

# 一般流体智力研究中工作记忆与注意的关系

罗 婷 焦书兰

王 青

(中国科学院心理研究所, 北京 100101) (中国人民大学劳动人事学院, 北京 100872)

**摘 要** 随着对一般流体智力的研究逐步深入, 研究者们认为了解工作记忆与注意的相互关系是解决一般流体智力与前二者结构关系的关键。由于工作记忆系统中中央执行器的功能尚不明确, 注意控制能力与工作记忆的关系难以确定。研究者中存在两种不同的观点: 一种认为两者之间存在着密切的互动, 另一种则认为两者就是同功同构的一个认知成分。

**关键词** 一般流体智力, 工作记忆, 注意。

**分类号** B842

## 1 引言

智力的研究一直以来都是心理学研究中一个备受关注的部分, 近年来, 研究者通过对基本认知能力或者信息加工过程进行描述, 来刻画智力的结构, 很多研究者以一般流体智力 (general fluid intelligence) 作为研究对象。这一概念是将 Cattell 的流体智力概念与 Spearman 的一般智力概念相结合而来的, 既强调智力因素的一般性, 同时也强调其随年龄变化的流动性。这方面的研究表明: 加工速度、工作记忆是影响一般流体智力水平的主要因素, 其中工作记忆起着更直接、更一般的作用<sup>[1]</sup>。

Baddeley 和 Hitch<sup>[2]</sup>提出的工作记忆系统 (working memory system) 包含一个中央执行器 (central executive), 以及两个从属的子系统: 负责言语材料暂时存储和处理的语音环路 (phonological loop) 和负责视觉材料暂时存储和处理的视空间缓冲区 (visuo

-spatial sketchpad)。不同于传统的长时记忆和短时记忆的划分, 工作记忆强调了记忆的加工成分, 指的是在存储的同时对记忆内容进行复述、更新等操作的能力。研究者早就发现工作记忆能力与推理能力有显著的相关, 因而将其看作是推理能力的主要成分。1990年, Kyllonen 和 Christal<sup>[3]</sup>对大量新招募的美国空军飞行员进行了瑞文渐进推理测试和工作记忆的测验, 发现两类测验之间有非常高的相关, 但智力测验更多地反映了过去的知识, 而工作记忆更容易受加工速度的影响。也就是说工作记忆与智力的相关主要存在于智力的动态部分——一般流体智力 (gF, general fluid intelligence), 而 Kyllonen<sup>[4]</sup>甚至直接提出工作记忆就是智力的 g 因素。

工作记忆系统与注意能力有密切的关系。Baddeley 就曾指出<sup>[5]</sup>, 工作记忆的中央执行成分类似于管理注意系统 (Supervisory Attention System, SAS), 其作用是对工作记忆的另两个结构性子系统起着控制和协调

收稿日期: 2005-02-08

通讯作者: 罗婷, E-mail: luoting@lenovo.com, 电话  
010-58861341

的作用,因而是整个工作记忆系统中最为重要的部分。如果工作记忆影响着一般流体智力的水平,那么,中央执行器也一定对一般流体智力有所影响。对于中央执行器的具体功能争论很多,已得到证实的包括对两个存储子系统的协调能力<sup>[6]</sup>;和注意控制能力<sup>[5]</sup>。

由此可以推测,注意能力与一般流体智力可能也有着密切的联系。在一些新近的智力理论中,也有人指出注意在智力活动中起着重要的作用。在智力的三层结构理论中, Sternberg<sup>[7]</sup>在成分理论中提出智力的元成分,以及在 Kirby 和 Das<sup>[8]</sup>的 PASS 模型中假设的计划系统,都强调了认知过程中的计划和监控能力,也就是注意能力。

智力与注意的关系在很多研究中都得到了证实。Fogarty 和 Stankov<sup>[9]</sup>使用双任务范式研究发现个体在双任务中的表现与他们的智力水平有显著的相关。Stankov<sup>[10]</sup>认为是某种能力影响到编码的有效性,以及处理复杂任务的绩效,从而影响到双任务操作效率,而这种能力同样也是影响智力水平的因素。他将这种能力解释为认知策略的使用,即在双任务条件下,高智力的个体能够更迅速地学会使用有效的策略。同样使用双任务与单任务作业比较, Ben-Shakhar<sup>[11]</sup>也发现双任务的成绩不能由单任务成绩完全解释,其不能解释的部分在不同的双任务中相当一致(相关系数介于 0.52~0.72 之间),并保持稳定。同时,这一成分还与个体的智力水平有显著的相关。他们分析认为这个一致而稳定的成分应该是一种特定的认知能力——注意分配能力。因为双任务绩效中该成分的影响与智力之间的相关随着练习次数增加而迅速下降,正说明了随着练习而来的自动化操作降低了注意对双任务操作的

参与。

我们很难确定导致双任务绩效与智力相关的因素究竟是策略的使用还是注意的分配,而大量来自双任务研究的结果说明加工结构(功能不同,并具有一次性占有性的结构单元)方面的竞争和注意资源方面的竞争都是双任务绩效的影响因素。这两个方面似乎都和工作记忆有着密切的关系。包燕<sup>[12]</sup>在关于分配注意对短时记忆的影响的研究综述中也提到,多重竞争机制可以有效地解释分配注意对短时记忆编码的影响。而多重竞争机制正是以 Baddeley 的工作记忆系统为基础提出的,编码中对注意资源的竞争体现在中央执行功能上,而加工结构方面的竞争则反映在语音回路和视空间缓存两个子系统上。

由此看来,一般流体智力与工作记忆、注意三者之间的关系非常密切,而解释三者关系的关键就在于辨析注意与工作记忆的关系。

## 2 互动的观点

很多研究都显示,注意与工作记忆之间存在着密切的互动关系,这在很多行为实验中都有所描述。从分心物入手探讨注意选择与工作记忆关系的研究说明<sup>[13]</sup>:在恒定分心物干扰下,注意选择的分心物习惯化机制能够保护工作记忆的编码、存储不受分心物干扰;而在非恒定分心物干扰下,注意选择则可以通过分心物抑制机制保护工作记忆的编码、存储,以及加工过程。

Downing 的研究<sup>[14]</sup>也描述了注意和工作记忆的互动关系:不仅是注意对进入工作记忆的内容进行过滤,同时工作记忆中存留的内容对注意的选择过程也有导向作用。对于工作记忆对注意选择的引导作用,研究者

们提供了 3 种不同层次的解释：一是工作记忆的内容实际上是激活了长时记忆中该刺激的表征，使这些表征在注意资源的竞争中取胜；二是工作记忆中保留的内容使大脑皮层保持兴奋性，因而在注意选择过程中具有优势；三是工作记忆内容的激活作用使神经细胞在刺激消失之后仍保持选择性，因此对目标刺激的反应更敏感。

神经定位研究结果也向我们展示了二者的密切联系。Fockert<sup>[15]</sup>等人结合行为实验和 fMRI 技术研究了工作记忆和注意选择的关系。行为实验的结果表明：当同时进行注意选择任务（面孔—名字匹配判断），以及与该选择任务无关的工作记忆任务（数字记忆）时，高工作记忆负载条件导致被试在注意选择任务中的绩效下降。该研究与其它研究不同的是采用了无关的工作记忆任务，但结论却是一致的：工作记忆的载荷在注意选择过程中对干扰刺激的抑制有显著的影响，当工作记忆任务与选择注意任务相关时，较大的记忆载荷有利于抑制无关刺激的干扰，而当工作记忆任务与选择注意任务无关时，较大的记忆载荷则使得对干扰刺激和目标刺激的区分效率降低。fMRI 的结果表明：脑后部皮层活动和抑制干扰刺激相关，前额叶皮层的活动和工作记忆载荷有关，此两处的皮层活动有明显的交互作用。此结果也支持了 Shallice<sup>[16]</sup>的观点：额叶在注意选择过程中扮演着重要的角色。

其它一些神经生理方面的研究也提供了类似的证据。PET 研究报告：前额叶、运动前区、后顶叶和枕叶皮质参与了工作记忆任务。ERP 研究则指出了顶叶和前额叶的活动与视空间工作记忆有关。SSPT（Steady-state Probe Topography）研究<sup>[17]</sup>也

证实顶叶和前额叶参与了视空间工作记忆的活动。前额叶和顶叶皮质也同样被认为在控制性注意活动中起着重要的作用。

尽管很多研究都证实工作记忆和控制性注意都牵涉到一些共同的脑区活动<sup>[18]</sup>，但却不能认为两者是同一个认知成分。对注意缺陷病例的研究发现成年的注意缺陷患者（attention-deficit/hyperactive disorder, ADHD）存在着明显的空间工作记忆障碍<sup>[19]</sup>，但在儿童注意缺陷患者的研究中却没有发现显著的工作记忆障碍<sup>[20]</sup>。

### 3 同功同构的观点

基于 Baddeley 的工作记忆理论，一些研究者认为控制性注意与工作记忆的关系不仅仅是互动，而是一种更为深入的同功同构的关系。Engle 和 randall 曾提出工作记忆作为一般流体智力的一个重要成分，就是控制性注意的一种体现<sup>[21]</sup>。

Engle 等人<sup>[22]</sup>在通过结构方程模型考察工作记忆、短时记忆和一般流体智力之间的关系时发现，工作记忆与短时记忆的差异主要体现在中央执行功能和策略使用上，而这两方面都涉及到对注意资源的分配和控制。此外，他们还发现，相对于工作记忆容量较小的个体，工作记忆容量较大者的注意选择的抑制效率也较高。因此他们认为，工作记忆能力的差异实际上反映了控制性注意的差异。对于 Engle 的观点，Kane 等人则以视觉搜索实验进行了验证<sup>[23]</sup>。他们在两种实验条件（无附加任务和有附加任务）下，对工作记忆容量较大和工作记忆容量较小的两类被试进行了比较，证实两类被试的工作记忆差异的确是由注意控制能力的差异导致的。工作记忆容量较大的被试能够较好地控制注意分配，而工作记忆容量较小的被试则

会浪费注意资源。

Conway 等人<sup>[24]</sup>采用相关和结构方程建模的方法对工作记忆、短时记忆和加工速度与一般流体智力的关系进行了研究,结果发现工作记忆与一般流体智力之间的路径相关高达 0.98,而短时记忆与一般流体智力只有低相关。由此可见,工作记忆与一般流体智力之间的关系源自于工作记忆的“工作”部分,而非“记忆”部分。Engle<sup>[25]</sup>认为,工作记忆之所以与一般流体智力存在高相关是因为两者都需要控制性注意的参与,即能够激活并保持当前加工的信息。加之一些研究者认为控制性注意是工作记忆中央执行器的主要功能之一,Conway<sup>[26]</sup>提出工作记忆与控制性注意是同功同构的,并且是 g 因素的主要成分。

同功同构观点的支持者认为注意控制能力是这一认知成分的核心,工作记忆的存储成分和操作成分之间的相互作用是由注意控制能力作为中介的。注意所选择的元素(注意焦点)即当前正在被加工的元素。Conwan<sup>[27]</sup>提出了一个包含两种不同特性记忆成分的模型来说明注意的选择作用。其中包括长时记忆中被激活的表征和被注意选择的表征,前者是不受资源限制影响的,而注意焦点中的表征受到资源有限性影响,即只有有限数量的表征能够进入注意焦点。在此基础上 McElree<sup>[28]</sup>在他的研究中提出了一个改进的模型,包含了 3 种不同特性的记忆成分:一是存储所有静态记忆表征的长时记忆,这个部分不受到资源有限性的影响;其次是存储一定数量的当前动态记忆表征的工作记忆,此部分受到资源限制的影响,存储的数量影响到提取的效率;此外极少数量(可能仅有一个单位)的表征可以成为当前

注意的焦点。

这种功能上的划分为工作记忆的加工和存储功能分离提供了支持,也能很好地解释一些关于工作记忆和注意交互作用的研究结果,如前面提到的 Downing 的研究结果<sup>[14]</sup>。Oberauer<sup>[29]</sup>以 Conway 模型为依据进行的研究也得出类似 McElree 的结果:工作记忆可划分为加工和存储两个相对独立的功能成分。除了当前正在加工的(注意焦点)信息外,暂时不加工的动态信息可以单独存储以便随时直接提取,而长时记忆中激活的信息则必须通过与前两部分信息的联系间接提取。注意焦点和可直接提取部分作为工作记忆的不同成分能够分离的前提是:有一部分信息是当前暂不参与加工的,并且需要一定的时间(至少 2 秒左右)将这部分信息转入可直接提取的暂时存储状态。反应时结果表明:可直接提取部分的容量是受到资源限制的,其存储量增加使信息提取的速度下降。而处于注意焦点中的表征的状态非常特殊,它被再次选择成为注意焦点所需的时间比从暂时存储状态中直接提取其它信息更为迅速,反应时差异可达几百毫秒。

#### 4 小结

尽管各方面的研究者对注意与工作记忆之间的关系提供了证据和解释,但这些结果却隐含着—个重大的分歧。注意和工作记忆究竟是有互动关系的不同认知成分,还是应该被看作是所谓“同功同构”的认知成分,这是两种不同的研究出发点,对研究的设计及结果的解释都有很大的影响。一些研究者持着不同认知成分的观点,较多地探讨两者的互动关系;而从同一认知成分的角度出发的研究者,则基于以控制性注意作为工作记忆中央执行器的主要功能的假设,着重于分

析注意在工作记忆中的功能机制,给二者的相互关系提供了可能的解释。

大量的依据都证实了一般流体智力与工作记忆和注意的关系,但对于三者之间作用机制的解释尚不确定。这里的关键是在于如何解释工作记忆与注意的关系。尽管很多研究者通过反应时实验、结构方程模型以及脑功能成像等各种手段进行了研究,提出了一些可行的解释。但由于注意机制和工作记忆系统本身的复杂性,两者之间的关系尚不能得到清晰、全面的描述。同功同构的观点有一定的说服力,但仍需要进一步证实。尤其如何看待一般流体智力和工作记忆、注意三者的关系,仍需要从整合的角度进行探讨。

### 参考文献

- [1] 王亚南, 刘昌. 工作记忆、加工速度与流体智力的发展. 心理科学, 2004, 27(2): 507-509
- [2] Baddeley A D, Hitch G. Working memory. In: G. A. Bower. The psychology of learning and motivation. New York: Academic Press, 1974, 8: 47-89
- [3] Kyllonen P C, Christal R E. Reasoning ability is (little more than) working-memory capacity?! Intelligence, 1990, 14: 389-433
- [4] Kyllonen P C. Is working memory capacity Spearman's g? In: Ian D, Patrick T (eds). Human abilities: Their nature and measurement. Hillsdale, NJ, US: Lawrence Erlbaum Associates, Inc., 1996. XV, 189, 49-75
- [5] Baddeley A D. Exploring the central executive. Quarterly Journal of Experimental Psychology, 1996, 49A: 5-28
- [6] Baddeley A D, Logie R, Bressi S, et al. Dementia and working memory. Quarterly Journal of Experimental Psychology: Human Experimental Psychology, 1986, 38A: 603-618
- [7] Sternberg R J. The nature of mental abilities. American Psychologist, 1979, 34: 214-230
- [8] Kirby J R, Das J P A. Cognitive approach to intelligence: Attention, coding and planning. Canadian Psychology, 1990, 31(4): 320-333
- [9] Fogarty G, Stankov L. Abilities involved in performance on performance on competing tasks. Personality and Individual Differences, 1988, 9: 35-49
- [10] Stankov L. Attention resource and intelligence: A disappearing link. Personality and Individual Differences, 1989, 9: 957-968
- [11] Ben-Shakhar B, Sheffer L. The relationship between the ability to divided attention and the standard measures of general cognitive abilities. Intelligence, 2001, 29: 293-306
- [12] 包燕. 分配注意对短时记忆编码和提取的影响研究概况. 心理科学, 2000, 4: 462-465
- [13] 金志成, 陈彩琦. 注意选择的分心物加工机制对工作记忆的影响. 心理学报, 2001, 33(6): 495-499
- [14] Downing P E. Interactions between visual working memory and selective attention. Psychological Science, 2000, 11(6): 467-473
- [15] Fockert J W, Rees G, Frith C, et al. The role of working memory in visual selective attention. Science, 2001, 291: 1803-1806
- [16] Shallice T, Burgess P. Deficits in strategy application following frontal lobe damage in man. Brain, 1991, 114: 727-741
- [17] Rooy C V, Stough C, Pipingas A, et al. Spatial working memory and intelligence: Biological Correlates. Intelligence, 2001, 29: 275-292
- [18] Jonides J, Lacey S C, Nee D E. Process of working memory in mind and brain. Current Directions in Psychological Science, 2005, 14, 1: 2-5
- [19] Dowson J H, Mclean A, Banzanis E, et al. Impairment spatial working memory in adults with attention-deficit /hyperactive disorder: comparison with performance in adults with borderline personality disorder and in control subjects. Acta Psychiatrica Scandinavia, 2004, 110, 1: 45-54
- [20] Karatekin C. A test of the integrity of the components of Baddeley's model of working memory in attention-deficit /hyperactive disorder (ADHD). Journal of Child Psychology and Psychiatry, 2004, 45, 5: 912-926
- [21] Engle R W, Randall W. Working memory capacity as executive attention. Current Directions in Psychological

- Science, 2002, 11, 1: 19~23
- [22] Engle R W, Tuholski S W, Laughlin J E, et al. Working memory, short-term memory, and general fluid intelligence: A latent-variable approach. *Journal of Experimental Psychology: General*, 1999, 128, 3: 309~331
- [23] Kane M J, Bleckley M K, Conway A R A, et al. A controlled attention view of working-memory capacity. *Journal of Experimental Psychology: General*, 2001, 130, 2: 169~183
- [24] Conway A R A, Cowan N, Bunting M F, et al. A latent variable analysis of working memory capacity, short-term memory capacity, processing speed, and general fluid intelligence. *Intelligence*, 2002, 30: 163~183
- [25] Engle R W. Working memory as executive attention. *Current Directions in Psychological Science*, 2002, 11(1): 19~23
- [26] Conway A R A, Conwan N, Bunting M F, et al. Is working memory the basis of Spearman's g? Annual Meeting of the Psychonomic Society. 1999
- [27] Conwan N. An embedded-process model of working memory. In A. Miyake, P. Shah (eds). *Models of working memory: Mechanisms of active maintenance and executive control*. Cambridge, England: Cambridge University Press, 1999. 62~101
- [28] McElree B. Working memory and focal attention. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 2001, 27, 3: 817~835
- [29] Oberauer K. Access to information in working memory: Exploring the focus of attention. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 2002, 8: 411~421

## The Relationship between Working Memory and Attention in Researches of General Fluid Intelligence

Luo Ting, Jiao Shulan

*(Institute of Psychology, the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China)*

Wang Qing

*(School of Labor relation and human resource, Renmin University 100872, China)*

**Abstract:** The relationship between working memory and attention is regarded as the key to the relationship between general fluid intelligence and those 2, with researches on general fluid intelligence go on recently. Since function of the central executive of working memory is not identified, the relationship between controlled attention and working memory is still a problem. Two different points are hold among researchers: (1) working memory and attention interact in most situations; (2) they are with identical function and frame, thus actually one cognitive component.

**Key words:** general fluid intelligence, working memory, attention.