心理科学进展 2027, Vol. 35, No. 1, 1–17 https://doi.org/10.3724/SP.J.1042.2027.0001
Advances in Psychological Science https://cstr.cn/32111.14.2027.0001

·主编特邀(Editor-In-Chief Invited)·

时距知觉的议题及思考：基于系列研究的证据与理论整合*

尹华站[1] 王思雨[1] 黄希庭[2]

([1]湖南师范大学教育科学学院; 认知与人类行为湖南省重点实验室; 湖南师范大学心–脑交叉科学研究中心, 长沙 410081) ([2]西南大学心理学部, 重庆 400715)

编者按：时距知觉是人类适应环境的基本认知能力, 其加工机制是认知心理学与认知神经科学关注的重要问题。不同长度的时距究竟由统一机制加工, 还是存在分段性, 长期以来存在争议。湖南师范大学尹华站教授团队自从在西南大学攻读硕士和博士学位起, 二十余年来围绕时距知觉及其认知机制开展了系列研究, 在分段性特征、注意与工作记忆的作用、情绪调节以及特殊群体时距知觉异常等方面积累了丰富的实证与理论成果。本文基于这些系列研究, 对时距知觉的四个核心议题进行了整合, 将分段性从描述性框架推进为可检验的理论假说体系, 并提出了注意与工作记忆的时距依赖假说、情绪刺激时距知觉分段综合假说及特殊群体时距知觉异常的双认知路径。本刊邀请尹华站教授和他的博士生撰写此文, 希望能为关注时间认知、注意与工作记忆、情绪调节及特殊群体认知特征的研究者提供整合性视角, 也期待推动时距知觉研究从现象描述走向机制解释。

(责任编辑：秦绍正)

摘 要 时距知觉是人类适应客观环境的基本能力, 受注意、工作记忆、情绪及个体差异等多种因素影响。文章以时距知觉的分段性理论为框架, 系统梳理和整合了课题组二十余年来聚焦四大核心议题——分段性、注意与工作记忆、情绪影响、特殊群体——开展的系列研究, 并结合国内外相关研究和理论进展, 在此基础上进行理论整合与推进。研究发现, 时距知觉在 300~500 ms 和 2~3 s 附近可能存在功能性过渡区间, 呈现分段加工特征; 注意通过调控时间信息的累积量影响时距知觉, 工作记忆则据其容量选择性参与 2~3 s 以上时距加工; 情绪通过唤醒与注意路径影响时距知觉, 动机维度和自我意识情绪类型起重要调节作用; 特殊群体研究揭示认知资源缺损与感知觉编码缺陷两条独立路径。文章在整合分段性理论基础之上, 在注意和工作记忆、情绪调节及特殊群体议题上提出了探索性的理论假说, 推动时距知觉研究从现象描述走向机制解释。这些发现支持时距知觉的分段综合框架, 为理解时间认知的机制与临床群体的时间知觉异常提供了理论参考。

关键词 时距知觉, 分段性, 注意, 工作记忆, 情绪

分类号 B842

1 引言

时距知觉(duration perception)是人类适应客观环境的基本认知能力之一, 指个体对两个相继事件之间的间隔时间或某一事件持续时间的知觉(Fraisse, 1984)。从言语理解、音乐感知到运动协调等诸多活动均有赖于时距估计(Buhusi & Meck, 2005)。然而, 时距知觉并非对物理时间的完全复制, 而是一种高度可塑的主观建构, 易受注意、记忆、情绪及个体差异等因素的调节(Lake et al.,

收稿日期：2026-08-02
* 国家自然科学基金面上项目“时距自动化与控制性加工的 ERP 及时频分析研究” (31671125)。
通信作者：尹华站, E-mail: yhz1979@sina.com

2016; Matthews & Meck, 2016)。为了解释时距知觉的内部机制，研究者最初提出的起搏器和累加器理论框架(Pacemaker-Accumulator, PA)假设脑内存在一个内部时钟，由起搏器(pacemaker)、开关(switch)和累加器(accumulator)三个部分组成。起搏器按照一定频率发放脉冲，开关负责将脉冲传入累加器进行累加——计时开始时开关闭合，计时结束时开关断开。累加脉冲的数量越多，知觉时距的长度越长(Treisman, 1963)。后来研究者在 PA 框架的基础上发展出标量计时理论(Scalar Timing Theory)。它假定时距判断涉及时钟、记忆和决策三个水平。记忆阶段由工作记忆和参照记忆组成，累加器把有关的时间信息传送至工作记忆中的短时存储，并形成相应的时间表征。决策阶段主要对工作记忆中的当前时距表征和参照记忆(从工作记忆中转化到长时记忆)的时距表征进行比较，进而完成判断(Gibbon, 1977; Gibbon et al., 1984)。标量计时模型揭示了两个重要变异源：其一为唤醒，唤醒水平越高，起搏器发放脉冲越快，单位时间内累加的脉冲越多；其二为注意，分配给时间加工的注意资源越多，进入累加器脉冲越多 (Droit-Volet & Meck, 2007; Lake et al., 2016)。后来，在标量计时模型基础上，Zakay 和 Block (1997)在起搏器和开关之间加入一个注意闸门，注意闸门的打开程度可以连续变化，进而提出注意闸门模型 (Attentional-Gate Model, AGM)。在回溯式判断时，注意闸门完全关闭，没有脉冲进入累加器；预期式判断时，注意闸门完全打开，脉冲进入累加器，形成时距表征；闸门打开程度反映分配在时间加工器上注意资源的比例。后来，Buhusi 和 Meck (2009)在注意闸门模型基础上构建出一个扩展的资源分配模型 (Resources Allotment Model, RAM)，认为时间信息加工和背景加工共享注意和工作记忆资源以及监控和分配这些资源的系统。总之，以上理论试图引入注意、工作记忆等认知变异源，结合时距知觉唤醒等核心变异源一起解释实验情境下人类的时距加工现象(Simen et al., 2013)。尽管上述模型能够解释大量实验现象，但是它们主要适用于数百毫秒至数分钟的时间范围(尹华站 等, 2010)。黄希庭等(2003)提出的时间认知分段综合模型则将时距认知的对象范畴从数百毫秒至数分钟推广至整个时间维度，认为个体对时间的感知具有阶段性特点，可分为极短时距、短时距、长时距和极长时距，它们具有不同的表征方式和加工机制。

基于上述理论背景和相关研究，20 余年以来课题组形成四个持续引发关注的核心议题：第一，不同长度时距由统一加工机制所表征或存在分段性？第二，注意和工作记忆在时距知觉中扮演什么角色？第三，情绪通过何种路径影响时距知觉，情绪类型(基本情绪和自我意识情绪)之间以及情绪维度(效价、唤醒度和动机)之间对时距知觉的影响是否存在差异？是否存在交互效应？第四，临床与特殊群体的时距知觉有何异常特征，其潜在认知机制是什么？上述问题的回答，不仅有助于揭示人类时间认知的基本规律，也对理解临床群体的时间知觉异常提供了理论参考。本文基于课题组 20 余年来围绕上述议题发表的 37 篇系列实证与理论工作，系统梳理分段性特征、注意与工作记忆、情绪调节、特殊群体等 4 个议题的研究证据，并结合国内外关键性发现，以期在整合已有发现的基础上提出具有解释力的理论假说。首先，围绕时距知觉分段性这一理论性问题，梳理证据并进行论证。然后，深入注意与工作记忆层面，阐释上述分段性效应的认知机制。接着，在此框架下考察情绪的影响，聚焦于情绪通过何种路径(唤醒、注意)及何种维度属性(效价、唤醒度、动机)作用于时距知觉。之后，以特殊群体为检验对象，考察认知功能受损条件下时距知觉规律的改变。最后，整合核心发现，指出争议与未来方向。

2 议题 1：时距知觉的分段性研究及假说

时距知觉的理论建构经历从哲学思辨到实证检验的漫长历程。围绕“不同长度时距是否由统一的加工机制所表征”这一核心问题，学术界形成分段性与非分段性观点的长期对峙。本节首先梳理分段性问题的理论观点与关键证据，继而在此基础上提出“时距加工分层机制假说”，为后续各节讨论注意、记忆、情绪等因素对时距知觉的影响提供理论参照。

2.1 分段性假说的核心观点与进展

非分段性假说主张时距加工可由标量计时模型统一解释(Church, 1984; Rammsayer & Ulrich, 2005)。分段性假说则认为时距认知存在多个分界点，不同长度时距的加工机制和表征方式存在质的差异(Fraisse, 1984; Lewis & Miall, 2003;

Michon, 1985; Münsterberg, 1889; Pöppel, 1997)。

不同学者对分界点位置提出了各自的划分标准。Münsterberg (1889)提出的 1/3 秒分界(感觉机制 vs. 肌肉知觉体验机制)、Michon (1985)提出的 1/2 秒分界(自动加工 vs. 控制加工)、Lewis 和 Miall (2003)基于脑成像元分析提出的 1 秒分界(自动计时系统 vs. 认知控制计时系统)。Fraisse (1984)区分了时间知觉(约 2~3 s 以下)和时间估计(约 2~3 s 以上)：前者是对时间的直接反映, 依赖于同质刺激的自发组织; 后者则需借助长时记忆中的体验进行比较和重构。Pöppel (1997, 2009)在总结上述观点的基础上提出了 20~60 ms 的初级整合单元和 2~3 s 的“知觉到的现在”——后者是将连续事件整合为知觉和动作单元的时间限度, 超过此时限, 时距不再是知觉对象而需要符号建构(尹华站, 2013; 尹华站 等, 2020)。

这一区分成为分段性假说的经典表述。尹华站等(2011)和尹华站、黄希庭等(2012)也曾尝试提出了时距加工分层机制假说。该假说认为, 数秒内时距加工存在两个可能的分界范围：300~500 ms 以下为时距感觉加工, 以自动化加工为主; 300~500 ms 至 2~3 s 为时距知觉加工, 倾向被整合为“格式塔”, 受注意资源影响; 2~3 s 以上为时距记忆加工, 以离散形式表征, 受工作记忆存储容量影响。加工时距越长, 涉及加工机制越多, 代码从表象码向前语义码、语义码依次转变——但这三者的操作定义及其区分尚缺乏直接的独立实验证据, 属于有待未来研究检验的理论命题。该假说为理解后续章节中情绪、注意等因素对不同长度时距的影响差异提供了理论参照。

2.2　分段性假说的关键证据

支持分段性的证据首先来自较短时距范围(1 s 以内, 含 1 s)的研究。Rammsayer 和 Lima (1991)、Rammsayer 和 Ulrich (2011)分别采用单词学习任务、精细性复述任务与时距加工相结合的双任务范式, 考察了 50 ms (100 ms)与 1 s 加工在不同认知负荷条件下的表现, 结果发现次要任务对短时距和长时距加工出现选择性影响, 支持了感觉自动计时与认知控制计时的分离。后来, Rammsayer 等(2015)与 Rammsayer 和 Pichelmann (2018)基于 Stauffer 等(2012)的逻辑, 尝试通过 50 ms 和 1 s 加工中通道效应的选择性出现来验证两种计时系统假说, 结果发现 50 ms 加工的视听通道效应显著大于 1 s 加工的视听通道效应, 并且还发现在进一步控制通道变量之后, 1 s 加工中的视听通道效应消失, 结果也支持了两种计时系统假说。尹华站等(2017)采用双任务范式考察了 1 s 范围内(100 ms vs. 1000 ms)的视听时距认知, 发现心算任务(作为消耗认知资源的次要任务)显著影响了 1000 ms 时距比较的 75%差别阈限, 但对 100 ms 时距比较无影响。这一结果表明, 100 ms 时距加工可能更多依赖自动化的感觉机制, 较少受认知资源调节; 而 1000 ms 时距加工则涉及控制加工, 易受认知负荷干扰, 从而支持了数百毫秒附近可能存在自动加工与控制加工的分界。这一模式与 Lewis 和 Miall (2003)基于脑成像元分析提出的 1 秒分界观点(自动计时系统 vs. 认知控制计时系统)在方向上一致。

支持分段性的另一条关键证据来自 1 s 以上时距范围的研究, 行为与 ERP 证据共同指向 2~3 s 附近存在另一个功能分界点。尹华站等(2016)采用时间复制和产生任务系统考察了 1~6 s 时距认知的分段性特征。实验 1 以高、低工作记忆容量被试为对象, 要求其完成视听时距复制任务; 实验 2 采用时间产生任务。结果一致发现：1 s 和 2 s 的时距加工不受工作记忆容量和通道的调节, 而 3 s、4 s、5 s 及 6 s 的时距加工则显著受这些因素影响——高工作记忆容量组在 3 s 以上时距的复制时距更长、复制比率更高、变异系数更小; 听觉时距加工优于视觉时距。Szelag 等(2002)以 6~14 岁儿童为被试、Ulbrich 等(2007) 以 21~84 岁成人为被试, 均发现 2~3 s 以下时距加工不受认知能力和通道调节, 而 2~3 s 以上则相反。在认知资源操纵层面, 尹华站、黄希庭等(2012)采用双任务范式操纵时距编码阶段的字母再认负荷, 发现 1 s、2 s 及 3 s 的平均复制时距不随记忆负荷变化, 而 4 s、5 s 及 6 s 则随着记忆负荷增大显著缩短; 尹华站等(2011)以数字再认任务作为次要任务, 得到了类似的结果模式。Droit-Volet 和 Hallez (2019)的研究也证实, 工作记忆能力的个体差异可以预测时距知觉的扭曲程度, 且这种预测效应主要体现在较长时距(4~8 s)而非较短时距上。上述研究共同表明, 工作记忆选择性地影响 2~3 s 以上的时距加工, 而对更短时距的影响有限。此外, 时距知觉还存在适应后效——长时间适应某一时距会使后续时距知觉产生反向偏移, 且这种

效应在秒以下和秒以上时距中均存在(Li et al., 2017), 提示分段性可能涉及不同时间尺度上的适应性加工机制。Akyürek (2025)的综述从时间整合的适应性功能角度, 为不同时距尺度遵循不同加工规则提供了独立的理论佐证。

神经科学研究也为 1 s 以上存在分段性提供了佐证。Koch 等(2007)采用经颅磁刺激技术发现, 抑制小脑影响短时距(400~600 ms)复制, 而抑制右背外侧前额皮质影响长时距(1600~2400 ms)复制。Yin 等(2019)采用经颅直流电刺激技术干预被试右背外侧前额叶, 要求被试完成短系列时距(0.4~0.6 s)和长系列时距(1.6~2.4 s)的时距两分任务, 结果发现仅影响了长系列时距两分任务。脑电研究方面, 尹华站、柳昀哲等(2012)发现 1 s 以上视时距判断中关联负变化波幅峰反映了基于记忆中标准时距的决策过程, 左、右侧额叶均参与了时距脉冲累加过程。Elbert 等(1991)采用脑电技术记录了被试复制 1s、2s、3s、4s、6s 及 8s 目标时距的脑电时程特征, 结果支持 3~4 s 以下与以上加工的电生理基础不同, 为分段性提供了来自独立研究组的神经科学佐证。

需要指出的是, 上述分段描述主要基于离散时距条件(如 100 ms vs. 1000 ms, 1 s vs. 4 s 等)的比较, 这些比较能够说明不同时距范围在加工机制上的差异, 但尚不足以精确判定机制发生质变的具体时间节点。目前证据更支持“不同时距范围存在不同程度的加工机制参与”这一较为谨慎的结论。换言之, 加工机制在临界区间附近可能并非骤然切换, 而是渐进过渡——从自动化感觉到知觉整合再到记忆维持, 不同机制的参与权重随时间距延长而逐渐变化。这种“渐进过渡”的可能性提示, 300~500 ms 和 2~3 s 应被理解为功能重心发生转移的过渡区间, 而非精确的临界点。此外, 上述分段性证据来自多种时距加工范式——时间复制、时间产生、时距二分、时间泛化等。不同范式对编码、维持、比较和决策过程的要求不尽相同, 所得结果在何种条件下可以共同支持分段性解释, 需加以明确。然而, 可以清楚的一点是, 若某一效应在不同范式中表现出相同的时距依赖性模式 (工作记忆选择性地影响 2~3 s 以上时距加工), 在不同任务范式中均得到验证, 则该模式更可能反映时距长度本身的加工差异, 而非特定任务范式所致。

该假说的核心贡献在于：第一, 它不仅确认分段性的存在, 还具体描述各分段加工机制, 并推测与之对应的表征形式——回答了“为什么分段”以及“各段有什么不同”的问题; 第二, 它将行为层面的分段现象与认知资源 (注意、工作记忆)的差异化参与联系起来, 使分段性获得认知机制的解释; 第三, 它提出代码可能随加工层次加深而逐步抽象化的理论推测——加工时距越长, 涉及加工机制越多, 代码从表象码向前语义码、语义码依次转变, 从而将分段性与加工深度联系了起来。该假说从认知资源参与的角度, 为理解不同长度时距加工机制差异提供一个整合性的理论框架。值得注意的是, 非分段性假说(Church, 1984; Rammsayer & Ulrich, 2005)对此持不同观点, 认为标量计时模型可统一解释不同时距范围的加工。两种假说的争论持续至今, 核心分歧在于不同时距范围观察到的加工差异是否反映质的机制转换, 抑或仅是同一机制在不同参数下的连续变化(Lewis & Miall, 2003)。本文所综述的证据更支持分段性观点, 但该议题的最终解决有待未来研究进一步检验。

上述分层机制假说不仅是分段性现象的理论概括, 更是贯穿本文后续三部分分析的理论主线：注意与工作记忆的差异化参与(议题 2)可视为分层机制中“时距知觉加工层”与“时距记忆加工层”的认知基础; 情绪效应的路径变化(议题 3)可理解为不同情绪加工在不同时间窗口内对上述两层的差异化调制; 特殊群体的异常表现(议题 4)则从缺损角度反向验证各层所依赖的认知资源。

3 议题 2: 时距知觉中注意与工作记忆研究及假说

注意和工作记忆是时距知觉的两大核心认知基础。标量计时模型和注意闸门模型均将注意视为决定脉冲能否进入累加器的关键变量, 而工作记忆则负责维持时距表征以供后续比较。本节从理论模型出发, 结合行为实验和 ERP 证据, 系统阐述注意和工作记忆在时距知觉中的基础作用。

3.1 注意对时距知觉的一般性调节

注意闸门模型(Zakay & Block, 1997)在标量计时模型的基础上增设了一个“闸门”, 其打开程度取决于分配给时间信息的注意资源。注意资源越多, 闸门打开程度越大, 单位时间内通过闸门

进入累加器的脉冲越多, 知觉时距越长; 反之则越短。这一模型将注意从“开关”的简单开合状态拓展为可连续变化的调控机制。

注意对时距知觉的调节存在两种不同机制。其一为开关潜伏期机制, 认为显著刺激吸引注意导致开关更早闭合或更晚断开, 产生时距高估(Grommet et al., 2011)。Tse 等(2004)发现, 在连续呈现的视觉刺激序列中, 突然出现的奇异刺激(oddball)会被知觉为持续时间更长, 且这种效应在刺激呈现后约 100~150 ms 即已发生, 表明早期的注意捕获可以延长主观时距, 这为开关潜伏期机制提供了直接的行为证据。Schindel 等(2011)进一步发现 oddball 效应可由预测编码驱动, 注意可能通过调节预期来影响开关闭合的潜伏期。

其二为注意共享机制, 认为注意资源在计时与非计时加工之间竞争分配, 当非计时任务占用注意资源时, 脉冲丢失增多, 导致时距低估(Buhusi & Meck, 2009)。双任务范式是检验注意共享机制的重要途径。Fortin 和 Massé (2000)在一项开创性研究中将中断顶峰程序拓展到时间产生任务, 发现产生时距总长度随中断前时距的增长而延长, 表明中断预期导致注意资源在计时加工和监控中断源之间共享。Tremblay 和 Fortin (2003)采用时间辨别任务同样发现中断位置越靠后, 知觉为短时距的反应比率越高。尹华站等(2013)采用跨通道双任务范式与计时中断范式比较发现, 干扰条件下的间断效应弱于中断条件, 表明干扰是部分削弱计时而非完全中断计时。随着干扰位置越靠后, 知觉时距越短, 说明注意偏离计时加工的时间越长, 脉冲丢失越多。尹华站和黄希庭(2008)在时间复制任务中也发现中断位置越靠后复制时距越短, 支持了注意共享的解释。两种机制在不同任务条件下分别或共同发挥作用, 前者更多见于刺激本身的显著性吸引注意的情境, 后者更多见于双任务加工的情境。

注意对时距知觉的调节不仅体现在行为层面, 更有其电生理基础。标量计时模型的各阶段均有其特定的神经基础(尹华站 等, 2008), 而失匹配负波(MMN)与关联负变化(CNV)则分别与时间信息的自动加工和控制加工过程相关联(尹华站, 黄希庭, 2009)。Liu 等(2013)采用双任务范式, 通过指导语操纵注意资源在时间与音调属性间的分配比例, 同时记录 ERP 数据。行为结果验证了注意操纵的有效性——分配到时间的注意越多, 时距辨别反应时越短、正确率越高。ERP 结果发现, P2 成分和关联负变化(CNV)均受注意分配的调节——注意资源越多, CNV 波幅越高, 这一模式与 CNV 反映计时任务中注意资源分配的已有认识一致。源定位分析显示, 辅助运动区(SMA)在注意影响时距知觉中起关键作用, 该发现与 Coull 等(2004)的 fMRI 研究结果一致。CNV 的降低也为中断预期导致注意资源偏离计时加工提供了电生理证据(尹华站 等, 2009)。综合上述行为与电生理证据, 注意对时距知觉的调节具有跨时距的普遍性——无论是通过开关潜伏期机制还是注意共享机制, 注意资源的分配状态都会影响脉冲的累加数量。采用真实世界场景的研究发现, 注意对时距知觉的影响在更生态化的情境中同样显著(Tachmatzidou & Vatakis, 2023), 表明该效应并非仅局限于实验室条件, 具有一定的外部效度。

值得注意的是, 也有研究对注意闸门模型提出不同看法。van der Mijn 和 van Rijn (2021)基于真实游戏数据的分析发现, 分心导致的响应延迟主要源于分心阻止了玩家主动检查内部时钟, 而非改变了主观时间本身的速度, 据此认为注意可能不直接影响时间流逝速度, 而是影响个体是否利用时间信息来指导行为。可以理解为分心时个体对时钟的主动检查次数减少(相当于闸门有效打开频率降低), 但提示注意对时距知觉的调节可能涉及时钟监控过程, 而不仅限于经典的脉冲累加路径。van Wassenhove (2023)从神经编码角度指出, 注意可能通过影响大脑对时间信息的编码精确性来间接调节时距知觉。上述观点共同提示, 注意的作用机制可能比注意闸门模型所描述的更为复杂, 未来研究需进一步区分注意在时钟监控、信息累加及决策判断等不同环节中的具体作用。

3.2　工作记忆对时距知觉的选择性影响

工作记忆在时距知觉中的作用呈现出明显的时距依赖性。尹华站等(2011)以数字再认任务作为非时间任务, 操纵时距编码阶段的工作记忆负荷(瞬时负载), 发现 1 s、2 s 及 3 s 的平均复制时距不随记忆负荷变化, 而 4 s、5 s 及 6 s 则随记忆负荷增大显著缩短。尹华站、黄希庭等(2012)以字母再认任务得到相同结果, 工作记忆选择性地影响 2~3 s 以上的时距加工。Droit-Volet 和 Hallez (2019)的研究进一步证实了工作记忆容量(个体特质性

差异) 在较长时距加工中的关键作用——他们以5 岁、8 岁儿童及成人为被试, 采用时距二分任务(4~8 s), 同时以神经心理学测验评定工作记忆能力, 发现工作记忆能力的个体差异可以预测时距知觉的扭曲程度, 且这种预测效应主要体现在较长时距而非较短时距上。Welhaf (2024)对多个研究的再分析同样发现, 工作记忆容量的个体差异与时间准备的变异性指标显著相关, 从不同范式层面支持了上述结论。

工作记忆不仅影响时距复制的准确性, 还影响时间敏感性。尹华站等(2016)发现, 在 3 s 以上时距复制中, 高工作记忆容量组的变异系数显著小于低工作记忆容量组, 表明工作记忆容量越大的个体, 时距复制的一致性越高。尹华站、柳昀哲等(2012)采用时间泛化范式发现, CNV 波幅峰出现在标准时距附近而非探测时距结束点, 该模式与 CNV 反映基于记忆中标准时距的决策过程的解释一致, 为记忆表征在时距判断中的核心作用提供了电生理支持。

然而, 工作记忆对时距知觉的影响可能受到任务范式的调节。Baudouin 等(2006)比较了时间产生法和复制法在老年人时距加工中的差异, 发现复制法更依赖于注意监控和工作记忆, 提示不同时间任务对工作记忆的调用方式不同。Fortin 和 Couture (2002)采用 1.85~6.45 s 时距范围的研究发现所有时距均受工作记忆负荷影响, 但该研究采用听觉编码−视觉复制的跨通道转换, 可能引入额外认知负荷, 且未对时距复制任务给予反馈, 可能影响被试的任务权重分配。这一不一致提示, 工作记忆功能介入时距知觉的过渡区间可能并非固定不变, 而是随任务范式对工作记忆的调用方式发生漂移。

3.3 注意与工作记忆的时距依赖假说

综合上述来自行为实验、认知资源操纵和神经科学的多层面证据——尤其是工作记忆选择性地影响 2~3 s 以上时距加工(尹华站 等, 2011; 尹华站, 黄希庭 等, 2012; Droit-Volet & Hallez, 2019), 而 2~3 s 以下加工相对不受认知资源调节这一核心发现——提出注意与工作记忆的时距依赖假说。

既有标量计时模型与注意闸门模型虽已分别揭示注意和工作记忆参与时距加工, 但存在两个未明确的问题：其一, 注意和工作记忆在时距加工中的功能边界何在？其二, 这种边界是否随目标时距长度而变化？本假说首次将二者置于同一框架内进行比较, 明确区分了“跨时距的注意调控”与“长时距的工作记忆参与”, 并提出两者在时距加工中扮演不同但互补的角色——注意提供持续性的资源分配, 工作记忆提供特定条件下的表征维持。两者的功能边界集中在 2~3 s 附近, 这一时间节点正是知觉加工向记忆加工过渡的转折点。

该假说包含两个核心命题。第一, 注意是时距知觉的一般性认知基础。注意通过闸门机制(Zakay & Block, 1997)调控脉冲进入累加器的数量——注意资源越多, 闸门打开越大, 进入累加器的脉冲越多, 知觉时距越长(Liu et al., 2013; Macar et al., 1999)。这一效应具有跨时距的普遍性：无论是数百毫秒还是数秒的时距加工, 注意资源的分配状态都会影响脉冲的累加数量。开关潜伏机制和注意共享机制从不同路径说明了这一普遍性。

第二, 工作记忆是特定时距范围(2~3 s 以上)的特异性认知基础。它对 2~3 s 以下时距加工无显著影响, 仅当加工时距超过 2~3 s 时, 工作记忆才成为必要参与者(尹华站 等, 2011; 尹华站, 黄希庭 等, 2012)。这一时距依赖性的作用模式说明, 工作记忆并非所有时距加工的必要条件, 而是在时距加工进入需要记忆重构的范畴时才被调用。

虽然本节所综述的多数研究支持工作记忆选择性影响 2~3 s 以上时距加工, 但该结论可能受任务范式的影响。例如, 采用时间产生任务(Baudouin et al., 2006)或跨通道范式(Fortin & Couture, 2002)时, 工作记忆的参与模式可能出现差异。这表明工作记忆对时距加工的影响可能受到任务对工作记忆调用方式的调节, 未来研究需系统检验不同范式下工作记忆功能参与时距知觉的边界条件。

综上, 注意和工作记忆在时距知觉中扮演着不同但互补的角色——注意是时距知觉的基础性调控资源, 其效应覆盖从毫秒到数秒的广泛时距范围; 工作记忆是服务于较长时距的专用资源。两者的功能分工构成了时距知觉认知基础的基本架构。

4 议题 3: 情绪对时距知觉影响研究及假说

情绪对时距知觉的影响是日常生活中最直观

的时间扭曲现象之一。本章围绕情绪影响时距知觉的路径这一核心问题, 从基本情绪、情绪动机维度、自我意识情绪三个层面逐层深入, 展现情绪影响时距知觉的完整图景, 在此基础上提出整合性的理论假说。

4.1 基本情绪的时距扭曲效应

情绪对时距知觉的影响并非一个简单的是非问题, 而是取决于何种情绪以及如何测量。Cui 等(2023)的元分析整合了 31 项研究 95 个效应量, 给出了一个总体答案：情绪刺激比中性刺激的知觉时距更长, 但这一效应受到多重因素的调节。从效价维度看, 负性情绪的高估效应显著大于正性情绪——愤怒表情被判断为比中性表情持续时间更长, 而快乐表情与中性表情的差异往往不显著。从唤醒维度看, 唤醒度越高, 时距高估效应越大。从测量范式看, 时间估计法和二分法比复制法更能敏感地捕捉到情绪效应。这一模式与 Droit-Volet 和 Meck (2007)提出的理论预期一致——高唤醒加速内部时钟速率, 导致更多脉冲在单位时间内累加。研究者选择何种情绪材料和测量工具, 直接影响着能否观察到情绪性时距扭曲。

同为负性高唤醒情绪, 恐惧和愤怒的影响存在差异。Yin 等(2021)采用 ERP 技术发现, 与中性面孔相比, 愤怒和恐惧面孔均导致时距低估, 且愤怒的低估程度大于恐惧。当情绪刺激唤醒度被严格控制在中低水平时, 注意偏离机制(情绪加工占用计时资源)压倒了唤醒机制(加速内部时钟)。ERP 结果为此提供了佐证：愤怒和恐惧面孔诱发的 CNV 面积均小于中性面孔(愤怒最小、恐惧居中、中性最大), 而 CNV 通常被认为与计时任务中注意资源的分配有关(张志杰 等, 2007)。情绪面孔越是吸引注意用于情绪加工, 留给计时的注意资源就越少, 时距低估就越明显。这一发现将注意推到了解释情绪性时距扭曲的前台。Lake 等(2016)综述中系统指出, 情绪对时距知觉的影响可通过唤醒(起搏器速率)和注意(开关/闸门)两条路径实现, 而 Yin 等(2021)的研究恰恰通过控制唤醒度, 分离出了注意路径的独立贡献。

值得注意的是, 情绪的时距效应不仅受制于效价和唤醒度, 还取决于情绪刺激的生态相关性。Chen 等(2025)从生存相关性视角进行的元分析发现, 社会性刺激(如面孔表情)对时距估计的扭曲效应显著大于即时生存/繁殖刺激(如武器、食物)。尹华站等(2024)元分析发现, 对“避害”越重要的情绪, 其时距延长效应越显著。恐惧和愤怒之所以比悲伤产生更强的时距扭曲, 正是因为它们在进化意义上的“避害”权重更大。情绪扭曲时距知觉, 不是认知系统的缺陷, 而是适应性功能的体现(Droit-Volet & Gil, 2009)。Schirmer (2011)进一步指出, 不同情绪通过差异化地调动唤醒和注意系统, 在进化意义上服务于不同的适应目标——恐惧通过高唤醒加速内部时钟, 愤怒则通过注意偏向改变时距加工。

恐惧面孔的时距高估效应在 5 岁儿童中即已出现, 且不受年龄调节, 表明该效应是一种早期发展的原生现象(李丹, 尹华站, 2019); 但这种高估效应受任务难度调节——难度越高, 可用认知资源越少, 高估效应越小(李丹 等, 2021)。面部吸引力同样通过唤醒机制导致时距高估, 但男性对同性吸引力面孔的效应显著弱于女性(Tian et al., 2019), 这一性别差异模式符合进化心理学对择偶偏好性别差异的预期。

4.2 从效价−唤醒到动机维度

基本情绪研究揭示了“什么情绪影响时距知觉”, 而情绪维度研究则进一步追问“情绪的哪个属性起关键作用”。效价和唤醒虽然能够解释大量现象, 但其局限性也日益显现——同为负性情绪, 愤怒导致低估而恐惧导致高估; 同为正性情绪, 有时高估有时无差异。Gabl 等(2022)的综述指出, 单纯的效价模型无法解释情绪影响时距知觉的复杂模式, 引入动机维度是解决这一理论困境的关键。Gable 和 Harmon-Jones (2010a)提出的情绪动机维度模型为此提供了新的解释空间：动机方向和动机强度可能是比效价和唤醒更本质的调节变量。该模型的核心假设是, 高动机强度的情绪窄化认知加工, 低动机强度的情绪扩展认知加工; 这一效应不受效价调节, 在正性和负性情绪中均成立。

尹华站等(2021)通过三个实验在控制效价和唤醒度的基础上, 系统验证了这一假设。无论积极还是消极情绪, 趋近动机强度越高, 时距知觉越短; 高回避动机(厌恶)导致时距高估, 而高趋近动机(愤怒)导致时距低估。动机方向决定偏估方向, 动机强度决定偏估程度——趋近缩短时距, 回避延长时距; 强度越大, 效应越强。这一模式不

受效价调节，暗示动机维度可能比效价更为基础。Gable 和 Poole (2012)采用时间二分任务和口头估计任务，同样发现高趋近动机正性情绪(渴望美食)比低趋近动机正性情绪(愉悦风景)产生更短的时距知觉。Gable 等(2016)进一步在负性情绪中验证了这一模式——愤怒(高趋近) 比悲伤(低趋近)产生更短的时距知觉，而厌恶(回避)导致时距高估。

关于动机维度通过什么机制影响时距知觉，尹华站、张丽、刘鹏玉和李丹(2023)的中介分析表明，注意控制和注意解除在动机方向影响时距知觉中起链式中介作用。趋近动机抑制注意控制且引发注意解除困难，导致时距低估；回避动机则相反。这一机制在 700 ms、1700 ms 和 2700 ms 三个时距上均成立，表现出跨时距的稳定性。Zhang 等(2024)进一步采用五种时间任务考察回避型动机强度，发现高回避动机在二分法、口头估计和复制法中均导致时距高估，但在泛化法和产生法中无显著差异——说明动机效应主要作用于注意过程而非记忆过程，因为泛化法涉及更高的记忆负荷，产生法则更多反映内部时钟速度。Gable 和 Harmon-Jones (2010b)在其实证研究中进一步发现，高动机强度情绪窄化注意焦点，而低动机强度情绪扩展注意焦点；尹华站、张丽、刘鹏玉和李丹(2023)将这一逻辑延伸至时间领域，发现动机方向通过注意系统的中介作用影响时距知觉，是对该模型的重要拓展。

4.3 从基本情绪到自我意识情绪

基本情绪的研究揭示了恐惧、愤怒、厌恶等情绪的时距效应，但人类情绪谱系中还有一类更为复杂的自我意识情绪——羞耻、自豪、尴尬、内疚。这些情绪涉及自我评价和社会比较，其认知加工的复杂度远高于基本情绪，对时距知觉的影响也可能呈现出不同的模式。Tracy 和 Robins (2004)提出的自我意识情绪理论模型指出，自我意识情绪的形成涉及认知评价、自我表征激活以及社会目标一致性判断等多个阶段，这一复杂加工过程可能对认知资源(尤其是注意和工作记忆)有更高需求，从而影响时距知觉。

研究这一问题的首要障碍是缺乏标准化的情绪诱发材料。尹华站等(2025)通过结构化访谈、情境故事编制和标准化拍摄，初步建立了自我意识情绪非言语行为表达图片系统，共确定 389 张标准化图片(羞耻 124 张、自豪 107 张、尴尬 122 张、中性 36 张)。该图片系统不仅弥补了国内在该领域的空白，还发现了新的非言语行为表达模式(如羞耻的手扯衣角、尴尬的单手挠头)，为后续研究提供了可靠的工具。

采用该图片系统，尹华站等(2025)发现羞耻和自豪均导致时距低估，尴尬无显著影响。Gil 和 Droit-Volet (2011)采用蒙特利尔情绪面部表情系统中的羞耻面孔，考察了 5 岁、8 岁儿童及成年人的羞耻时距知觉，发现 8 岁及以上能识别羞耻表情的被试表现出对羞耻面孔的时距低估。Mioni 等(2016)在帕金森患者中同样发现羞耻面孔导致时距低估，提示这一效应具有跨群体的稳定性。

尹华站等(2026)进一步揭示了两条不同路径：羞耻通过唤醒和注意网络的间接效应导致低估，其中注意网络间接效应占 54%，压制了唤醒效应(46%)；自豪除了间接效应外，还存在直接影响。两者的核心差异在于：羞耻的影响几乎完全通过认知资源的消耗(注意网络)来实现，而自豪则同时通过唤醒加速和直接路径发挥作用。这一发现揭示了自我意识情绪影响时距知觉的双重机制，也为理解同为自我意识情绪却具有不同影响路径提供了实证依据。

4.4 情绪刺激时距知觉分段综合假说

上述发现可以整合为一个统一理论框架。尹华站、张丽和李丹(2023)从情绪产生的两种哲学立场——离身观与具身观——出发，为此提供了一个整合性的分析思路。离身观把情绪理解为对刺激维度的加工，在这一立场下，情绪对时距知觉的调节可以通过三种机制加以解释：唤醒机制(Gibbon et al., 1984)，注意机制(Buhusi & Meck, 2009)，以及工作记忆衰减机制(Wearden et al., 2002)。具身观则强调身体在情绪体验中的参与，将解释重心放在了另一类路径上：具身化过程可以调节内部时钟的速率(Effron et al., 2006)，改变内感受性强度(Craig, 2009)，或影响神经能量的整体水平(Eagleman & Pariyadath, 2009)。贾丽娜等(2015)从具身化视角对情绪性时间知觉做了系统综述，指出面部表情、身体姿势等身体状态的模拟能够调节时间感知，为具身观路径提供了理论支撑。值得强调的是，这两种视角并非互斥，而是分别对应着不同的刺激类型和加工阶段——离身观在解释静态情绪刺激(如面孔图片)的时距效

应时更具解释力, 而具身观更适合处理动态情绪刺激(如身体姿势)所产生的时间扭曲。二者共同指向了一个核心结论：唤醒和注意是情绪影响时距知觉的两条基本通路, 但它们的相对权重随情绪类型、时距长度和任务范式而变化。

基于已有理论解释和实证证据, 尤其是基本情绪的元分析效应模式(Cui et al., 2023; 尹华站等, 2024)、动机维度的中介路径(尹华站, 张丽, 刘鹏玉, 李丹, 2023) 以及自我意识情绪的双重路径(尹华站 等, 2026), 提出情绪刺激时距知觉分段综合假说。该假说主张, 情绪刺激对时距知觉的影响不应简单概括为“延长”或“缩短”, 其效应方向和大小取决于所判断的目标时距处于哪个分段范围。具体而言, 在较短的时距范围(大致对应于分段框架中的知觉加工层), 刺激的突显性所驱动的注意捕获是主导机制; 在中等时距范围(大致对应于知觉加工层向认知加工层的过渡区间), 唤醒驱动的内部时钟加速逐渐成为主导机制; 在较长的时距范围(大致对应于认知加工层), 唤醒水平已趋于基线, 认知加工(记忆、决策等) 的影响开始主导时距判断。换言之, 该假说所讨论的是不同目标时距条件下情绪效应的主导机制差异, 而非情绪加工本身的时间进程。与既有情绪时间知觉理论“唤醒和注意是情绪影响时距知觉的两条基本路径” (Droit-Volet & Meck, 2007; Lake et al., 2016) 相比, 本假说的增量在于首次将情绪效应的路径差异与分段性框架的三个时间窗口进行系统对接, 明确了何时哪条路径主导——而非简单判定情绪延长或缩短时距。既有模型通常笼统地说“唤醒加速内部时钟”或“注意占用计时资源”, 却未说明这两种机制在时间进程上如何分工、如何衔接。本假说填补了这一空白。

这一假说的核心贡献在于：首先, 将情绪效应的时间动态与分段性理论进行整合, 明确了不同时间区段的主导机制各不相同, 解释了为何同一情绪有时导致高估、有时导致低估; 其次, 将离身观所强调的唤醒/注意路径与具身观所强调的身体状态模拟路径纳入同一个框架, 并给出了各自发挥主要作用的时间区间; 第三, 它还为理解情绪动机维度的时距效应提供了一个时间维度的解释方向——动机方向(趋近 vs.回避)可能主要在早期的注意捕获阶段发挥作用, 而动机强度的影响则更可能通过唤醒路径在稍后的阶段体现。总体而言, 从基本情绪到动机维度再到自我意识情绪, 从离身机制到具身机制, 该领域的研究重心正在从情绪“是否影响”时距知觉逐步转向“如何影响”以及“何时影响”的更深层次。需要指出的是, 情绪对时距知觉的影响方向和大小受情绪类型、维度属性、实验范式及刺激材料的多重调节(Cui et al., 2023), 本文所提出的分段综合假说旨在提供一个整合上述复杂效应的时间窗口解释框架, 其具体预测仍需更多采用标准化情绪材料和统一实验范式的实证研究加以检验。此外, 本假说所依据的情绪证据部分来自对情绪性刺激(如面孔表情图片)的时距加工, 涉及基本情绪与自我意识情绪的非言语表达刺激, 均属对他人情绪表达的知觉范畴, 不等同于个体自身处于相应情绪状态时的时间感知。尤其是自我意识情绪部分, 其核心特征涉及自我卷入与社会评价, 采用他人表达图片进行研究时, 更应谨慎对待其结论向自身情绪体验的推广。

5　议题 4: 特殊群体的时距知觉研究及假说

临床与特殊群体的时距知觉研究, 为理解时距知觉的认知机制提供了独特的“自然实验”视角。本章节依据时距知觉异常的核心认知路径进行归类, 揭示不同群体时距知觉偏离的共同规律与特异性机制, 并在此基础上提出整合性的理论假说。

5.1　认知资源缺损与时距扭曲

抑郁倾向个体的时距知觉异常是临床时间认知研究中最受关注的议题之一。朱娉婷等(2024)对抑郁倾向个体采用时间复制任务发现, 抑郁倾向组在短时距上复制时距显著长于正常组, 而在长时距上复制时距显著短于正常组, 表现出更为明显的“趋中效应”——高估短时距、低估长时距的趋势增强。同时, 抑郁倾向组在所有五个时距上的变异系数均显著大于正常组。中介分析显示, 2-back 任务的正确率在组别与 1700 ms 及以上时距的复制变异系数之间起中介作用, 而注意网络各成分无显著中介效应。这表明抑郁倾向个体时距知觉变异性的增大与其工作记忆功能(特别是工作记忆内容的更新与监控能力) 的受损存在关联。Thönes 和 Oberfeld (2017)对精神分裂症患者时间知觉的元分析同样发现, 时距知觉的精确性(变

异性)受损比准确性(偏差方向)更为普遍和核心。

Liu, Yin 等(2024)以符合 DSM-5 诊断标准的酒精使用障碍(alcohol use disorder, AUD)住院个体为被试, 发现AUD个体低估时距且时间敏感性降低。多重中介分析显示, 仅工作记忆功能在AUD影响时距知觉中起中介作用, 注意网络虽有损伤但不显著。这一发现与抑郁倾向群体的研究形成呼应——工作记忆同样是 AUD 个体时距知觉异常的核心中介变量。Liu, Lu 等(2024)采用安慰剂对照设计发现, 酒精组比安慰剂组表现出时距高估。中介分析揭示了一个拮抗模式：酒精摄入提高了唤醒度 (加速内部时钟, 导致高估), 同时损害了工作记忆功能(导致脉冲存储减少, 倾向于低估)。唤醒度起中介作用, 而工作记忆功能起遮掩作用——最终的高估效应是两者拮抗的结果。这一发现为理解急性饮酒有时导致高估、有时导致低估的争议提供了解释框架。Mioni 等(2022)采用时间二分任务考察可卡因依赖患者的时间知觉, 同样发现其时间敏感度下降, 且与工作记忆功能缺损显著相关, 进一步支持了“物质使用障碍群体的时距知觉异常以工作记忆为中心”的模式。

上述群体的共同规律是：在时距任务中的变异系数均显著增大, 且损害主要集中在 2~3 s 以上的长时距加工, 较短的时距则未受同等程度的影响。这一表现可以从标量计时模型的框架中得到解释——工作记忆承担着维持当前时距表征的功能, 其稳定性一旦下降, 脉冲表征在存储阶段就会出现波动, 进而反映为行为层面的变异性增大和长时距加工的选择性受损。该发现的意义在于, 抑郁与 AUD 分属不同的诊断类别, 病理背景和临床表现差异显著, 但它们对时距知觉的影响却有着相同的认知表现, 这为工作记忆作为跨诊断认知靶点的可能性提供了间接的证据支持。

5.2 感知觉时间编码缺陷

发展性阅读障碍(developmental dyslexia, DD)儿童的时间加工缺陷是否具有跨通道普遍性, 是时间领域关注问题之一。尹华站等(2022)采用时距二分任务比较了DD儿童与两个匹配对照组在视、听通道时距加工上的表现。结果发现, DD 组在两个通道上的差别阈限均显著高于匹配组, 但三组在主观相等点上并无差异——表明 DD 儿童的时距辨别精度确实受到了损害, 但并没有出现系统性偏移。进一步的相关分析显示, 差别阈限与阅读流畅性、语音意识及言语工作记忆均呈显著负相关, 但与言语短时记忆无关。这一结果支持了Goswami (2011)的时间采样框架理论：DD 儿童的神经振荡与外界刺激的相位锁定能力不足, 干扰了对持续时间信息的精确编码, 且该缺陷具有跨通道普遍性。Santoni 等(2025)的脑电研究在神经振荡层面直接验证了这一理论预测, 为阅读障碍的时间编码缺陷假说提供了电生理证据。Lorusso 等(2006)从另一角度提供了佐证, 他们发现阅读障碍儿童在处理视觉半球特异性刺激时的表现显著劣于正常对照组, 指向视觉时间加工层面同样存在缺损。Casini 等(2018)则采用听觉时间辨别任务得出了类似结论, DD 儿童在区分接近阈限的时距差异时明显逊于正常对照组, 且这种缺损与语音意识的个体差异存在高度关联。Meilleur 等(2020)的元分析进一步确认了这一模式的稳健性, 该研究指出发展性阅读障碍在听觉、视觉乃至触觉的单感觉时间加工上均表现出显著缺损, 为时间加工缺陷的跨通道普遍性观点提供了来自元分析的量化支持。

张锋等(2022)采用时距二分任务结合 ERP 技术, 考察了聋生在 1 s 以下和 1 s 以上两个范围的视时距加工。结果发现, 1 s 以下聋生时距判断准确性低于普通学生; 1 s 以上聋生时距判断准确性反而高于普通学生。ERP 结果显示, 1 s 以下聋生 CNV 与 LPCt 成分显著异于普通学生, 1 s 以上两组无显著差异。Bolognini 等(2012)采用触觉时间辨别任务同样发现, 聋生在触觉时距辨别上优于正常人, 但在听觉剥夺早期则表现出时间加工缺陷, 支持了感觉补偿的时距依赖性。Iversen 等(2015)的研究也发现聋生在视觉节奏同步任务中表现优于健听人。这表明听觉丧失损伤了聋生 1 s 以下的时距记忆与决策过程(支持普遍缺陷假设), 但未显著影响 1 s 以上时距加工——感觉补偿机制的作用具有时距依赖性, 仅在1 s以上的认知控制计时系统中显现。

上述群体的共同规律是：感知觉层面的时间编码缺陷导致时距辨别精确度下降, 但这种缺陷在不同时距范围的表现不同——在依赖自动加工的短时距范围(1 s 以下)表现更为突出, 而在认知控制系统介入的长时距范围, 感觉补偿或其他机制可能部分弥补缺损。这与 Lewis 和 Miall (2003)提出的“1 s 以下自动计时系统 vs. 1 s 以上认知控

制计时系统”的双系统观点高度吻合。

5.3 状态因素对时距知觉的动态调节

与上述认知功能存在稳定个体差异或感知觉系统存在固定缺损群体不同, 状态焦虑 (区别于特质焦虑)和疼痛作为状态因素, 其对时距知觉的影响随刺激强度变化而动态改变, 核心机制在于唤醒与注意的动态拮抗。

赵春妮等(2023)采用电击威胁范式考察状态焦虑对时距知觉的影响, 发现焦虑的影响受时距长度调节——在 600~1000 ms 范围内威胁条件导致时距低估, 在 1200~1400 ms 范围内则表现为时距高估。这一模式可用唤醒与注意的拮抗解释: 焦虑既提高唤醒度(倾向于高估), 又占用注意资源(倾向于低估), 不同时距长度下两种机制的相对权重不同。Sarigiannidis 等(2020)采用类似范式发现, 不可预期电击威胁诱发的状态焦虑导致时距低估, 并将其归因于焦虑耗散了计时任务的注意资源。Ogden 等(2019)发现, 热疼痛刺激下的时距估计受交感神经唤醒调节——高唤醒条件下时距延长, 低唤醒条件下时距缩短, 直接验证了唤醒与注意拮抗的观点。Mella 等(2011)结合生理指标发现, 情绪调节策略改变唤醒水平进而影响时距知觉, 为唤醒路径提供了生理层面的证据。

尹华站和肖春花(2025)从双向关系视角梳理了时距认知与疼痛的相互作用, 发现疼痛影响时距认知的方向报告了高估、低估和无影响三种结果, 可用注意闸门理论加以整合: 疼痛强度较高时唤醒机制占主导导致高估; 强度较低但足以吸引注意时注意偏离机制占主导导致低估; 持续存在且个体适应后两种效应可能相互抵消。Torta 等(2017)的综述同样指出, 疼痛对时距知觉的影响取决于任务需求——当时间任务是主要任务时疼痛导致高估, 当时间任务是次要任务时疼痛导致低估, 与注意闸门模型的预测一致。

上述群体的核心规律是: 状态因素(状态焦虑、疼痛)不改变稳定的认知结构, 而是通过动态调节唤醒与注意的相对权重来影响时距知觉。这种调节的方向和幅度受刺激强度(疼痛强度、威胁概率)和时距长度的双重影响。

5.4 特殊群体时距知觉异常的认知路径双模型

既往研究多聚焦于单个临床群体或单一实验范式, 尚未对跨群体的时距知觉异常进行系统归类。不同群体之间是否存在共性的认知路径, 以及这些路径与分段性理论所描述的不同时间窗口之间是否存在对应关系, 均缺乏明确的回答。综合上述三类群体的研究证据, 本章提出特殊群体时距知觉异常的认知路径双模型。该模型将看似分散的异常现象归约为两条核心认知路径——认知资源缺损路径与感知觉编码缺损路径——并揭示其共同的时距依赖性规律, 从而为理解不同群体看似迥异的时距表现提供一个统一的解释框架。需要说明的是, 该模型是对本研究所考察的特定群体的理论概括, 其在更广泛临床群体中的适用性尚需进一步检验。

路径一为认知资源缺损路径——以工作记忆为核心中介变量。抑郁倾向个体和酒精使用障碍个体的时距知觉异常主要表现为长时距加工的精确性下降(变异系数增大), 其核心机制在于工作记忆功能的稳定缺损, 表现为时距表征的维持不稳。这一路径的效应模式是: 短时距相对完好(因不依赖工作记忆), 长时距显著受损。路径一的典型特征为效应具有时距依赖 (2~3 s 以上)。

路径二为感知觉编码缺损路径——以基本感知觉层面的时间分辨率下降为核心。发展性阅读障碍儿童和聋生的时距知觉异常主要表现为时距辨别精确度下降(差别阈限增大), 其核心机制在于神经振荡与外界刺激的相位锁定能力不足(阅读障碍)或特定感觉通道输入缺失(聋生), 表现为对持续时间信息的编码精度不足。这一路径的效应模式是: 自动加工时距(1 s 以下) 受损明显, 认知控制时距(1 s 以上) 可能通过感觉补偿或其他策略部分代偿。路径二的典型特征为效应具有时距依赖性(1 s 以下)。

值得注意的是, 两条路径在 1~3 s 的过渡区间可能存在效应重叠。尹华站(2013)综述中指出 40 ms 至 3 s 之间, 自动化加工逐渐减弱、控制性加工逐渐增强, 这暗示两类加工在这一区间内可能共存并相互影响。上述双模型适用于认知结构或感知觉系统存在相对稳定缺损的群体(如抑郁倾向、酒精使用障碍、发展性阅读障碍、聋生)。与此不同, 状态因素(状态焦虑、疼痛)不改变稳定的认知结构, 而是通过唤醒与注意的动态拮抗产生时距知觉的临时性偏离, 其效应方向和幅度取决于刺激强度与时距长度的交互作用。两者分属不同的解释层面——双模型解释的是稳定缺损群

体的时距知觉异常模式，状态因素解释的是临时偏离的产生条件——因此状态因素不构成模型的“第三条路径”，而是与模型并行讨论的另一类调节机制。

该模型的理论贡献在于：第一，将看似分散的各类特殊群体时距知觉异常归约为两条核心认知路径，揭示了跨诊断/跨群体的共性机制；第二，两条路径均表现出时距依赖性——路径一选择性影响 2~3 s 以上(工作记忆参与的长时距)，路径二选择性影响 1 s 以下(自动加工的短时距)——这一模式反向印证了分段性理论的预测，即不同时距范围依赖不同的认知与感知觉资源；第三，将状态因素(状态焦虑、疼痛) 与稳定认知结构缺损(抑郁/AUD、阅读障碍/聋生)进行明确区分，有助于理解不同类型时距知觉异常的动态与静态特征。需要指出的是，上述结论主要基于组间比较和中介分析，能够说明认知功能异常与时距知觉变异之间的关联，但尚不足以确立因果关系。未来研究需借助实验操纵(如经颅电刺激、工作记忆训练)或纵向追踪设计，进一步检验工作记忆缺损与时距知觉异常之间的因果方向。

6 进一步的思考

6.1 核心发现与理论贡献

前文各章节分别从理论基础、认知基础、情绪影响和特殊群体特征四个议题，回顾了时距知觉领域的主要实证发现与理论进展。将这些内容整合起来看，一个共同的指向逐渐清晰：时距知觉并不构成一个均匀、单一的加工系统，其运作方式会随着所处理的时间尺度的不同而发生系统性的分化。

在理论层面，综合行为实验与 ERP 研究的发现，时距知觉在时间维度上并非连续均质，而是在300~500 ms和2~3 s两处附近呈现出可重复的可能分界范围。前一分界范围大致对应着自动化加工向控制加工的过渡区间(尹华站 等, 2017)，后一分界范围则更具认知层面的转折意义——2~3 s 以上时距的加工显著受到工作记忆及通道特征的调制，而在此节点以下，这类认知因素的影响则十分有限(尹华站 等, 2011, 2016; 尹华站, 黄希庭等, 2012; 尹华站, 柳昀哲 等, 2012)。据此可以勾勒出一个三分层次的基本轮廓：约 300~500 ms 以内主要依赖相对自动化的感觉加工；300~500 ms 到 2~3 s 之间属于知觉加工层面，容易受到注意资源的调节；而超过 2~3 s 之后，时距加工则越来越依赖于工作记忆的参与。三个层次在认知资源的调用上并非量的差异，而是质的不同——越往后，意识的主动参与和记忆负荷就越重。在这一框架下，注意与工作记忆的功能边界逐步清晰起来。注意通过闸门机制对时间脉冲的累加实施持续性调控，其影响力几乎覆盖从毫秒到数秒的整个时距区间(Liu et al., 2013; 尹华站, 柳昀哲 等, 2012)；工作记忆则表现出明显的时距选择性，主要集中在 2~3 s 以上的时距范围，对更短时距的影响极其有限(尹华站 等, 2011; 尹华站, 黄希庭等, 2012)。这种功能分化提示，时距知觉的认知架构更可能是一种通用调控资源与特定范围专用资源协同运作的复合体，而非由某一套单一的计时机制独立支撑。

情绪对时距知觉的调节同样可以纳入这一分段框架加以理解。元分析表明基本情绪总体上延长主观时距，但效价、唤醒度、刺激类型及测量范式均为显著调节因素(Cui et al., 2023; 尹华站等, 2024)。进一步看，情绪效应在不同时间窗口中的主导路径可能有所不同——在早期知觉加工阶段，刺激的突显性通过注意捕获延长主观时距；在知觉加工层向记忆加工层过渡的阶段，唤醒驱动的内部时钟加速成为主导机制；进入记忆加工层后，认知加工(如记忆编码与决策)对时距判断的影响逐渐上升。这一构想将情绪效应的路径差异与分段性框架的三个层次进行了对接，为整合情绪领域看似纷乱的实验结果提供了统一的理论坐标。与此相应，情绪动机维度(趋近/回避；尹华站 等, 2021; 尹华站, 张丽, 刘鹏玉, 李丹, 2023)和自我意识情绪(羞耻/自豪；尹华站 等, 2026)的差异化效应，也可视为在不同分段层次上注意与唤醒权重不同所致。

特殊群体研究从异常角度为上述框架提供了反向验证。以工作记忆受损为核心的认知资源缺损路径——在抑郁倾向与酒精使用障碍群体中表现为长时距加工精确性的选择性下降(朱娉婷 等, 2024; Liu, Yin, et al., 2024)——恰好对应分段框架中 2~3 s 以上依赖工作记忆的记忆加工层，其缺损效应集中在此层次而非更短时距，反向印证了该层次的资源特异性。以基本时间分辨率下降为核心的感知觉编码缺损路径——在发展性阅读障

碍与聋生群体中表现为短时距辨别精确度受损(张锋 等, 2022)——则对应分段框架中偏向自动化加工的知觉加工层及以下, 其效应随加工层次上升 (进入认知控制范围) 而减弱甚至出现代偿, 同样反向支持了该层次的自动加工属性。状态因素 (焦虑、疼痛) 则构成一种跨层次的动态调节模式, 其效应方向取决于唤醒与注意在不同分段层次上的相对权重(尹华站, 肖春花, 2025; 赵春妮 等, 2023)。

上述工作对时距知觉领域的理论推进主要体现在以下几个层面。分段性加工思路在经典标量计时模型的基础上, 进一步明确了认知资源参与的时间边界, 将“不同时距由不同机制加工”这一主张具体化为可检验的分段层次。注意与工作记忆功能分工的揭示, 突破了以往将二者混同为“认知资源总量”的处理方式, 为解释不同时距范围下实验效应的差异来源提供了更精确的工具。情绪效应的分段对接与特殊群体异常的双路径归类, 则分别从常态调节与异常缺损两个方向, 共同验证了分段性框架的核心预测——不同时间窗口依赖不同的认知与感知觉资源, 且这一资源依赖模式具有跨领域的一致性。当然, 上述推进仍属阶段性认识, 分段边界在不同任务条件下的稳定性、情绪效应时间窗口的精确定位、以及多路径异常之间的交互关系, 均有待进一步研究加以澄清。

6.2　未来研究方向

基于上述回顾与总结, 时距知觉研究在未来可从以下几个方面进一步深化。

首先是机制层面的时间动态性问题。目前绝大多数研究报告的是某种实验条件下的总体效应, 但效应本身在刺激呈现后的毫秒级时间进程中究竟如何发生、演变和消退, 回答尚不充分。举例而言, 情绪刺激呈现后, 注意捕获与唤醒加速在数十至数百毫秒内如何此消彼长? 动机方向的影响是早期即已确定, 还是存在一定的延迟启动? 在分段临界点附近, 加工机制是骤然切换还是平滑过渡? 借助 ERP 技术的高时间分辨率优势, 配合精细的时间进程分析, 有望为上述问题提供更清晰的答案。

其次是分段性理论的时间尺度拓展问题。现有证据主要集中于数秒以内的范围, 更长时间尺度(如分钟、小时级别)的时距认知特征及其与秒级加工之间的关系, 目前尚处于理论推测阶段。与此同时, 更短时间范围内(如 1/3 s、1/2 s 附近)是否存在分界点及其认知含义, 也需要更多实证研究加以检验。未来若能将分段性视角推向更宽广的时间维度, 并考察不同尺度分段之间的衔接与转换规则, 将有助于构建一个解释力更强的统一性时间认知框架。

最后, 从转化和应用的角度来看, 干预与临床实践方面尚有广阔空间。tDCS、TMS 等非侵入性脑刺激技术已被初步证实具备调节时距知觉的潜力(成梅 等, 2018; Yin etal., 2019)。未来研究有必要在参数精细化的基础上, 尝试将时距知觉训练与神经调控结合起来, 探索综合性的干预方案。此外, 由于时距知觉指标对工作记忆和注意状态的变化较为敏感, 它作为临床筛查和疗效评估的行为指标值得进一步探索。但需要先建立指标的重测信度、个体区分能力及相对于现有认知评估工具的增量效度, 方能考虑其实际应用。不仅如此, 将测量手段从实验室推向更具生态效度的日常场景, 辅以可穿戴设备或移动端测试, 是提升该领域研究成果外部效度的重要方向。

综上所述, 时距知觉研究已从早期描述性观察发展为系统的理论建构与机制探讨。分段性理论、注意闸门模型、情绪动机模型等理论工具的完善, 以及 ERP、tDCS、中介分析等方法手段的丰富, 共同推动着该领域向更深层次迈进。从“是否影响”到“如何影响”再到“何时影响”, 时距知觉的研究正在逐步揭示人类时间认知的基本规律。

参考文献

成梅, 杨燕, 尹华站. (2018). 经颅直流电刺激在注意缺陷多动障碍治疗中的应用. *心理科学进展, 26*(4), 657−666.

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(人文社会科学版), 29*(2), 5−9.

贾丽娜, 王丽丽, 臧学莲, 冯文锋, 张志杰. (2015). 情绪性时间知觉：具身化视角. *心理科学进展, 23*(8), 1331−1339.

李丹, 刘思格, 白幼玲, 崔晓冰, 史焱, 尹华站. (2021). 恐惧面孔影响不同年龄个体时距知觉：任务难度的调节作用. *中国临床心理学杂志, 29*(6), 1119−1126.

李丹, 尹华站. (2019). 恐惧情绪面孔影响不同年龄个体时距知觉的研究. *心理科学, 42*(5), 1061−1068.

尹华站. (2013). 时间加工分段性研究述评. *心理科学, 36*(3), 743−747.

尹华站, 白幼玲, 刘思格, 李丹. (2021). 情绪动机方向和

强度对时距知觉的影响. *心理科学, 44*(6), 1313−1321.
尹华站, 崔晓冰, 白幼玲, 曹格格, 邓靖歆, 李丹. (2020). 时间信息加工与信息加工时间特性双视角下的重要时间参数及其证据. *心理科学进展, 28*(11), 1853−1864.
尹华站, 黄希庭. (2008). 时间复制任务中的计时中断效应. *心理与行为研究, 6*(3), 161−165.
尹华站, 黄希庭. (2009). 时间信息自动加工与控制加工的电生理学指标. *心理科学进展, 17*(4), 678−682.
尹华站, 黄希庭, 李丹. (2009). 期望中断效应的注意共享解释——来自 ERP 的证据. *心理学探新, 29*(6), 67−71.
尹华站, 黄希庭, 李丹, 苏琴, 李波. (2012). 时距加工的记忆负荷效应. *心理与行为研究, 10*(1), 7−11.
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.
尹华站, 李丹, 陈盈羽, 黄希庭. (2016). 1~6 秒时距认知分段性特征. *心理学报, 48*(9), 1119−1129.
尹华站, 李丹, 陈盈羽, 黄希庭. (2017). 1s 范围视听时距认知的分段性研究. *心理科学, 40*(2), 321−328.
尹华站, 李丹, 黄希庭. (2011). 工作记忆影响时距加工的初步研究. *心理学探新, 31*(4), 308−313.
尹华站, 李丹, 袁祥勇, 黄希庭. (2013). 跨通道情境下双任务范式与计时中断范式中的效应比较. *心理学报, 45*(8), 860−873.
尹华站, 李祚山, 李丹, 黄希庭. (2010). 时距加工“长度效应”研究述评. *心理科学进展, 18*(6), 887−891.
尹华站, 刘鹏玉, 张丽. (2025). 自我意识情绪非言语行为表达图片系统的初步编制和评定及其在研究中的运用. *心理学报, 57*(10), 1745−1761.
尹华站, 刘书瑜, 黎钰林, 陆叶, 刘晓艺, 刘云鹏, 李丹. (2022). 汉语发展性阅读障碍儿童的视听时距加工缺陷：基于时距二分任务的证据. *中国临床心理学杂志, 30*(4), 979−984+939.
尹华站, 柳昀哲, 李丹, 李波. (2012). 1 秒以上时距判断的 ERP 研究. *心理学探新, 32*(2), 122−128.
尹华站, 吴德华, 贺荣华. (2026). 自我意识情绪影响时距知觉的潜在机制：唤醒度和注意网络的中介作用. *心理学报, 58*(8), 1459−1475.
尹华站, 肖春花. (2025). 时距认知与疼痛的双向关系及其思考. *心理科学进展, 33*(6), 1047−1056.
尹华站, 肖春花, 夏安妮, 袁中静, 崔晓冰, 李丹. (2024). 基本情绪对时距知觉的影响：来自三水平元分析和网络元分析的证据. *心理学报, 56*(12), 1676−1690.
尹华站, 张丽, 李丹. (2023). 基于情绪产生离身观和具身观的时距知觉情绪效应. *心理科学, 46*(2), 491−499.
尹华站, 张丽, 刘鹏玉, 李丹. (2023). 负性情绪的动机维度对时距知觉的影响：注意控制和注意偏向的中介作用. *心理学报, 55*(12), 1917−1931.
张锋, 尹华站, 靳凯歌, 臧鑫磊, 朱芷毅, 赵俊峰. (2022). 聋生 1 秒以下与以上的视时距知觉研究. *心理发展与教育, 38*(4), 457−466.
张志杰, 尹华站, 黄希庭. (2007). 时间知觉和关联负变化. *心理科学进展, 15*(2), 308−312.
赵春妮, 白幼玲, 李丹, 刘淳, 尹华站. (2023). 电击威胁对时距知觉的影响——基于时距泛化任务的证据. *中国临床心理学杂志, 31*(4), 785−791.
朱娉婷, 史焱, 尹华站. (2024). 抑郁症患者时距复制任务中的表现及其认知机制. *中国临床心理学杂志, 32*(3), 499−504+510.
Akyürek, E. G. (2025). Temporal integration as an adaptive process in visual perception, attention, and working memory. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, *170*, 106041.
Baudouin, A., Vanneste, S., Isingrini, M., & Pouthas, V. (2006). Differential involvement of internal clock and working memory in the production and reproduction of duration: A study on older adults. *Acta Psychologica*, *121*(3), 285−296.
Bolognini, N., Cecchetto, C., Geraci, C., Maravita, A., Pascual-Leone, A., & Papagno, C. (2012). Hearing shapes our perception of time: Temporal discrimination of tactile stimuli in deaf people. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *24*(2), 276−286.
Buhusi, C. V., & Meck, W. H. (2005). What makes us tick? Functional and neural mechanisms of interval timing. *Nature Reviews Neuroscience*, *6*(10), 755−765.
Buhusi, C. V., & Meck, W. H. (2009). Relative time sharing: New findings and an extension of the resource allocation model of temporal processing. *Philosophical transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences*, *364*(1525), 1875−1885.
Casini, L., Pech-Georgel, C., & Ziegler, J. C. (2018). It's about time: Revisiting temporal processing deficits in dyslexia. *Developmental Science, 21*(2), e12530.
Chen, Y., Li, D., Liu, Y., & Yin, H. (2025). Beyond arousal and valence: A meta-analysis on the effect of survival relevance on duration estimation. *Personality and Individual Differences*, *247*, 113455.
Church, R. M. (1984). Properties of the internal clock. *Annals of the New York Academy of Sciences*, *423*, 566−582.
Coull, J. T., Vidal, F., Nazarian, B., & Macar, F. (2004). Functional anatomy of the attentional modulation of time estimation. *Science*, *303*(5663), 1506−1508.
Craig, A. D. (2009). How do you feel—now? The anterior insula and human awareness. *Nature Reviews Neuroscience*, *10*(1), 59−70.
Cui, X., Tian, Y., Zhang, L., Chen, Y., Bai, Y., Li, D., Liu, J., Gable, P., & Yin, H. (2023). The role of valence, arousal, stimulus type, and temporal paradigm in the effect of emotion on time perception: A meta-analysis. *Psychonomic Bulletin & Review*, *30*(1), 1−21.
Droit-Volet, S., & Gil, S. (2009). The time-emotion paradox. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences*, *364*(1525), 1943−1953.
Droit-Volet, S., & Hallez, Q. (2019). Differences in modal distortion in time perception due to working memory capacity: A response with a developmental study in children and adults. *Psychological Research*, *83*(7), 1496−1505.
Droit-Volet, S., & Meck, W. H. (2007). How emotions colour

our perception of time. *Trends in cognitive sciences*, *11*(12), 504−513.

Eagleman, D. M., & Pariyadath, V. (2009). Is subjective duration a signature of coding efficiency?. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences*, *364*(1525), 1841−1851.

Effron, D. A., Niedenthal, P. M., Gil, S., & Droit-Volet, S. (2006). Embodied temporal perception of emotion. *Emotion*, *6*(1), 1−9.

Elbert, T., Ulrich, R., Rockstroh, B., & Lutzenberger, W. (1991). The processing of temporal intervals reflected by CNV-like brain potentials. *Psychophysiology*, *28*(6), 648−655.

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.

Fortin, C., & Massé, N. (2000). Expecting a break in time estimation: Attentional time-sharing without concurrent processing. *Journal of experimental psychology: Human Perception and Performance*, *26*(6), 1788−1796.

Fraisse, P. (1984). Perception and estimation of time. *Annual Review of Psychology*, *35*, 1−36.

Gable, P. A., & Harmon-Jones, E. (2010a). The motivational dimensional model of affect: Implications for breadth of attention, memory, and cognitive categorisation. *Cognition & Emotion, 24*(2), 322−337.

Gable, P., & Harmon-Jones, E. (2010b). The blues broaden, but the nasty narrows: Attentional consequences of negative affects low and high in motivational intensity. *Psychological Science*, *21*(2), 211−215.

Gable, P. A., Neal, L. B., & Poole, B. D. (2016). Sadness speeds and disgust drags: Influence of motivational direction on time perception in negative affect. *Motivation Science, 2*(4), 238−255.

Gable, P. A., & Poole, B. D. (2012). Time flies when you're having approach-motivated fun: Effects of motivational intensity on time perception. *Psychological Science*, *23*(8), 879−886.

Gable, P. A., Wilhelm, A. L., & Poole, B. D. (2022). How does emotion influence time perception? A review of evidence linking emotional motivation and time processing. *Frontiers in Psychology*, *13*, 848154.

Gibbon, J. (1977). Scalar expectancy theory and Weber's law in animal timing. *Psychological Review, 84*(3), 279-325.

Gibbon, J., Church, R. M., & Meck, W. H. (1984). Scalar timing in memory. *Annals of the New York Academy of Sciences*, *423*, 52−77.

Gil, S., & Droit-Volet, S. (2011). Time perception in response to ashamed faces in children and adults. *Scandinavian Journal of Psychology*, *52*(2), 138−145.

Goswami, U. (2011). A temporal sampling framework for developmental dyslexia. *Trends in Cognitive Sciences*, *15*(1), 3−10.

Grommet, E. K., Droit-Volet, S., Gil, S., Hemmes, N. S., Baker, A. H., & Brown, B. L. (2011). Time estimation of fear cues in human observers. *Behavioural Processes*, *86*(1), 88−93.

Iversen, J. R., Patel, A. D., Nicodemus, B., & Emmorey, K. (2015). Synchronization to auditory and visual rhythms in hearing and deaf individuals. *Cognition*, *134*, 232−244.

Koch, G., Oliveri, M., Torriero, S., Salerno, S., Lo Gerfo, E., & Caltagirone, C. (2007). Repetitive TMS of cerebellum interferes with millisecond time processing. *Experimental Brain Research*, *179*(2), 291−299.

Lake, J. I., LaBar, K. S., & Meck, W. H. (2016). Emotional modulation of interval timing and time perception. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, *64*, 403−420.

Lewis, P. A., & Miall, R. C. (2003). Distinct systems for automatic and cognitively controlled time measurement: Evidence from neuroimaging. *Current Opinion in Neurobiology*, *13*(2), 250−255.

Li, B., Xiao, L., Yin, H., Liu, P., & Huang, X. (2017). Duration aftereffect depends on the duration of adaptation. *Frontiers in Psychology, 8*, 491.

Liu, Y., Lu, M., Yin, H., Yang, C., & Wu, D. (2024). The potential mechanisms underlying the effect of acute alcohol use on duration perception. *Addiction Biology*, *29*(11), e70004.

Liu, Y., Yin, H., Liu, X., Zhang, L., Wu, D., Shi, Y., Chen, Y., & Zhou, X. (2024). Alcohol use disorder and time perception: The mediating role of attention and working memory. *Addiction Biology*, *29*(2), e13367.

Liu, Y., Zhang, D., Ma, J., Li, D., Yin, H., & Luo, Y. (2013). The attention modulation on timing: An event-related potential study. *PloS One*, *8*(6), e66190.

Lorusso, M. L., Facoetti, A., Paganoni, P., Pezzani, M., & Molteni, M. (2006). Effects of visual hemisphere-specific stimulation versus reading-focused training in dyslexic children. *Neuropsychological Rehabilitation*, *16*(2), 194−212.

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*(3), 271−280.

Matthews, W. J., & Meck, W. H. (2016). Temporal cognition: Connecting subjective time to perception, attention, and memory. *Psychological Bulletin*, *142*(8), 865−907.

Meilleur, A., Foster, N. E. V., Coll, S. M., Brambati, S. M., & Hyde, K. L. (2020). Unisensory and multisensory temporal processing in autism and dyslexia: A systematic review and meta-analysis. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, *116*, 44−63.

Mella, N., Conty, L., & Pouthas, V. (2011). The role of physiological arousal in time perception: Psychophysiological evidence from an emotion regulation paradigm. *Brain and Cognition*, *75*(2), 182−187.

Michon, J. A. (1985). The compleat time experiencer. In J. A. Michon & J. L. Jackson (Eds.), *Time, mind and behavior* (pp. 20−52). Springer-Verlag.

Mioni, G., Meligrana, L., Grondin, S., Perini, F., Bartolomei, L., & Stablum, F. (2016). Effects of Emotional Facial Expression on Time Perception in Patients with Parkinson's Disease. *Journal of the International Neuropsychological Society*, *22*(9), 890−899.

Mioni, G., Sanguin, N., Madeo, G., & Cardullo, S. (2022). Time Perception in Cocaine-Dependent Patients. *Brain Sciences*, *12*(6), 745.

Münsterberg, H. (1889). *Beiträge zur experimentellen Psychologie: Heft 2*. J. C. B. Mohr.

Ogden, R. S., Henderson, J., McGlone, F., & Richter, M. (2019). Time distortion under threat: Sympathetic arousal predicts time distortion only in the context of negative, highly arousing stimuli. *PloS One*, *14*(5), e0216704.

Pöppel, E. (1997). A hierarchical model of temporal perception. *Trends in Cognitive Sciences*, *1*(2), 56−61.

Pöppel, E. (2009). Pre-semantically defined temporal windows for cognitive processing. *Philosophical transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences*, *364*(1525), 1887−1896.

Rammsayer, T. H., Borter, N., & Troche, S. J. (2015). Visual-auditory differences in duration discrimination of intervals in the subsecond and second range. *Frontiers in Psychology*, *6*, 1626.

Rammsayer, T. H., & Lima, S. D. (1991). Duration discrimination of filled and empty auditory intervals: Cognitive and perceptual factors. *Perception & Psychophysics*, *50*(6), 565−574.

Rammsayer, T., & Pichelmann, S. (2018). Visual-auditory differences in duration discrimination depend on modality-specific, sensory-automatic temporal processing: Converging evidence for the validity of the Sensory-Automatic Timing Hypothesis. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, *71*(11), 2364−2377.

Rammsayer, T., & Ulrich, R. (2005). No evidence for qualitative differences in the processing of short and long temporal intervals. *Acta Psychologica*, *120*(2), 141−171.

Rammsayer, T., & Ulrich, R. (2011). Elaborative rehearsal of nontemporal information interferes with temporal processing of durations in the range of seconds but not milliseconds. *Acta Psychologica*, *137*(1), 127−133.

Sarigiannidis, I., Grillon, C., Ernst, M., Roiser, J. P., & Robinson, O. J. (2020). Anxiety makes time pass quicker while fear has no effect. *Cognition, 197*, 104116.

Santoni, A., Di Dona, G., Melcher, D., Franchin, L., & Ronconi, L. (2025). Atypical oscillatory and aperiodic signatures of visual sampling in developmental dyslexia. *NeuroImage. Clinical*, *45*, 103720.

Schindel, R., Rowlands, J., & Arnold, D. H. (2011). The oddball effect: Perceived duration and predictive coding. *Journal of Vision, 11*(2), 17.

Schirmer, A. (2011). How emotions change time. *Frontiers in Integrative Neuroscience*, *5*, 58.

Simen, P., Rivest, F., Ludvig, E. A., Balci, F., & Killeen, P. R. (2013). Timescale invariance in the pacemaker-accumulator family of timing models. *Timing & Time Perception, 1*(2), 159−188.

Stauffer, C. C., Haldemann, J., Troche, S. J., & Rammsayer, T. H. (2012). Auditory and visual temporal sensitivity: Evidence for a hierarchical structure of modality-specific and modality-independent levels of temporal information processing. *Psychological Research*, *76*(1), 20−31.

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), 1−19.

Tachmatzidou, O., & Vatakis, A. (2023). Attention and schema violations of real world scenes differentially modulate time perception. *Scientific Reports*, *13*(1), 10002.

Thöenes, S., & Oberfeld, D. (2017). Meta-analysis of time perception and temporal processing in schizophrenia: Differential effects on precision and accuracy. *Clinical Psychology Review*, *54*, 44−64.

Tian, Y., Li, L., Yin, H., & Huang, X. (2019). Gender differences in the effect of facial attractiveness on perception of time. *Frontiers in Psychology, 10*, 1292.

Torta, D. M., Legrain, V., Mouraux, A., & Valentini, E. (2017). Attention to pain! A neurocognitive perspective on attentional modulation of pain in neuroimaging studies. *Cortex*, *89*, 120−134.

Tracy, J. L., & Robins, R. W. (2004). Putting the self into self-conscious emotions: A theoretical model. *Psychological Inquiry, 15*(2), 103−125.

Treisman, M. (1963). Temporal discrimination and the indifference interval: Implications for a model of the "internal clock". *Psychological Monographs*, *77*(13), 1−31.

Tremblay, S., & Fortin, C. (2003). Break expectancy in duration discrimination. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 29*(4), 823−831.

Tse, P. U., Intriligator, J., Rivest, J., & Cavanagh, P. (2004). Attention and the subjective expansion of time. *Perception & Psychophysics, 66*(7), 1171−1189.

Ulbrich, P., Churan, J., Fink, M., & Wittmann, M. (2007). Temporal reproduction: Further evidence for two processes. *Acta Psychologica*, *125*(1), 51−65.

van der Mijn, R., & van Rijn, H. (2021). Attention does not affect the speed of subjective time, but whether temporal information guides performance: A large-scale study of intrinsically motivated timers in a real-time strategy game. *Cognitive Science*, *45*(3), e12939.

van Wassenhove, V. (2023). Cracking the neural code of how the brain represents time may make the dualistic stance obsolete. *Timing & Time Perception, 11*(1-4), 1-6.

Wearden, J. H., Parry, A., & Stamp, L. (2002). Is subjective shortening in human memory unique to time representations? *The Quarterly Journal of Experimental Psychology B: Comparative and Physiological Psychology, 55B*(1), 1−25.

Welhaf, M. S. (2024). Individual differences in working

memory capacity and temporal preparation: A secondary reanalysis. *Attention, Perception & Psychophysics*, *86*(6), 2013−2028.

Yin, H., Cheng, M., & Li, D. (2019). The right dorsolateral prefrontal cortex is essential in seconds range timing, but not in milliseconds range timing: An investigation with transcranial direct current stimulation. *Brain and Cognition*, *135*, 103568.

Yin, H., Cui, X., Bai, Y., Cao, G., Zhang, L., Ou, Y., Li, D., & Liu, J. (2021). The Effects of Angry Expressions and Fearful Expressions on Duration Perception: An ERP Study. *Frontiers in Psychology*, *12*, 570497.

Zakay, D., & Block, R. A. (1997). Temporal cognition. *Current Directions in Psychological Science, 6*(1), 12−16.

Zhang, L., Li, D., Liu, P., Liu, X., & Yin, H. (2024). The effect of the intensity of withdrawal-motivation emotion on time perception: Evidence based on the five temporal tasks. *Motivation Science, 10*(2), 138−148.

Duration perception: Evidence from a series of studies and theoretical integration

YIN Huazhan[1], WANG Siyu[1], HUANG Xiting[2]

([1] *School of Education Science, Hunan Normal University; Cognition and Human Behavior Key Laboratory of Hunan Province*; *Center for Mind-Brain Science, Hunan Normal University, Changsha* 410081, *China*)

([2] *Faculty of Psychology, Southwest University, Chongqing* 400715, *China*)

Abstract: Duration perception is a fundamental ability for humans to adapt to the objective environment, influenced by various factors such as attention, working memory, emotions, and individual differences. Framed by the segmentation theory of duration perception, this article systematically reviews and integrates a series of studies conducted by our research group over the past two decades, addressing four core issues—segmentation, attention and working memory, emotional effects, and special populations—alongside relevant theoretical advances in the field. The findings indicate that duration perception exhibits segmented processing, with functional transition zones around 300−500 ms and 2−3 s. Attention modulates duration perception by regulating the accumulation of temporal information, whereas working memory is selectively engaged in duration processing beyond 2−3 s. Emotions influence duration perception via arousal and attentional pathways, with the motivational dimension and self-conscious emotions playing important regulatory roles. Research on special groups reveals two independent pathways: cognitive resource deficits and perceptual encoding deficits. Building on the segmentation framework, this article proposes original theoretical hypotheses concerning attention and working memory, emotional modulation, and special populations, advancing research on duration perception from phenomenological description to mechanistic explanation. These findings support the segmented integrative framework of duration perception and provide a theoretical basis for understanding the mechanisms of time cognition and their clinical implications.

Keywords: duration perception, segmentation, attention, working memory, emotion