

注意在时间知觉中的作用及其理论模型

林 苗 钱秀莹

(浙江大学心理与行为科学系, 杭州 310028)

摘 要 时间知觉是指对刺激的同时性、时间顺序和持续性的认知加工, 表现为时距和时序两个方面。注意机制可以解释实际时间和主观时间之间的差异: 注意的增强会延长对时距的估计, 受注意的刺激会被知觉为提早出现。相关的注意理论模型有 AGM 模型, 系统仿真模型和 AUM 模型。未来需关注神经科学方面的证据, 进一步推动时间知觉脑机制和跨通道信息整合的研究。

关键词 注意, 时间知觉, 时距估计, 时序知觉

分类号 B842

1 引言

时间知觉是指对外界环境刺激的同时性、时间顺序和持续性的认知加工, 表现为时距和时序两个方面。时距是指两个连续刺激之间的间隔时间(interval)或某一刺激的持续时间(duration); 时序则是指对两个或两个以上的刺激的顺序知觉, 可以同时发生, 也可以先后发生。时间知觉的加工尺度极大, 从毫秒到数月; 其中, 对数百毫秒到数秒范围内的时间信息的准确加工, 是运动控制、语音识别等过程的必要条件(Buhusi & Meck, 2005)。

时间知觉依赖于我们对变化的体验(徐青, 魏琳, 2002), 如快乐的时光总是一瞬而逝, 等待却显得特别漫长。如何解释实际时间与主观时间之间的差异及其影响因素, 关键在于注意机制(Yates & Nicholls, 2009)。研究表明, 注意会使主观时距变长, 如在一场瞬间发生的重大车祸中, 很多人会报告周围的事件以慢镜头的形式发生, 短暂的瞬间就像经历了很久(Tse, Intriligator, Rivest & Cavanagh, 2004); 而注意的分散则会使主观时间变短(Grondin, 2010)。当注意投向一个客体(通道)时, 则会加快该客体(通道)的感觉过程, 减少其进入意识所需的时间(黄泽军, 钱秀莹, 2010), 影响时序知觉, 即受注意的客体(通道)能

被更早地知觉到。本文主要从时距和时序两个方面来阐述注意对时间知觉的影响, 并介绍相应的注意理论模型, 最后指出目前研究中的问题与未来的方向。

2 注意对时距知觉的影响

时距知觉是指对某段时间的持续性估计, 包括两个刺激之间的间隔时间(interval)和单个刺激的呈现时间(duration)。与时序知觉不同的是, 时距估计涉及累积的时间量判断或比较, 要求被试比较前后两段时间的长短, 或是重现(reproduce)某段时间, 任何即时的信息都无法独立地用于反应(万群, 林苗, 钱秀莹, 2010)。

时距知觉实验采用双任务或单任务两种条件进行研究。双任务条件分为前瞻性计时(pro prospective timing)和回溯性计时(retrospective timing)两种范式(Brown, 1985), 要求被试在进行时距知觉任务的同时完成一项非时间的分心任务, 区别在于是否事先告诉被试需要完成时距知觉任务。单任务条件则采用新异(oddball)范式。

2.1 双任务条件

前瞻性计时是指事先告诉被试, 实验过程中需要进行包括时距判断在内的两项任务, 要求被试将注意集中在某些与时间相关的信息上; 而在回溯性计时范式中, 被试事先并不知道需要判断时距, 开始的时距估计任务绩效很差, 但会随着实验次数的增多而变好。与同等实验条件下的回

收稿日期: 2010-09-28

通讯作者: 钱秀莹, E-mail: xqian@zju.edu.cn

溯性计时相比,在前瞻性计时实验中,被试所知觉到的时距更长,也更准确。Zakay 和 Block (2004)以执行控制为切入点,认为两种范式背后的机制是不同的,回溯性计时更多涉及前后两个任务之间的转换。由于回溯性计时范式的局限性,目前的研究基本采用前瞻性计时,且集中于探索非时间任务对时距知觉的影响。

在这两种不同的实验范式中,非时间任务的难度都会影响时距知觉:随着非时间任务难度的提高,被试所估计的时距会越短,越不准确;并且非时间任务的绩效越好,时间任务的表现会越差(Brown, 1985)。Hicks, Miller 和 Kinsbourne (1976)认为注意会影响对时间线索的知觉,注意越集中,所知觉到的时间信息就越多,时距就会被估计为越长。Thomas 和 Weaver (1975)则提出在双任务条件下,注意资源的分配会影响时距知觉。注意资源是有限的,时间任务和非时间任务都会占用。在无分心任务的控制条件下,被试的注意全部集中在时间任务上,因而其绩效最好;双任务条件下,非时间任务部分占用了注意资源,使得时间任务的绩效变差;随着非时间任务难度的增加,时间认知过程占用的注意资源越来越少,因而其绩效越来越差。这个假设同样能解释所得到的行为实验结果。尽管涉及的具体方式不同,但两个解释的基本假设是一致的,即注意的增强可以延长主观时距。

Chen 和 O'Neill (2001)认为,注意对时距知觉的作用并不是绝对的,而是会因非时间任务的加工要求不同而发生改变。在双任务条件下,即非时间任务的要求高时,注意确实会延长主观时距;但在无分心任务的控制条件下,即非时间任务的要求低时,注意却会缩短主观时距。且该效应与线索刺激的性质(内源、外源)并不相关(Chen & O'Neill, 2001)。但是,该实验结果并不能被有效地重复(Yeshurun & Marom, 2008; Cicchini & Morrone, 2009)。Cicchini 和 Morrone (2009)的实验表明剥夺注意会使主观时距变短,还进一步证实了这种效应具有空间选择性:当标识两个间隔时间的刺激出现在不同位置时,时距估计会变得更短(Cicchini & Morrone, 2009)。在这种情况下,Seifried 和 Ulrich (2011)对所有的实验条件进行了检验,表明 Chen 和 O'Neill 的实验结果可能是没控制好实验条件,由反应偏向引起的。虽然无法

给出定论,但 Seifried 和 Ulrich 的实验确实能直接支持注意对主观时距的延长作用。另外, van Wassenhove, Buonomano, Shimojo 和 Shams (2008)的实验则在跨通道研究方面证实了注意在时距知觉的作用。

2.2 单任务条件

新异(oddball)范式是指按序列呈现标准刺激,随机穿插新异刺激(oddball),由被试比较新异刺激和标准刺激的呈现时间长短,或是参考标准刺激,重现一段时间。由于自身的属性所限,oddball 范式仅能通过外源性线索来引导注意。新异刺激能自动吸引注意,在 ERP 实验中产生显著的电位变化,因而该范式被认为是与注意机制相关的典型范式(Tse et al., 2004),可以有效地鉴别注意是否为时距知觉发生扭曲的主要原因。

以往的研究认为,注意会影响被试对信息的敏感性,注意投入越多,意识到的时间线索也就越多,时距知觉就越准确(Hicks et al., 1976)。但是,在 Tse 等人(2004)的一系列实验中,信息敏感性并没有改变,注意调节的是信息加工的速度。注意的程度越高,被试对该刺激的加工速度越快,单位时间所处理的信息也就越多,因而被试所知觉到的时距也就越长。除了刺激的物理属性,语义上的新异性同样能产生时距扭曲现象(Tse et al., 2004)。然而,oddball 范式存在一个无法忽视的缺点,就是混淆了注意和可预测性两个概念。与中性刺激相比,带有负性情绪特征的新异刺激更能吸引注意,却没有产生相应的时距扭曲效应,这是注意所不能解释的(Pariyadath & Eagleman, 2007);而在预测性假设中,不管是否带有情绪特征,对被试来说,新异刺激的不可预测程度都是一样的。因此,有研究者认为,注意并不是影响时距知觉的必要条件(van Wassenhove et al., 2008)。可预测的序列会使神经元产生重复抑制(repetition suppression)效应(Krekelberg, Boynton & van Wezel, 2006),减少对重复出现/可预测刺激的时距估计,从而延长新异刺激的时距(Pariyadath & Eagleman, 2007)。

事实上,注意和可预测性两个因素总是捆绑在一起的,单纯的行为学实验并不能将二者进行有效的分离,需要进行有关的神经学实验。序列的可预测性会减少被试对新异刺激的注意,而不可预测的刺激则能高度吸引注意。负性情绪的新

异刺激之所以不能产生相应的效应,其原因可能在于:(1)注意资源是有限的。相对于标准刺激,中性新异刺激和负性新异刺激都能最大限度地吸引注意,占用全部的注意资源,因而只能产生相同的效应;(2)对负性的新异刺激也存在适应过程。负性情绪体验在刺激第一次出现时达到最大,但随着实验的进行,可能会逐渐降到平均水平,并掩盖其注意特性。因而,并不能就此否定注意对时距知觉的影响。

3 注意对时序知觉的影响

与同时出现的刺激相比,受到注意的刺激会被知觉为提早出现,该现象被称为优先登录(prior entry)。注意可以加速对视觉信息的加工,受到注意的刺激往往能更快被知觉到,对它的加工也更有效、更精细、更准确(Scharlau & Horstmann, 2006);且注意力越强,刺激就能越早地被知觉到(Scharlau, 2004)。优先登录现象可用于研究注意的时间特性;也可解释注意瞬脱(attentional blink)中的刺激顺序反转现象(Olivers & Hilkenmeier, 2011)。目前的研究包括线索性质(内源、外生)、刺激性质(位置、通道)两方面,主要集中于从行为学上弱化反应偏向的影响,将注意的作用分离出来。

对优先登录现象的研究主要有两类范式:知觉潜伏期启动(perceptual latency priming, PLP)和线运动错觉(illusory line motion, ILM)。二者都由线索刺激启动,区别在于知觉潜伏期启动采用顺序判断或同时判断任务,在两个不同的客体(通道)之间进行比较;而线运动错觉则是判断单个客体的呈现方式。

3.1 知觉潜伏期启动

有研究者认为,在 PLP 范式中,因为重复出现的启动刺激缩短了被启动靶刺激的知觉潜伏期,因而称其为知觉潜伏期启动效应(张锋,凤四海,黄希庭,2007)。作为外部信息跨通道整合和多通道事件同步感知的重要一环,注意对时序知觉的影响并不会因为接收信息的通道不同而有所改变(Yates & Nicholls, 2009)。

3.1.1 单通道的 PLP 效应

在 PLP 范式中,效应由启动刺激,即线索引起(Scharlau & Horstmann, 2006):先在屏幕上随机呈现一个启动刺激,再呈现两个同时或间隔极短

时间的靶刺激,要求被试判断两个靶刺激的出现顺序(哪个先,哪个后,是否同时)。通过控制两个靶刺激之间的时间间隔(stimulus-onset asynchrony, SOA)来计算主观同时点(point of subjective simultaneity, PSS),即使被启动的靶刺激稍晚出现,被试仍会将其知觉为与未启动的靶刺激同时或更早出现(Scharlau & Neumann, 2003b; Scharlau, Ansorge, & Horstmann, 2006)。

是否对线索进行掩蔽并不会对效应产生显著影响(Scharlau & Neumann, 2003a),但掩蔽可以避免被试对启动刺激进行反应,减少反应偏向。一般采用反向掩蔽(metacontrast mask)的技术:在启动刺激之后瞬间呈现靶刺激,与其毗邻或将其包围(Scharlau & Horstmann, 2006)。这样就可以使启动刺激在产生线索效应的同时又被紧接着呈现的靶刺激反向掩蔽。在感知层面上没有被知觉到的启动刺激能够使被试不受反应偏向的影响(黄泽军,钱秀莹,2010),同时也要求启动刺激和靶刺激之间的时空属性非常接近。

Scharlau 和 Neumann (2003b)通过实验证明启动效应会随着启动 SOA 的增加而线性增加,在 50~100ms 之间达到峰值,之后便逐渐降低,但在 1000ms 时仍可检测到轻微的效应(Scharlau et al., 2006)。这与注意转移的解释相吻合:启动刺激引导注意转移至某空间位置,从而减少了该位置上被启动靶刺激的注意加工时间,其效应量为启动刺激和被启动靶刺激之间的间隔时间(启动 SOA),最大值为注意完成转移所需的时间,约 100ms (Scharlau, 2007b)。然而,大部分实验所检测到的效应量都在启动 SOA 的 50%~80%之间,原因在于注意的空间竞争(Scharlau, 2007a):PLP 效应量是在两个靶刺激之间进行测量,注意会被作为参考的另一个靶刺激部分捕获;随着启动 SOA 的增加,参考刺激的注意竞争能力也随之减弱,从而使效应量线性增加。

3.1.2 跨通道靶刺激的 PLP 效应

跨通道的研究分为两类,一类是两个靶刺激发生在不同通道,另一类则是以跨通道的信息同时性整合为线索刺激,探索其对两个同通道靶刺激时序知觉的影响。

(1) 跨通道的靶刺激

早期的跨通道研究集中在触觉和视觉方面,刺激的空间位置、通道性质不同都会产生影响

(Spence & Parise, 2009)。一方面,不同的通道接收信息的时间属性并不完全一致;另一方面,不同通道接收信息的位置也不同。Spence, Shore 和 Klein (2001)通过对照组控制了不同通道性质的差异,结果证实了跨通道的优先登录现象,表明注意确实能调节大脑对主观时间的知觉和判断。Zampini, Shore 和 Spence (2005b)精确地测量了听觉和视觉两个通道本身加工速度的不同,进一步控制刺激位置(Zampini, Guest, Shore, & Spence, 2005a),为视觉、听觉之间的跨通道优先登录现象提供了直接证据。

(2) 多通道信息整合的线索刺激

当同时呈现或者间隔时间很短时,即使是不同通道的信息也会被整合为同一个概念。在视觉搜索任务中,一个与目标同时出现的无意义听觉刺激会使搜索时间显著变短、搜索曲线的斜率显著变小(van der Burg, Olivers, Bronkhorst, & Theeuwes, 2008b)。van der Burg 等人(2008b)认为,不同通道的刺激可以进行整合,形成突出特征,使刺激从复杂的环境中跳跃(pop out)出来,增强注意竞争优势。

这种信息整合可以作为线索刺激,影响时序知觉。van der Burg, Olivers, Bronkhorst 和 Theeuwes (2008a)通过无意义的听觉刺激与视觉颜色变化的同时性匹配来引导注意,分别采用时序判断(temporal order judgment, TOJ)任务和同时性判断(simultaneity judgment, SJ)任务进行测量。在 TOJ 任务中,当且仅当听觉刺激与某一侧的干扰子颜色变化同步时,优先登录效应显著,该侧的靶刺激会被知觉为提早出现。SJ 任务进一步排除反应偏向的影响,结果与 TOJ 任务一致:当听觉刺激与右边的干扰子匹配时,右侧的靶刺激被知觉为提早 4.4ms 出现;反之,左侧的靶刺激被知觉为提早 4.6ms 出现。从而证实了听觉刺激和视觉刺激的同时性绑定会使注意发生转移,影响时序知觉(van der Burg et al., 2008a)。

3.2 线运动错觉

Hikosaka (1993)等人最早提出线运动错觉的现象:先在屏幕上随机呈现一个线索刺激,之后呈现一个静止的探测条,一端靠近线索刺激,另一端远离,尽管客观上该探测条为一次性呈现,被试却会将探测条知觉为运动展开,从靠近线索刺激的位置延伸至远离线索刺激的位置(黄泽军

和钱秀莹, 2009)。在 ILM 范式中,注意被线索刺激捕获,加速其知觉潜伏期,进一步减少了探测条中该位置部分的知觉潜伏期(Scharlau & Horstmann, 2006),越靠近线索位置,则潜伏期越短,对其加工也越快(Scharlau, 2004)。对探测条不同位置加工速度的不同,最终形成了错误的运动知觉。该范式常被用于有关注意梯度或者运动视觉的脑皮层研究(Azzopardi & Hock, 2011)。

3.2.1 不同性质线索的 ILM 效应

ILM 对注意的操作有多种不同的方法,如可见的外周线索、掩蔽的外周线索、内源性线索等。大部分采用外源性线索的实验都能检测到 ILM 效应(Chica, Charras, & Lupiáñez, 2008),其比例与线索 SOA 密切相关:在 100-200ms 之间达到最大值,之后随间隔时间的增大而减少(Scharlau, 2004)。若 ILM 效应确实由注意引起,则不管采用外源的还是内源的(由指导语产生)线索刺激,都能观察到效应。但在 Christie 和 Klein (2005)的实验中,却检测不到内源性线索产生的 ILM 效应。Schneider 和 Bavelier (2003)的实验也证实了外源性线索获得的效应更为稳定。内源性线索更容易受判断标准的影响,从而使测量结果更不稳定(Shore, Spence & Klein, 2001)。另一方面,在 Christie 和 Klein 的实验中,线索刺激的特异性过强(箭头),且 SOA 为 500ms,早已超过注意转移的时程。有研究表明,即使采用阈下闪光作为线索刺激(Blanco & Soto, 2008),也能检测到同样的效应。因而,线索刺激的性质不同并不是产生 ILM 效应的根本原因。

3.2.2 ILM 与似动

对于一个只能观察到部分运动状态的客体,大脑需要通过各种可能的信息以及客体在视网膜上的成像来预测其空间运动轨迹。为了能知觉到一个连续的外部世界,个体形成了对不完整输入的一致性加工。Downing 和 Treisman (1997)认为这种内隐的填充作用是对线运动错觉最好的解释。但是,在 Hikosaka 等人(1993)的实验中,只有等反应完成后,探测条才会消失,而在 Downing 和 Treisman (1997)的实验中,从探测条出现到消失仅 45ms,过于短暂的呈现时间,会使被试体验到两个方向相反的运动错觉,效应因此抵消。Schmidt (2000)控制了眼动、实验者效应等影响因素,结果表明在内源性线索的条件下,ILM 效应

虽然小, 但仍然存在(Schmidt, 2000), 进一步证实了注意对时序知觉的影响。事实上, Downing 和 Treisman (1997)也明确表示他们的实验并没有否定注意的作用, 而是证实了注意在线运动错觉中的重要作用, 只是该作用与似动中的捆绑机制(binding mechanism)有关。

4 基于注意的理论模型

4.1 时距知觉中的注意理论

时距知觉中影响最广的是时钟模型, 几乎所有理论都以此为基础, 它假设神经系统是通过类似时钟的方式来实现对时间信息的处理。内部时钟以节拍器(pace-maker)和累计器(accumulator)为基础模块, 其中节拍器以稳定的时间间隔发出信号, 节拍器的频率受生理唤醒的影响(唤醒水平越高, 频率越快), 决定内部时钟的快慢; 累计器则记录节拍器所产生的信号的数量, 用以代表主观时间(万群等, 2010)。

4.1.1 注意闸门理论

Zakay 和 Block (1995)认为好的模型不仅要有量化计时的属性, 更要考虑认知因素。他们以时钟模型为基础, 结合注意分配和信息加工模型, 提出了注意闸门理论(attentional gate model, AGM)。在该理论中, 并不是节拍器产生的所有频率都能被记录。闸门(gate)是生理唤醒的节拍器进入累计器的必经之路, 由分配给时间的注意所控制: 注意越多, 则闸门开得越广, 更多的信号可以通过。在回溯性计时范式中, 大部分注意都被分配到非时间任务上, 因而闸门是关着的或者开得很小, 信号不能或很少通过。在闸门和累计器之间还存在一个开关(switch), 遵循“全或无”的原则: 当被试察觉到开始信号时, 开关打开, 同时清零以往的累计数, 允许信号通过, 开始记录一段新的时间; 当被试察觉到停止信号时, 开关关闭以阻止信号通过, 同时累计器记录的信号数转入短时记忆, 形成主观时间。

4.1.2 系统仿真模型

Taatgen, van Rijn 和 Anderson (2007)认为 AGM 模型虽然将时钟模型和注意进行了整合, 但只局限于外显的、一次性的时间估计, 而且是定性的研究, 这是远远不够的。人与外部环境的交互是多元化的, 对时间的估计既能单程, 也能多线程同时进行。因此, 他们将时钟模型和可能

的认知因素进行了整合, 提出了一个系统仿真模型(整合理论, an integrated theory), 试图从人工智能的角度来了解个体如何感知时间。

该模型以时钟模型的计时模块为主要基础, 其他认知因素包括注意分配模块、学习模块、技能获得模块等, 通过计时模块和其他认知因素的交互作用来解释分心任务、注意的分配、学习等具体问题。为了能获得最准确的信息, Taatgen 等人(2007)用 ACT-R (adaptive control of thought-rational)进行了认知建构。他们先用计时模块进行重现, 与真实数据比较, 确定其参数; 以此类推, 根据各个模块设计相对应的实验方案, 确定参数; 最后进行模拟实验, 以调试整个模型的拟合度。最终得到的系统仿真模型, 不仅可以对时距估计的各个方面给出定量的描述, 也进一步支持了注意在其中所起到的作用。

4.2 时序知觉中的注意理论

在研究优先登录现象的两种范式中, PLP 范式更多地涉及注意转移, 而 ILM 范式则与注意的梯度理论有关。Scharlau (2004)用相同的刺激条件对比了两种范式, 都发现了注意的促进作用, 而且效应值相同。有理由相信, 虽然 PLP 和 ILM 是在不同的层面(时序判断、运动识别)进行测量, 但二者反映的是同一种机制, 即注意对知觉潜伏期的促进作用。相应的注意理论为异步更新模型(asynchronous updating model, AUM)。

AUM 模型假设存在两个不同的视觉信息加工过程, 特征编码和空间选择性注意定位(Scharlau & Neumann, 2003a), 分别对应空间地图(spatial map)和内部模型(internal model)两个不同的水平(Scharlau, 2007a)。在特征编码阶段, 空间地图对基本的视觉信息(颜色、方向、大小)进行编码, 其特点为快速有效, 能迅速感应刺激的变化, 但并不能被意识知觉; 在这个阶段, 早期的信息能被后来与之具有共同位置的信息所替代(overwrite)。空间选择性注意定位是指由刺激位置的变化而产生的注意转移, 其加工速度比编码过程要慢得多。受到注意的客体、场景和事件能被意识所知觉(Scharlau et al., 2006)。通过注意定位, 信息会被传送到内部模型进行整合, 内部模型具有高度选择性, 只处理进入意识水平的信息, 其更新过程缓慢、持久(Scharlau, 2007a)。

AUM 模型的主要特征在于两个不同视觉信

息加工过程的异步性：快速的特征编码阶段和缓慢的注意定位过程。启动刺激同时触发两个过程，与靶刺激(掩蔽)之间的间隔时间越久，注意定位过程就越接近完成，启动刺激就越显得可见，一旦受到注意，启动刺激就被内部模型所整合，不受掩蔽刺激的任何影响(Scharlau et al., 2006)。所以，高注意强度的启动刺激(如自己的名字或一张笑脸)会使掩蔽的效果变差(Shelley-Tremblay & Mack, 1999)。在反向掩蔽实验中，掩蔽刺激(靶刺激)触发特征编码阶段，替代了启动刺激；由于位置没有改变，注意没有发生转移(Scharlau, 2007a)；因而省略了注意定位过程，与需要通过自身进行注意转移的刺激相比，掩蔽刺激能快速由内部模型登记，进行优先加工，缩短知觉潜伏期，被知觉为提早出现。

研究者还提出了一个非注意的知觉修正模型(perceptual retouch model, PRM)，其假设为视皮层对特征的特异编码和非特异编码存在区别。由于理论假设不同，AUM 和 PRM 模型对行为学方面(什么时候达到效应顶峰，最大值为多少)的预测并不相同，因而可通过实验进行很好的区别。相比之下，AUM 对优先登录现象时间属性的预测更准确，对 SOA 长时的效应有更好的解释，因而获得更多的实验支持(Scharlau et al., 2006)，更能得到研究者的认可(van der Burg et al., 2008a; Carlson, Reinke, LaMontagne & Habib, 2010)。

5 问题与展望

5.1 时钟模型的局限性

时间是一个累积量，到目前为止，所有与时距估计有关的理论都以时钟模型为基础，这是不可避免的。时钟模型确实能解释大量行为实验结果，但它的神经基础却没有得到完全的确认；主要的神经生理学证据都来自动物药理学实验，认为多巴胺能系统与时钟的快慢有关(万群等人, 2010)。最近的大量研究表明，多巴胺和内部时钟的快慢是否相关仍有待考证，而时钟模型本身也无法解释一些设计精巧的实验中所观察到的结果和神经系统对时间信息的反应方式。最近提出的状态模型和能量模型得到了较多的关注，但都面临一个同样的问题：如何实现普遍的、独立的时间知觉。事实上，目前的研究过于看重时间的独立性，大脑的不同区域可能都可以产生时间信息，

若能将已知的和时间加工相关的脑区结合起来，将会对时间知觉的脑机制有更深刻的认识。

5.2 时序知觉需要神经学支持

当所获得的信息不足以做出确定判断时，以刺激特征为标准的反应模式有利于大脑对复杂环境进行快速加工。这从根本上导致不能彻底消除反应偏向对时序知觉的影响，只能从神经生理学方面寻求证据，而目前此类研究并不多。

McDonald 等人(2005)最先使用 ERP 进行直接研究，结果表明优先登录现象可能是视知觉中腹枕区域(ventral occipital areas)神经信号强度变化的产物，注意只是加强了视觉加工早期阶段的信号强度，而被后期的比较机制认为产生了时间差。Vibell, Klinge, Zampini, Spence 和 Nobre (2007)的 ERP 实验则证实了在 TOJ 任务中，选择性注意确实能改变视觉区域知觉分析的计时。Vibell 等人(2007)的实验结果可以说是最早支持注意调节神经计时，影响时序判断的电生理证据。然而，注意以什么形式进行调节，是改变神经信号的强度，还是改变潜伏期，其背后的机制仍需大量研究的证实，包括对注意缺损和相关脑区受损的病人的研究。注意影响时序知觉生理机制的研究同时也能推动时间知觉的脑机制、跨通道信息整合等领域研究。时钟模型面临多方面的挑战，进一步研究时序知觉及其神经生理机制，可能可以为更加普遍和深刻地认识时间知觉脑机制提供一条新思路。

5.3 跨通道研究的新导向

跨通道的研究旨在了解不同通道间的信息如何整合，包括视觉、听觉、触觉等，其核心假设为注意会在不同通道之间进行调解(Talsma, Doty & Woldorff, 2007)，对任务绩效产生影响。多通道的同时性整合会使刺激的特异性增强，更早地被知觉到，提高客体对该刺激的搜索、识别绩效。然而，当客体判断两个匹配刺激哪个后出现时，其绩效却要差于判断两个不匹配的刺激(Parise & Spence, 2009)，这一现象表明注意既可能促进相关信息之间的绑定，也可能优先加工无关信息中的某一个。这就意味着多通道的信息整合在强化知觉的同时，也会遗失某些信息。通过探索其背后的神经科学证据，进一步明确不同注意加工方式的条件下，对视觉搜索、信号检测、及客体如何感知外部复杂环境有重要意义，对如何从大量资

料中找到相关信息也有很大的应用价值。

参考文献

- 黄泽军, 钱秀莹. (2009). 跨通道的优先登录现象. *应用心理学*, 15(3), 251–256.
- 黄泽军, 钱秀莹. (2010). 视网膜离心率影响空间注意梯度分布. *心理学报*, 42(10), 970–980.
- 万群, 林苗, 钱秀莹. (2010). 时间知觉的脑机制: 时钟模型的困境和新导向. *心理科学进展*, 18(3), 394–402.
- 徐青, 魏琳. (2002). 时间知觉与估计的认知理论综述. *应用心理学*, 8(2), 58–64.
- 张锋, 风四海, 黄希庭. (2007). 时序知觉的启动效应. *心理科学*, 30(6), 1433–1435.
- Azzopardi, P., & Hock, H. S. (2011). Illusory motion perception in blindsight. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 108(2), 876–881.
- Blanco, M. J., & Soto, D. (2008). Unconscious perception of a flash can trigger line motion illusion. *Experimental Brain Research*, 192, 605–613.
- Brown, S. W. (1985). Time perception and attention: The effects of prospective versus retrospective paradigms and task demands on perceived duration. *Perception & Psychophysics*, 38(2), 115–124.
- Buhusi, C. V., & Meck, W. H. (2005). What makes us tick? Functional and neural mechanisms of interval timing. *Nature Reviews Neuroscience*, 6, 755–765.
- Carlson, J. M., Reinke, K. S., LaMontagne, P. J., & Habib, R. (2010). Backward masked fearful faces enhance contralateral occipital cortical activity for visual targets within the spotlight of attention. *Social Cognitive and Affective Neuroscience Advance Access published August 11, 2010*, doi: 10.1093/scan/nsq076
- Chen, Z., & O'Neill, P. (2001). Processing demand modulates the effects of spatial attention on the judged duration of a brief stimulus. *Perception & Psychophysics*, 63(7), 1229–1238.
- Chica, A. B., Charras, P., & Lupiáñez, J. (2008). Endogenous attention and illusory line motion depend on task set. *Vision Research*, 48, 2251–2259.
- Christie, J., & Klein, R. W. (2005). Does attention cause illusory line motion? *Perception & Psychophysics*, 67(6), 1032–1043.
- Cicchini, G. M., & Morrone, M. C. (2009). Shifts in spatial attention affect the perceived duration of events. *Journal of Vision*, 9(1), 1–13.
- Downing, P. E., & Treisman, A. M. (1997). The Line-Motion Illusion: Attention or Impletion? *Journal of Experimental Psychology*, 23(3), 768–779.
- Grondin, S. (2010). Timing and time perception: A review of recent behavioral and neuroscience findings and theoretical directions. *Perception, & Psychophysics*, 72(3), 561–582.
- Hicks, R. E., Miller, G. W., & Kinsbourne, M. (1976). Prospective and retrospective judgments of time as a function of amount of information processed. *American Journal of Psychology*, 89(4), 719–730.
- Hikosaka, O., Miyauchi, S., & Shimojo, S. (1993). Focal visual attention produces illusory temporal order and motion sensation. *Vision Research*, 33, 1219–1240.
- Krekelberg, B., Boynton, G. M., & van Wezel, R. J. A. (2006). Adaptation: From single cells to BOLD signals. *TRENDS in Neurosciences*, 29(5), 250–256.
- McDonald, J. J., Teder-Sälejärvi, W. A., Di Russo, F., & Hillyard, S. A. (2005). Neural basis of auditory-induced shifts in visual time-order perception. *Nature Neuroscience*, 8(9), 1197–1202.
- Olivers, C. N. L., & Hilkenmeier, F. (2011). Prior entry explains order reversals in the attentional blink. *Attention, Perception & Psychophysics*, 73, 53–67.
- Parise, C. V., & Spence, C. (2009). 'When birds of a feather flock together': Synesthetic correspondences modulate audiovisual integration in non-synesthetes. *PLoS ONE*, 4(5), e5664. doi: 10.1371/journal.pone.0005664
- Pariyadath, V., & Eagleman, D. (2007). The effect of predictability on subjective duration. *PLoS ONE*, 2(11), e1264.
- Scharlau, I. (2004). Illusory line motion and perceptual latency priming: Two alternative measures for attentional facilitation. In U. J. Ilg, H. H. Bülthoff, & H. A. Mallott (Eds.), *Dynamic Perception: Workshop of the GI Section "Computer Vision"*. (pp. 127–132). Berlin, Germany: Akademische Verlagsgesellschaft Aka GmbH.
- Scharlau, I. (2007a). Perceptual latency priming: A measure of attentional facilitation. *Psychological Research*, 71, 678–686.
- Scharlau, I. (2007b). Temporal processes in prime-mask interaction: Assessing perceptual consequences of masked information. *Advances in Cognitive Psychology*, 3(1-2), 241–255.
- Scharlau, I., Ansorge, U., & Horstmann, G. (2006). Latency facilitation in temporal-order judgments: Time course of facilitation as a function of judgment type. *Acta Psychologica*, 122, 129–159.
- Scharlau, I., & Horstmann, G. (2006). Perceptual latency priming and illusory line motion: Facilitation by gradients or attention? *Advances in Cognitive Psychology*, 2(1), 87–97.
- Scharlau, I., & Neumann, O. (2003a). Perceptual latency priming by masked and unmasked stimuli: Evidence for an attentional interpretation. *Psychological Research*, 67, 184–196.
- Scharlau, I., & Neumann, O. (2003b). Temporal parameters

- and time course of perceptual latency priming. *Acta Psychologica*, 113, 185–203.
- Schmidt, W. C. (2000). Endogenous attention and illusory line motion reexamined. *Journal of Experimental Psychology*, 26(3), 980–996.
- Schneider, K. A., & Bavelier, D. (2003). Components of visual prior entry. *Cognitive Psychology*, 47, 333–366.
- Seifried, T., & Ulrich, R. (2011). Exogenous visual attention prolongs perceived duration. *Attention, Perception & Psychophysics*, 73, 68–85.
- Shelley-Tremblay, J., & Mack, A. (1999). Metacontrast masking and attention. *Psychological Science*, 10(6), 508–515.
- Shore, D. I., Spence, C., & Klein, R. M. (2001). Visual prior entry. *Psychological Science*, 12(3), 205–212.
- Spence, C., & Parise, C. (2009). Prior-entry: A review. *Consciousness and Cognition*, doi: 10.1016/j.concog.2009.12.001
- Spence, C., Shore, D. I., & Klein, R. M. (2001). Multisensory prior entry. *Journal of Experimental Psychology: General*, 130(4), 799–832.
- Taatgen, N. A., van Rijn, H., & Anderson, J. (2007). An integrated theory of prospective time interval estimation: The role of cognition, attention, and learning. *Psychological Review*, 114(3), 577–598.
- Talsma, D., Doty, T. J., & Woldorff, M. G. (2007). Selective attention and audiovisual integration: Is attending to both modalities a prerequisite for early integration? *Cerebral Cortex*, 17, 679–690.
- Thomas, E. A. C., & Weaver, W. B. (1975). Cognitive processing and time perception. *Perception & Psychophysics*, 17(4), 363–367.
- Tse, P. U., Intriligator, J., Rivest, J., & Cavanagh, P. (2004). Attention and the subjective expansion of time. *Perception, & Psychophysics*, 66(7), 1171–1189.
- van der Burg, E., Olivers, C. N. L., Bronkhorst, A. W., & Theeuwes, J. (2008a). Audiovisual events capture attention: Evidence from temporal order judgments. *Journal of Vision*, 8(5), 1–10.
- van der Burg, E., Olivers, C. N. L., Bronkhorst, A. W., & Theeuwes, J. (2008b). Pip and Pop: Nonspatial auditory signals improve spatial visual search. *Journal of Experimental Psychology*, 34(5), 1053–1065.
- van Wassenhove, V., Buonomano, D., Shimojo, S., & Shams, L. (2008). Distortions of subjective time perception within and across senses. *PLoS ONE*, 3(1), e1437.
- Vibell, J., Klinge, C., Zampini, M., Spence, C., & Nobre, A. C. (2007). Temporal order is coded temporally in the brain: Early event-related potential latency shifts underlying prior entry in a cross-modal temporal order judgment task. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 19(1), 109–120.
- Yates, M. J., & Nicholls, M. E. R. (2009). Somatosensory prior entry. *Attention, Perception, & Psychophysics*, 71(4), 847–859.
- Yeshurun, Y., & Marom, G. (2008). Transient spatial attention and the perceived duration of brief visual events. *Visual Cognition*, 16(6), 826–848.
- Zakay, D., & Block, R. A. (1995). An attentional model of prospective time estimation. In M. Richelle, V. De Keyser, G. d'Ydewalle, & A. Vandierendonck (Eds.) *Time and the Dynamic Control of Behavior* (167–178). I. P. A., Lie'ge: University of Lie'ge.
- Zakay, D., & Block, R. A. (2004). Prospective and retrospective duration judgments: An executive-control perspective. *Acta Neurobiologiae Experimentalis*, 64, 319–328.
- Zampini, M., Guest, S., Shore, D. I., & Spence, C. (2005a). Audio-visual simultaneity judgments. *Perception & Psychophysics*, 67(3), 531–544.
- Zampini, M., Shore, D. I., & Spence, C. (2005b). Audiovisual prior entry. *Neuroscience Letters*, 381, 217–222.

The Role of Attention In Time Perception and Its Theories

LIN Miao; QIAN Xiu-Ying

(Department of Psychology and Behavioral Science, Zhejiang University, Hangzhou 310028, China)

Abstract: Time perception is a term that encompass a broad range of phenomena, including simultaneity, temporal order, the perception of duration and interval. The role of attention is central to a basic account of the relationship between the actual timing of stimulus events and the perceived timing of those events: the more attention was paid, the longer the duration would be; and an attended stimulus was perceived to be earlier. The corresponding attentional theories comprised AGM, the integrated theory, and AUM. More exploration in neurobiology can push forward the study about the brain mechanisms of timing and the integration of cross-modal information.

Key words: attention; time perception; duration estimation; the perception of temporal-order