couture, E.(2002). Short-term memory and time estimation: Beyond the 2~second, critical value. *Canadian Journal of Experimental Psychology*, 56(2):120~127

58. Fortin,C., & Masse, N.(2000). Expecting a break in time estimation: Attentional time-sharing without concurrent processing. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 26, 1788~1796
59. Fraisse, P.(1963). *The Psychology of Time*. New York: Harper & Row
60. Fraisse, P.(1981). Cognition of Time in Human Activity. In: G d'Ydewalle, W. Lens, (Eds). *Cognition in Motivation and Learning*, Hillsdale, New York: Erlbaum, 233~259
61. Fraisse, P.(1984). Perception and Estimation of Time. *Annual Review of Psychology*, 35, 1~36
62. Getty,D.(1975). Discrimination of short temporal intervals: A comparasion of two models. *Perception and Psychophysics*, 18, 1~8
63. Getty, D.(1976). Counting processes in human timing. *Perception and Psychophysics*, 20, 191~197
64. Gibbon, J.(1991).Origins of scalar timing. *Learning and Motivation*,22,3~38
65. Gibbon, J.(1977).Scalar expectancy theory and Weber's law in the animal timing. *Psychological Review*, 84, 279~ 325
66. Gibbon, J., Church, R.M.(1984). Sources of variance in an information processing model of timing. In: Roitblatt, H.L., Bever, T.G., Terrace, H.S. (Eds.), *Animal Cognition*. Erlbaum, Hillsdale, N J, pp. 465~488
67. Gibbon, J., Malapani, C., Dale, C. L., Gallistel, C. R.(1997). Toward a neurobiology of temporal cognition: advances and challenges. *Current Opinion in Neurobiology*,7,170~184
68. Gibbons,H.&Ramsayer,T.H.(2004).Current-source density analysis of slow brain potential during time estimation. *Psychophysiology*, 41,861~874
69. Hicks, R. E., & Brundige, R. M.(1974). Judgments of temporal duration while processing verbal and physiognomic stimuli. *Acta Psychologica*, 38(6):447~453.
70. Hinton, S., Harrington, D., Binder, J., Durgerian, S., & Rao, S.(2004). Neural system supporting timing and chronometric counting: An fMRI study. *Cognitive Brain Research*, 21, 183~192.
71. Huang,W.(1999).Reasoning about conventional time as a function of conventional time systems. *Memory & Cognition*, 27(6):1080~1086
72. Kagerer,F.A.,Wittmann,M.,Szelag, E., & Steinbüchel, N.(2002). Cortical involvement in temporal reproduction: Evidence for differential roles of the hemispheres. *Neuropsychologia*, 40, 357~366.
73. Kristofferson, A. B. (1977). A real-time criterion theory of duration discrimination. *Perception and Psychophysics*, 21,105~117
74. Ladanyi,M.,Dubrovsky,B.(1985).CNV and time estimation. *International Journal of Neuroscience*,

26,253~357

75. Lewis, P. A.(2002). Finding the timer. *Trends in Cognitive Sciences*, 6(5):195~196
76. Lewis, P.A., Miall, R.C.(2003). Distinct systems for automatic and cognitively controlled time measurement: evidence from neuroimaging. *Current opinion in Neurobiology*, 13,250~255
77. Lewis, P.A., Miall, R.C.(2003). Brain activation patterns during measurement of sub- and supra-second intervals. *Neuropsychologia*, 41,1583~1592
78. Macar, F., (2002). Expectancy, controlled attention and automatic attention in prospective temporal judgments. *Acta Psychologica*, 111, 243~262.
79. Macar, F., Vitton, N.(1979). Contingent Negative Variation and accuracy of time estimation: A study on cats. *Electroencephalographic and clinical Neurophysiology*, 47,213~228
80. Macar, F., & Vidal, F.(2002). Time processing reflected by EEG surface Laplacians. *Experimental Brain Research*, 145, 403~406
81. Macar, F., Vidal, F.(2003). The CNV peak: An index of decision making and temporal memory. *Psychophysiology*, 40, 950~954
82. Macar, F., Vidal, F.(2004). Event-Related potentials as indices of time processing: a review. *Journal of Psychophysiology*, 18,89~104
83. Macar, F., Vidal, F., Casini, L.(1999). The supplementary motor area in motor and sensory timing: Evidence from slow brain potential changes. *Experimental Brain Research*, 125,271~280
84. Macar, F., Lejeune, H., Bonnet, M., Ferrara, A., Pouthas, V., Vidal, F., & Maquet, P.(2002). Activation of the supplementary motor area and of attentional networks during temporal processing. *Experimental Brain Research*, 142, 475~485
85. Madison, G.(2001). Variability in Isochronous Tapping : Higher Order Dependencies as a Function of Intertap Interval. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 27(2):411~422
86. Maquet, P., Lejeune, H., Pouthas, V.(1996). Brain Activation Induced by Estimation of Duration: A PET Study. *Neuroimage*, 3,119~126
87. Mauk, M. D., & Buonomano, D. V. (2004). The neural basis of temporal processing. *Annual Review of Neuroscience*, 27, 307~340
88. McAdama, D. W.(1966). Slow potential changes recorded from human brain during learning of a temporal interval. *Psychonomic Science*, 6,435~436
89. McClain, L.(1983). Interval estimation: effect of processing demands on prospection and

- retrospection reports. *Perception & Psychophysics*, 34, 185~189.
90. Meck, W. H.(1996). Neuropharmacology of timing and time perception. *Cognitive Brain Research*, 3, 227~242.
91. Miall, C.(1989). The storage of time intervals using oscillating neurons. *Neural Computation*, 1, 359 ~ 371
92. Michon, J. A.(1985). The complete time experient. In: J. A. Michon & J. L. Jackson (Eds.), *Time, mind and behavior* (pp20~52). Berlin: Springer-fferlag
93. Michon, J. A. (1989). *Timing Your Mind and Minding Your Time*. In: J. T. Fraser (Ed.), *Time and Mind: Interdisciplinary Issues. The Study of Time VI*, Connecticut: International Universities Press, 17~42
94. Michon, J.A.(1992) .Representing time. In: Macar F, Pouthas V, Friedman W J, eds. *Time, Actiong and Cognition: Towards Bridging the Gap*, Dordrecht:Kluwer Academic. 33~308
95. Miller, G.W., Hicks, R. E., & Willette, M.(1978). Effects of concurrent verbal rehearsal and temporal set upon judgments of temporal duration. *Acta Psychologica*, 42, 173~179
96. Monfort, V., Pouthas, V., Ragot, R. (2000).Role of the frontal cortex in memory for duration: An event-related potential study in humans. *Neuroscience Letters*, 286, 91~94
97. Näätänen, R., Syssoeva, O., & Takegata, R. (2004).Automatic time perception in the human brain for intervals ranging from milliseconds to seconds. *Psychophysiology*, 41, 660~663
98. Onoe, H., Komori, M., Onoe, K., et al.(2001). Cortical Networks Recruited for Time Perception: A Monkey Positron Emission Tomography (PET) Study. *NeuroImage*, 13, 37~45
99. Ornstein, R.E. (1969). *On the experience of time*, Penguin: Hammondswoth, UK
100. Pardo, J .V., Fox, P.T., Raichle, M.E.(1991). Localization of a human system for sustained attention by positron emission tomography. *Nature*, 349, 61~64
101. Pamela ,U., Jan, Churan, A., Martina, Fink, A., Marc, Wittmann.(2007).Temporal reproduction: Further evidence for two Processes *Acta Psychologica*, 125, 51~65
102. Penney, T.B., Allan, L.G., Meck, W.H., Gibbon, J. (1998). Memory mixing in duration bisection. In: Rosenbaum, D.A., Collyer, C.E. (Eds.), *Timing of Behavior: Neural, Psychological, and Computational Perspectives*. MIT Press, Cambridge MA, pp. 165~193
103. Penney, T.B., Meck, W.H., Roberts, S.A., Gibbon, J., Erlenmeyer-Kimling, L.(2005). Attention mediated temporal processing deficits in subjects at high risk for schizophrenia. *Brain Cog*. 58, 109~118
104. Penney, T.B., Gibbon, J., Meck, W.H.(2000). Differential effects of auditory and visual signals on

- clock speed and temporal memory. *J. Exp. Psych. Human Percept. Perform.* 26, 1770~1787
105. Perbal, S., Pouthas, V., & Van, der., Linden, M. (2000). Time Estimation and Amnesia: A case study. *Neurocase*, 6, 347~356
106. Penney, T.B., Gibbon, J., Meck, W.H. (2000). Differential effects of auditory and visual signals on clock speed and temporal memory. *J. Exp. Psych. Human Percept. Perform.* 26, 1770~1787
107. Penney, T.B., Meck, W.H., Roberts, S.A., Gibbon, J., Erlenmeyer-Kimling, L. (2005). Attention mediated temporal processing deficits in subjects at high risk for schizophrenia. *Brain Cog.* 58, 109~118
108. Pfeuty, M., Ragot, R., & Pouthas, V. (2003). Processes involved in tempo perception: An CNV analysis. *Psychophysiology*, 40, 69~76
109. Pfeuty, M., Ragot, R., Pouthas, V. (2003). When time is up: CNV time course differentiates the roles of the hemispheres in the discrimination of short tone durations. *Experimental Brain Research*, 151, 372~379
110. Pfeuty, M., Ragot, R., & Pouthas, V. (2005). Relationship between CNV and timing of an upcoming event. *Neuroscience Letters*, 382, 106~111
111. Pöppel, E. (1997). A Hierarchical Model of Temporal Perception. *Trends in Cognitive Science*, 1, 56~61
112. Pöppel, E. (2004). Lost in time: a historical frame, elementary processing units and the 3-second window. *Acta Neurobiology Expression*, 64, 295~301
113. Pöppel, E., Wittmann, M. (2000). Time in the Mind (影印版). In Wilson, R. A., Keil, F. C. (Eds). *认知科学百科全书 (The MIT Encyclopedia of the Cognitive Sciences)*, 上海: 外语教育出版社, 841~842
114. Posner, M.I., Petersen, S.E. (1990). The attention system of the human brain. *Annu Rev Neurosci*, 13, 25~42
115. Pouthas, V. (2003). Electrophysiological evidence for specific processing of temporal information in humans. In: W.H. Meck (Ed.), *Functional and neural mechanisms of interval timing*. Boca Raton, FL: CRC Press. 439~456
116. Pouthas, V., Garnero, L., Ferrandez, A. M., et al. (2000). ERPs and PET analysis of time perception: Spatial and temporal brain mapping during visual discrimination tasks. *Human Brain Mapping*, 10, 49~60
117. Rammsayer, T. H. (1994). Effects of practice and signal energy on duration discrimination of brief auditory intervals. *Perception and Psychophysics*, 55, 454~464
118. Rammsayer, T. H., & Lima, S. D. (1991). Duration discrimination of filled and empty auditory

- intervals: Cognitive and perceptual factors. *Perception and Psychophysics*, 50, 565~574
119. Rammsayer, T., & Ulrich, R. (2005). No evidence for qualitative differences in the processing of short and long temporal intervals. *Acta Psychologica*, 120, 141~171
120. Roberts, S. (1987). Evidence for distinct serial processes in animals: The multiplicative-factors method. *Animal Learning and Behavior*, 15, 135~173
121. Schubotz, R., & Frimederici, A., D. (1997). Electrophysiological correlates of temporal and spatial information processing. *NeuroReport*, 8, 1981~1986
122. Smith, A., Taylor, E., Lidzba, K., et al.. (2003). A right hemispheric fronto cerebellar network for time discrimination of several hundreds of milliseconds. *NeuroImage*, 20, 344~350
123. Sternberg, S. (1966). High-speed scanning in human memory. *Science*, 153, 652~654
124. Szelag, E., Kowalska, J., Rymarczyk, K., & Pöppel, E. (2002). Duration processing in children as determined by time reproduction: Implications for a few seconds temporal window. *Acta Psychologica*, 110, 1~19
125. Szelag, Steinbüchel., Reiser, de. Langen, & Pöppel, (1996). Temporal constraints in processing of nonverbal rhythmic patterns. *Acta Neurobiologiae Experimentalis*, 56, 215~225
126. Thomas, E. A., & Weaver, W. B. (1975). Cognitive processing and time perception. *Perception & Psychophysics*, 17, 363~367
127. Tregellas, J. R., Davalos, D. B., Rojas, D., C. (2006). Effect of task difficulty on the functional anatomy of temporal processing. *NeuroImage*, 32, 307~315
128. Treisman, M. (1963). Temporal discrimination and the indifference interval: Implication for a model of the “internal clock”. *Psychological Monographs*, 77, 1~13
129. Treisman, M. (1993). On the structure of the temporal sensory system. *Psychologica Belgica*, 33, 271~283
130. Treisman, M., Faulkner, A., & Naish, P. L. N. (1992). On the relation between time perception and the timing of motor action: Evidence for a temporal oscillator controlling the timing of movement. *Quarterly Journal of Experimental Psychology: Human Experimental Psychology*, 45, 235~263
131. Treisman, M., Faulkner, A., Naish, P. L. N., & Brogan, D. (1990). The internal clock: Evidence for a temporal oscillator underlying time perception with some estimates of its characteristic frequency. *Perception*, 19, 705~743
132. Treisman, M., Cook, N., Naish, P. L. N., & MacCrone, J. K. (1994). The internal clock: Electroencephalographic evidence for oscillatory processes underlying time perception. *Quarterly Journal*

- of Experimental Psychology, 47, 241~289
133. Vidal, F., Bonnet, M., & Macar, F. (1995). Programming the duration of a motor response: Role of the primary and supplementary motor areas in man. *Experimental Brain Research*, 106, 339~350
134. Wearden, J.H. (1991a). Do humans possess an internal clock with scalar properties? *Learn. Motiv.* 22, 59~83
135. Wearden, J.H. (1991b). Human performance on an analogue of an interval bisection task. *Q. J. Exp. Psychol.* 43, 59~81
136. Wearden, J.H. (1992). Temporal generalization in humans. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, 18, 134~144
137. Wearden, J.H. (1995). Categorical scaling of stimulus duration by humans. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, 21, 318~330
138. Wearden, J. H. (1999). "Beyond the fields we know..." Exploring and developing scalar timing theory. *Behavioral Processes*, 45, 3~21
139. Wearden, J.H., Denovan, L., Fakhri, M., Haworth, R., (1997). Scalar timing in temporal generalization in humans with longer stimulus durations. *J. Exp. Psychol.: Anim. Behav. Proc.* 23, 502~522
140. Wearden, J.H., Edwards, H., Fakhri, M., Percival, A., (1998). Why sounds are judged longer than lights: application of a model of the internal clock in humans. *Q. J. Exp. Psychol.* 51B, 97~120
141. Wearden, J. H., & Ferrara, A. (1993). Subjective shortening in humans' memory for stimulus duration. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 46, 163~186
142. Wearden, J.H., Rogers, P., Thomas, R., (1997). Temporal bisection in humans with longer stimulus durations. *Q. J. Exp. Psychol.* 50, 79~94
143. Wittmann, M. (1999). Time perception and temporal processing levels of the brain. *Chronobiology International*, 16(1): 17~32
144. Wittmann, M., Carter, O., Hasler, F., Cahn, B.C., Grimberg, U., Spring, P., et al. Effects of psilocybin on time perception and temporal control of behaviour in humans. *Journal of Psychopharmacology*, in press, doi:10.1177/0269881106065859
145. Wittmann & Pöppel, (1999~2000). Temporal mechanisms of the brain as fundamentals of communication with special reference to music perception and performance. *Musicae Scientiae* (Special issue), 13~28
146. Zakay, D. (1989). Subjective and attentional resource allocation: an integrated model of time estimation. In: Levin, Zakay, D. (Eds.), *Time and human cognition* (pp. 365~397). Elsevier Science:

North-Holland

- 147.Zakay, D. (1993). Relative and absolute duration judgment under prospective and retrospective paradigms. *Perception & Psychophysics*, 54, 656~664
- 148.Zakay, D., Tsal, Y., Moses, M., et al. (1994). The Role of Segmentation in Prospective and Retrospective Time Estimation Processes. *Memory and Cognition*, 22, 344~351
- 149.Zakay, D., & Block, R. A. (1995). An attentional-gate model of prospective time estimation. In M. Richelle, V. De Keyser, G. d'Ydewalle, & A. Vandierendonck (Eds.), *Time and the dynamic control of behavior* (pp167~178). Liège, Belgium: Universite de Liege.
- 150.Zakay, D., & Block, R. A. (1997). Temporal cognition. *Current Directions in Psychological Science*, 6, 12~16

在读期间所发表论文和参与课题

- 标量计时模型中的神经机制, 心理科学进展, 2008, 1. 第一作者
- 攀援激活的计时机制, 心理科学, 2007, 2. 第一作者
- 大学生网络成瘾者在互联网使用条件下的时间记忆特点, 中国临床心理学杂志, 2006, 4. 第一作者
- 时间认知中的计时中断研究, 西南大学学报(社科版), 2007, 5. 独立作者
- 时间知觉的脑机制研究, 西南师范大学学报(社科版), 2006, 4, 收录于高等学校文科学术文摘. 第一作者
- 时间知觉和关联负变化, 心理科学进展, 2007, 2. 第二作者
- 述情障碍研究的发展动态, 中国临床康复, 2005, 20. 第二作者
- 高职生总体幸福感与生活事件的相关研究, 重庆职业技术学院学报, 2006, 2. 第二作者
- 应当关注时间心理无意识的研究, 心理科学, 2006, 3. 第四作者
- 中英文 Stroop 干扰效应的脑机制, 心理科学, 2007, 3. 第五作者
- 参研国家自然科学基金项目: 时间记忆分段综合模型的实验研究(30270467)
- 参研高校博士点专项基金项目: 时间知觉的神经加工机制研究(2006063502)
- 参研西南大学国家重点学科项目: 时间与人格的心理学研究(NSKD06001)
- 参研高等学校博士点专项基金项目: 时间记忆的模型建构和实验研究(20040635001)

后记

29年前，母亲在屋后的一座大山里呆了整整三天三夜之后，在一个拂晓生下了我。每当母亲讲述这次经历的时候，总让我觉得人的生命应该是承载着苍天恩赐降临的，因此生当别无选择，生亦自强不息。

前22年的生命是在平淡中度过的，直至遇到恩师——黄希庭先生。跟随恩师近6年来，他的睿智和博学照亮了我学术和人生的探索之路，让我明白了如何做人，如何处世。一向以恩师为榜样，也曾不知天高地厚地以他的高度为行动目标。6年来，却时时让我暗生凉意，那个高度可能是我一生的标杆，只能接近，永难逾越。恩师，就似一座高山，只能瞻仰高山的威仪；恩师，就似一片大海，只能感叹大海的深邃。

感谢师母孙承惠教授多年来对我的关心和提携。更感谢师母对恩师无怨无悔的支持，是她用一生的爱铸就了恩师伟岸的人生。

感谢学院领导张庆林教授、易遵尧书记、李红教授长期对我的指导、关心和爱护。

感谢学院的张进辅教授、郑涌教授、陈红教授多年来所给予我的关怀和帮助。

感谢尚伦、李星明、赵玉芳、骆一、李敏、余芳、张毅等老师长期以来在学习和生活中的帮助和支持。

感谢师兄（姐）张志杰、陈永进、李祚山、张永红、凤四海、毕重增、范丰慧、夏凌翔、吕厚超、汪宏、陈燕、邹志玲、杨红升，同学陈幼贞、廖全明、涂勇、赵崇莲，师弟（妹）苏丹、陈有国、袁宏、岳彩镇、李怀虎、陆文春、张莹、刘晓、冻素芳等对我的帮助和支持。

感谢好友邱江和魏勇刚。邱江的务实是我学习的榜样；勇刚的进取鞭策着我前进。

最后要感谢我的夫人——李丹。这几年来一直是她的默默支持，我才得以顺利完成学业。感谢姐姐对父母的照顾，让我能够安心完成学业。永远感谢远在农村的父亲和母亲，他们用一生的力量支持着他们的儿子不断前行。

尹华站

2008年5月19日于文化村40栋4-2