

人机互动中的任务中断:新环境中的新问题*

王 磊 伍 麟**

(^{1,2}吉林大学哲学社会学院, 长春, 130012)

摘 要 任务中断是人机互动中常见的一种现象。关于中断延迟期间心理作用机制的主要理论包括:任务转换理论、长时工作记忆理论、目标记忆理论和线程认知理论。任务转换理论为中断延迟作用机制的研究提供了基础的模式,长时工作记忆理论和目标记忆理论各自提出了复述和编码两种不同的观点,线程认知理论主张多线程并行,深化了任务中断的研究。未来研究应关注中断对主任务执行产生不同影响的原因、影响中断任务执行期间复述机会的因素等。

关键词 人机互动 任务中断 目标记忆模型 线程认知

1 人机互动中任务中断的研究背景

1.1 时代背景

“R-V”居间系统(real-virtual mesosystems)是由一个现实的主环境和一个嵌套于其中的虚拟行为环境结合而成。在这种环境系统中,人的行为更多是人机之间的互动,人们需要面临和处理频繁的任务中断和转换。有研究表明:计算机用户会频繁地转换任务,大约每隔几分钟就要转换一次(Gonzalez & Mark, 2004)。人机互动的压力所带来的影响包括日益增加的生理觉醒;躯体主诉,特别是肌肉骨骼系统的主诉;情绪困扰,尤其是焦虑、恐惧和愤怒;工作质量下降等(Smith, Conway, & Karsh, 1999)。人机互动中的任务中断作为影响人的行为和心理的一个重要因素日益引起了学界的关注。

1.2 学术背景

早在1927年,Zeigarnik就对任务中断进行了初步研究,她让被试执行一些简单的操作,并在其中的一半任务操作完成之前中断它的执行,然后要求被试进行非正式的回忆测验,结果发现,被试对被中断的任务的回忆效果好于已完成的任务的回忆效果,这就是Zeigarnik效应(转引自Prentice, 1944)。20世纪20年代开始所进行的任务中断的大部分研究都是围绕着Zeigarnik效应展开的,本质上都是试图对其研究结果进行验证或解释。从20世纪80年代开始,研究者们开始将目光转向了对任务中断和恢复过程中的各种现象及其影响因素的研究。进入21世纪,任务中断的研究重心转移到了人机互动领域,精确的计算机操作开始广泛应用于任务中断实验,研究者开始对隐藏在现象背后的心理机制进行

探索,并形成了几种主要的理论。

2 人机互动中任务中断的研究理论

在任务中断的研究中,任务中断对主任务的影响是对现象的描述,中断延迟期间心理作用机制的探索则是对中断所引发的现象的解释。后者以前者为基础,两者相辅相成,共同为任务中断相关理论的应用奠定了基础。

2.1 任务中断的相关概念

在人机互动研究领域,有研究者将中断定义为“在异步平行的人机互动过程中的一种意料之外的任务转换请求”(Edmondson, 1989)(转引自McFarlane, 1998)。在具体的实验中,相对于正在进行的主任务来说,中断是指在某一时刻插入主任务的次要任务。一个任务中断单元包括以下几部分:主任务、中断延迟、次要任务、恢复延迟。主任务是指操作者正在执行中的任务;中断延迟是指“在次要任务开始之前的一个短暂的过渡时间段,在这段时间内,操作者知道即将发生的中断任务但是还没有执行这项任务”;恢复延迟是指“从次要任务结束到人们恢复主任务操作所采取的第一个后续行为之间的时间间隔”(Altmann & Trafton, 2004)。例如,某人在用电脑进行文字编辑时接听了一个电话,在这个实例中,文字编辑就是主任务,接电话是次要任务,电话铃响到电话被接起之间的时间间隔为中断延迟,挂断电话到文字编辑重新开始之间的时间间隔为恢复延迟。

2.2 任务中断对主任务执行影响的研究理论

对于中断对主任务执行的影响,主要有三种观

* 本研究得到教育部人文社会科学青年项目(08JCLX006)和中央部属高校基本科研业务费项目(2010JC003)的资助。

** 通讯作者:伍 麟。E-mail:wulin@jlu.edu.cn

点,第一种观点认为,任务中断会导致主任务执行表现的下降,主要体现在恢复延迟上。在 Trafton 等人(2003)的模拟战场任务研究中,被试的平均恢复延迟与该被试的平均点击间延迟之间的差值在整个实验中都保持为正,这说明,中断是具有破坏性的。在 Altmann 和 Trafton(2004)的又一项研究结果中,恢复延迟是平均点击延迟的二倍,再次说明了中断的破坏性。同样,Bailey, Konstan and Carlis(2001)的研究表明,中断对使用者的任务表现和情绪状态都有破坏性影响,这种破坏性影响的程度取决于中断出现时使用者的心理负荷。还有一些其他的研究也支持这种观点(Monk, Trafton, & Boehm - Davis, 2008)。在此基础上,有研究者致力于研究中断的破坏性在什么情况下会更大,Adamczyk 和 Bailey(2004)的研究结果表明:中断的时机会影响行为,发生在高脑力负荷时的中断比发生在低脑力负荷时的中断更具有破坏性。

第二种观点认为,中断可能是有益的。最具代表性的就是速度补偿的观点。Gloria, Daniel and Ulrich(2008)通过实验室模拟办公室环境,让被试完成一些人力资源方面的任务(电邮回复),中途用电话或网络即时通信进行中断,观测不同背景的中断对主任务完成的影响,结果得出:中断的出现使人们在更短的时间内完成了被中断的工作且没有质量上的差异。人们用更快的工作速度来补偿被中断的工作,但是这是有代价的:人们会体验到更高的挫折感和时间压力。Speier 等人(2003)的研究也证明了中断的有益影响。

第三种观点则区分了不同情况下中断所带来的不同影响。Mark 等人(2005)认为,中断的影响很微妙:如果中断事物的背景与当前任务相同,则中断的影响是有益的;而如果中断事物的背景与当前任务不同,则中断的影响是有破坏性的。Speier 等人(1997)的研究结果得出,中断的频率以及主任务内容的相似性会对主任务的执行产生消极影响;中断可以促进简单任务的执行,却会抑制较复杂任务的执行。Speier 等人(1999)的另一项研究结果表明,尽管中断会干扰主任务的执行,但是中断可以通过提高觉醒水平或减少无聊感来促进任务的执行。此外,Ratwani 等人(2006)的研究表明,被试紧接着中断之后的行为受到了干扰,但是他们在中断实验期间的其他行为与控制组相比确实执行得更快且错误更少,这种“加速”并非是因为更快的自动化反应,而是更快的认知加工。

2.3 中断延迟期间心理作用机制的研究理论

关于中断延迟期间的作用机制的理论解释主要有以下四种:任务转换理论,长时工作记忆理论,目标记忆理论和线程认知理论。

第一种解释来自于任务转换的观点,任务转换是中断的一个较大的组成成分(Trafton & Monk, 2008),在任务转换理论中,准备的影响通常被解释为一种利用任务线索出现和实验刺激开始之间的时间间隔(cue - stimulus interval, CSI;类似于中断延迟)来完成先前某部分工作的转换加工,并认为这种准备加工过程对转换成本(任务中断研究中通常用恢复延迟来体现)的影响主要是通过“心理换档”,一种功能性过程来实现,较长的准备时间会降低转换成本,是因为“换档”可使某任务的开始时间提前,CSI对转换成本的影响被认为是任务转换的一种基本现象。由于任务转换与任务中断不尽相同,所以从任务转换观点出发对中断延迟作用机制的解释只是启发性的、扩展性的,是不完善的。

第二种解释途径为长时工作记忆的观点。Oulasvirta 和 Saariluoma(2004, 2006)提出用长时工作记忆(long - term working memory, LTWM)作为降低中断所带来问题的理论性记忆建构。LTWM模型认为,信息会在技术性活动期间不经意的编码进入LTWM,一旦信息进入了LTWM,就不易被中断任务所干扰,它可以在稍后的时间被提取。因此,如果某人要恢复一项被中断的任务,任务信息就必须在任务转换之前被存入LTWM。对于一般用户来说,如果有足够的编码时间,信息就可以进入LTWM,编码的时长取决于任务,但是它通常不会超过几秒钟。几秒的中断延迟时间正好提供了比较充足的编码时间,进而促进了主任务的恢复。存入LTWM中的信息的准确性会受到主任务信息编码质量、主次要任务信息的相似性的影响,从而干扰主任务恢复时的信息提取,特别是当主、次任务在语义上接近时,干扰性最大。长时工作记忆的观点从另一个角度解释了中断延迟期间的心理作用机制,它主张中断延迟期间的心理活动主要是知觉编码,主任务的恢复速度和质量取决于中断延迟期间知觉编码的质量,从而成为了一种与“目标记忆”的记忆检索观点不同的理论解释。

第三种解释途径来自于“记忆激活”观点,是 Altmann 和 Trafton(2002)从记忆激活理论中发展出来的“目标记忆”模型。目标记忆理论认为,人们会面临恢复延迟是因为之前的主任务目标在记忆中发

生了衰退或无法激活,减缓这种衰退主要有两种途径:复述和利用环境线索。该理论预测,只要给予一个机会,前瞻性复述就会在中断延迟期间发生,而这种复述会通过在中断期间减缓目标的衰退来促进恢复,这一预测得到了相应研究的验证(Hodgetts&Jones,2006)。利用环境线索主要是指通过与目标相关的背景线索的启动来激活目标,进而促进恢复。目标记忆理论对于中断的破坏性的阐述如下:一,中断的时间越长,中断的破坏性越大。二,中断的破坏性有三个主要的决定因素,即中断的长度,中断延迟期间的复述量,中断任务所允许的复述量。三,有关降低中断破坏性的三种预测:中断因目标衰退而具有破坏性——中断的长度将会影响中断的破坏性;中断的破坏性可以被复述降低;中断的破坏性可以被环境线索降低。“目标记忆”理论是近年来发展较为充分、解释力较强的一种理论。

第四种解释途径为线程认知理论(Salvucci&Taataen,2008,2009)。线程认知理论将多任务执行描述为多个任务线程的执行,这种执行受一种串行的认知处理器调节,其中心假设如下:一,多任务背景下的每项任务都用一段认知线程表示,每段线程都有自己的控制结构;不存在中心执行;线程可以被独立的运行。二,认知可以执行多个活跃的目标,形成并行线程,目标可以同时被激活并保持激活状态,不会衰退。三,线程贪婪的获取资源,即当有需要时尽快的请求资源;礼貌的释放资源,即当线程的加工不再需要这种资源时尽快的为其他线程释放资源。四,当多个线程为了获得程序性资源而竞争时,认知通过优先选择最近在程序性资源上被加工过的线程执行来平衡线程执行,它使所有的线程都有机会去进行程序性规则的激活。五,由于认知处理器一次只能执行一个规则,所以可能会出现加工的瓶颈,这种限制有两个来源,一种是资源的冲突,即两个或两个以上的命令需要相同的资源;另一种是程序自身的限制,即两个或两个以上的命令同时需要程序的注意。根据线程认知的中心假设,各项任务线程在中断和恢复期间都是活跃的,并将中断延迟的效应做出如下解释:警报条件下,用户在中断任务前被给予一定时间,可以增强问题表征记忆,因此在恢复任务时可以更容易的回忆起它;在即时条件下,线程认知允许对问题表征的复述与中断任务的相关认知步骤之间的交叠进行,从而促进任务恢复。中断对主任务的干扰则被解释为在陈述性记忆中储存、提取旧问题表征失败。线程认知的多线

程可并行并保持活跃的观点阐述了中断任务期间复述主任务表征的可能性,资源获取和资源冲突解决的观点为线程并行的顺利进行提供了规则上的保证,这种线程并行的解释似乎与事实更相符,所以显得更具有生命力。

上述四种理论都强调了中断延迟期间的准备对主任务恢复的影响,只是对中断延迟期间准备的具体作用机制的阐述各有侧重。一些研究者认为,中断延迟期间的准备主要是记忆检索在起作用。Altman和Trafton(2004)从他们对恢复延迟和线索作用的研究中得出,在无线索的条件下,较长的中断延迟造成了恢复延迟的增加,这表明了记忆检索在调节中断前的变量对中断后表现的影响上发挥了核心作用。Oulasvirta和Saariluoma(2004)以长时工作记忆理论为基础,研究中断的破坏性是因为短时记忆超载还是信息难于加工,结果发现,不仅中断任务会干扰主任务信息的召回,而且发生错误的类型都来自于先前任务的知识而不是中断任务中的信息。他们认为中断的破坏性源于知觉信息编码不当而不是短时工作记忆的超载。

3 人机互动中任务中断研究的评述与展望

3.1 取得的成果及其意义

以往关于任务中断的研究已经取得了一定的成果,主要体现在:任务中断的各种理论已初步形成,并在各自的实证研究的支持下不断发展;任务中断的研究范式也渐趋完善。以中断延迟期间的心理作用机制的研究为例,四种理论虽然观点各异,但是都是沿着一条主线发展出来的,那就是中断延迟期间的“准备”,即探讨怎样“准备”的问题,几种理论相互补充,共同推进中断研究的发展。首先,任务转换理论通过对转换成本的研究得出,较长的准备时间会减低转换成本,这段准备时间是CSI提供的。接下来,目标记忆理论在任务转换理论所提出的“准备”观点的基础上,进一步将“准备”理解为通过复述来维持主任务目标的激活状态,指出“准备”的条件为复述和利用环境线索。长时工作记忆理论则提出了与目标记忆不同的解释,认为“准备”的重点在于对主任务信息的编码,通过编码使主任务信息进入长时工作记忆,从而易化任务恢复。线程认知理论是近年来提出的有关任务中断的新理论,它主要是对目标记忆理论的反思和改进。

人机互动中任务中断的研究具有较大的理论意

义和实践意义。其理论意义在于:在探索中不断填补任务中断研究的空白,在讨论中不断完善任务中断的研究方法和基本理论,为未来的相关研究提供较为清晰可靠的参考。其实践意义在于,为长期在“R-V”居间系统中工作的员工设计适宜的工作环境并提供相应的可供恢复型环境,实现人与环境的平衡,促进人的身心健康。

3.2 问题及未来研究的展望

3.2.1 任务中断对主任务执行的影响的研究

虽然研究者们开始根据不同的情况辩证地看待任务中断对主任务执行的影响,但是还存在着一定的问题。一,对影响的产生原因的探讨不够深入。例如:如果认为中断是有益的,在不影响质量的情况下主任务执行速度会提升,这是因为操作者时间知觉上的紧迫感还是因为中断将原本大块、复杂的问题表征分割为相对小的问题表征单元,从而减轻了记忆检索和认知加工的负担?如果认为任务中断会带来焦虑,那么焦虑的来源是什么?是主任务的类型、中断任务插入的频率还是被试的个性?二,缺乏对任务中断效应产生影响的中介因素的探索。这里的中介因素是指来自于被试自身的变量,如人格、动机、预期、注意的稳定性等等。对主、次任务相似性、复杂程度,中断插入的时机和频率等变量的操纵往往要受到这些中介变量的影响。

3.2.2 中断延迟期间心理作用机制的研究

关于中断延迟期间准备的作用机制的研究尚无定论,当前对任务中断心理机制的理论解释主要集中于两个问题。

第一,对主任务信息的复述仅发生在中断延迟期间还是在中断延迟和中断任务执行期间都可能发生,这是“目标记忆”理论和线程认知理论观点的分歧所在。这种分歧的本质在于,认知系统是否能够同时维持多个目标的激活状态。中断任务执行期间是否会发生复述很大程度上取决于中断任务本身的性质和任务执行者对中断任务执行的熟练程度。实际上,如果其中的一项任务没有达到自动化程度,真正的任务并行是不存在的,所谓的并行加工不过是主次任务信息的短暂的交替加工,如果条件允许,对主任务信息的复述只能在中断任务执行的间隙进行。

第二,中断延迟期间对任务恢复的准备主要是记忆检索还是知觉编码,这是“目标记忆”理论、线程理论和长时工作记忆理论观点的分歧所在。至今还没有一个逻辑严谨、十分具有说服力的实证研究

对这种心理机制进行论证,仅从已有的认知心理学的基本理论和实验结果看来,中断延迟期间所发生的是记忆检索还是知觉编码可能主要取决于两个因素,一是中断的时长,一般是先发生记忆检索,如果时间充足的话,才会发生对检索到的问题表征的加工;二是主任务的性质,即主任务问题表征的复杂程度使主任务材料更适合于编码加工还是更适合于记忆。

参考文献

- Adameczyk, P. D. & Bailey, B. P. (2004). If not now, when? The effects of interruption at different moments within task execution. In *Human factors in computing systems: Proceedings of CHI' 04* (pp. 271 - 278). New York, USA: Association for Computing Machinery Press.
- Altmann, E. M., & Trafton, J. G. (2002). Memory for goals: an activation - based model. *Cognitive Science*, 26(1), 39 - 83.
- Altmann, E. M., & Trafton, J. G. (2004). Task interruption: Resumption lag and the role of cues. In *Proceeding of the 26th Annual Conference of the Cognitive Science Society* (pp. 42 - 47). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Bailey, B. P., Konstan, J. A., & Carlis, J. V. (2001). The Effects of Interruptions on Task Performance, Annoyance, and Anxiety in the User Interface. *Human - computer interaction*, 2, 593 - 601.
- Corragio, L. (1990). *Deleterious Effects of Intermittent Interruptions on the Task Performance of Knowledge Workers: A Laboratory Investigation*. Unpublished Doctoral Dissertation, University of Arizona.
- Gloria, M., Daniel, G. & Ulrich, K. (2008). The Cost of Interrupted Work: More Speed and Stress. In *Proceedings of the 26th annual SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems* (pp. 107 - 110). New York, USA: Association for Computing Machinery Press.
- Gonzalez, V. M., & Mark, G. (2004). “Constant, constant, multi - tasking craziness”: Managing multiple working spheres. In *Human factors in computing systems: Proceedings of CHI' 04* (pp. 113 - 120). New York, USA: Association for Computing Machinery Press.
- Hodgetts, H. M., & Jones, D. M. (2006). Contextual Cues Aid Recovery From Interruption: The Role of Associative Activation. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 32(5), 1120 - 1132.
- Mark, G., Gonzalez, V., & Harris, J. (2005). No Task Left Behind? Examining the Nature of Fragmented Work. In *Human factors in computing systems: Proceedings of CHI' 05* (pp. 321 - 330). New York, USA: Association for Computing Machinery Press.
- Monk, C. A., Trafton, J. G., & Boehm - Davis, D. A. (2008). The effect of interruption duration and demand on resuming suspended goals. *Journal of Experimental Psychology: Applied*, 14, 299 - 313.
- Oulasvirta, A., & Saariluoma, P. (2004). Long - term working memory and interrupting messages in human - computer interaction. *Behaviour and Information Technology*, 23, 53 - 64.
- Oulasvirta, A., & Saariluoma, P. (2006). Surviving task interruptions: investigating the implications of long - term working memory theory. *International Journal of Human - Computer Studies*, 64, 941 - 961.

- Prentice, W. C. H. (1944). The interruption of tasks. *Psychological Review*, 51(6), 329 – 340.
- Ratwani, R. M., Trafton, J. G., & Myers, C. (2006). Helpful or Harmful? Examining the Effects of Interruptions on Task Performance. In *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society 50th Annual Meeting* (pp. 372 – 375). Santa Monica, CA: Human Factors and Ergonomics Society.
- Salvucci, D. D., & Taatgen, A. (2008). Threaded cognition: an Integrated Theory of Concurrent Multitasking. *Psychological Review*, 115(1), 101 – 130.
- Salvucci, D. D., Taatgen, N. A. & Borst, J. P. (2009). Toward a Unified Theory of the Multitasking Continuum: From Concurrent Performance to Task Switching, Interruption, and Resumption. In *Proceedings of the 27th international conference on Human factors in computing systems* (pp. 1819 – 1828). New York, USA: Association for Computing Machinery Press.
- Smith, M. J., Conway, F. T., & Karsh, B. (1999). Occupational Stress in Human Computer Interaction. *Industrial Health*, 37, 157 – 173.
- Speier, C., Valacich, J. S., & Vessey, I. (1997). The effects of task interruption and information presentation on individual decision making. In *Proceedings of the Eighteenth International Conference on Information Systems* (pp. 21 – 36). GA, USA: Association for Information Systems Atlanta.
- Speier, C., Valacich, J. S., Vessey, I. (1999). The influence of task interruption on individual decision making: an information overload perspective. *Decision Sciences*, 30(2), 337 – 360.
- Speier, C., Vessey, I., & Valacich, J. S. (2003). The effects of interruptions, task complexity, and information presentation on computer – supported decision – making performance. *Decision Sciences*, 34(4), 771 – 797.
- Trafton, J. G., & Monk, C. A. (2008). Task Interruptions. *Reviews of Human Factors and Ergonomics*, 4, 111 – 126.

Task Interruptions of Human-computer Interaction: New Issues in the New Environment

Wang Lei, Wu Lin

(School of Philosophy and Sociology, Jilin University, Changchun, 130012)

Abstract In this paper we discuss some issues about task interruption. We try to summarize the existing experimental results and theoretical results and analyze what these studies show. Then, we hope that our study can inform researchers about what has been done about this area. More importantly, we'd like to further explore the direction and focus of future research. In the first place, based on the literature review of previous task interruption studies, we present task interruptions' background and theories. The rapid development of Internet technology weakens the space-time boundary of traditional environment. Virtual settings emerge in that the interaction and the sense of immersion in network using expand settings from geographical areas to cyberspace. Human behavior setting is divided into real settings and virtual settings. Interaction between these behavior settings generates a new environment system—"R – V" mesosystems ("real-virtual" mesosystems). The intermingling of real and virtual behavior programs within "R – V" mesosystems reflects the poly-functional nature of settings. In these settings, human-computer interaction (HCI) is common. In addition to efficient processing of information, HCI also brings information overload, psychological stress, health damage and interpersonal stress. These negative impacts result from the fact that humans have to face and deal with frequent task interruption and switching. Thus, it's important to study task interruption and a series of related issues in "R – V" mesosystems. In this paper, we summarize how task interruptions will affect primary task execution. We think that task interruption is a double-edged sword. Especially we comment on the theories on the psychological mechanism of interruption lag. So far this area has been working well. The related theories include task-switching, long-term working memory, memory-for-goals and threaded cognition. The task-switching theory advocates that one may prepare retrieval in interruption lag by a sort of mental "gear changing", because "gear changing" can advance a task's beginning. The long-term working memory theory holds that humans need to code the information into long-term working memory so that one can retrieve it later. The memory-for-goals theory focuses on the activation of memory goals. It emphasizes that rehearsal is important to keeping goals' activation. Without rehearsal a goal will not be recalled, so the goal can not be performed. The threaded cognition theory claims that cognition can maintain and execute multiple active goals. Rehearsal can be executed when a secondary task is being performed. They are the main theories of task interruption. Then we discuss the significance of task interruption studies and where existing theories need improving. The core significance of task interruption studies is its practical significance, what is optimizing human's working settings, achieving the balance between human and settings and promoting human's physical and mental health. In the end, we predict research trends of task interruption. First, researchers should explore why task interruption affects primary task execution. Second, we need to improve our experimental ecological validity. Last but the most important is that we should devotedly study the psychological mechanism of task interruption, especially the preparations in interruption lag. In short, on the one hand, we should deepen the study of task interruption. On the other hand, we must make our studies serve practice better.

Key words human-computer interaction, task interruptions, memory-for-goals theory, threaded cognition theory