

## 工作记忆中央执行系统的理论演进研究综述

张依玲 韩晓

东南大学，南京

**摘要** | 工作记忆的中央执行系统作为认知加工的核心调控中枢，其理论内涵在近五十年的研究中经历了显著的演进。本文系统回顾了中央执行系统从早期模糊的“资源池”概念与“小矮人”隐喻，逐步向纯粹注意力控制系统演进的理论脉络。文章重点梳理了工作记忆模型在逻辑严谨性上的持续完善过程，并深入探讨了Miyake等对执行功能核心成分（转换、刷新、抑制）的实证解构以及认知神经科学的支持如何促成了中央执行系统向分离性研究的范式转型。最后，本文对该领域的未来研究方向进行了展望，强调了开发更高信效度、更“纯”的测量范式的必要性，并展望了执行功能在复杂现实认知任务及临床、教育领域中的生态化应用趋势。

**关键词** | 中央执行系统；工作记忆；执行功能

Copyright © 2025 by author (s) and SciScan Publishing Limited

This article is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/).

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>



### 1 中央执行系统的理论演进历程

#### 1.1 理论的诞生：工作记忆模型 (Baddeley, 1974)

中央执行系统的概念最初由Alan Baddeley和Graham Hitch在他们1974年的开创性论文中提出 (Baddeley A D & Hitch G J, 1974)。这篇论文挑战了当时流行的“短时记忆”的单一结构模型，提出了一个三成分“工作记忆”模型。工作记忆是指个体在执行认知任务（如推理、理解）的过程中，用于暂时储存与加工信息的一个系统。它被视为人类认知活动的核心与中枢，是学习、推理、问题解决和智力活动等高级认知功能的重要基础。相比于传统短时记忆的静态存储功能，工作记忆更强调了对信息的主动加工处理，而非仅仅是暂时储存。根据Baddeley的研究，工作记忆模型的各组成部分及功能在1992年逐渐清晰 (Baddeley A D, 1992)，包含三个

部分：（1）中央执行系统 (Central Executive)：负责工作记忆中的控制性加工；（2）语音回路 (Phonological Loop)：负责加工和存储语音信息；（3）视觉空间模板 (Visuo-spatial Sketchpad)：负责加工和存储视觉和空间信息。

语音回路和视觉空间模板作为两个子系统从属于中央执行系统，中央执行系统的概念由此诞生。中央执行系统是工作记忆模型中承担执行功能的系统，主要负责工作记忆中的控制性加工，包括各子系统功能之间的协调、注意资源的分配和控制等。在Baddeley和Hitch早期的工作记忆模型中，中央执行系统被设想为一个“资源池”，对信息加工和存储进行资源分配。它就像一个认知系统的总调度，决定要注意什么、忽略什么，以及何时启动何种加工。

但中央执行系统作为“资源池”的容量是有限度

通讯作者：韩晓，博士，东南大学副教授，研究方向：日语教育、心理语言学。

文章引用：张依玲, 韩晓. (2025). 工作记忆中央执行系统的理论演进研究综述. *中国心理学前沿*, 7(12), 1649–1652.

<https://doi.org/10.35534/pc.0712267>

的,即一次能够分配的处理资源是有限的。同时进行两项认知活动时,由于处理资源的不足,两项任务的速度和准确性可能会下降。Baddeley和Hitch(1974)采用的双任务范式对此进行了证实。他们要求被试在进行记忆数位数字记忆任务的同时,执行言语推理任务。如果该言语推理任务的执行确实需要工作记忆,那么在施加记忆负荷的状态下,任务成绩应该会下降。Baddeley和Hitch的实验利用这种记忆负荷程序展示了信息加工与存储的权衡。实验结果显示,随着记忆负载的增加(需要记忆的数字增多),言语推理的耗时也会显著延长。这揭示了处理活动和保持活动之间存在“权衡”关系。这一发现强有力地表明,信息的加工和存储功能在竞争一个共同的、容量有限的资源池,而这个资源池就被假定为中央执行系统。

### 1.2 理论的展开:工作记忆广度任务(Daneman & Carpenter, 1980)

Baddeley的工作记忆模型提出后,其研究进展呈现出显著的不平衡现象。语音回路和视觉空间模板这两个子系统由于功能相对简单、易于通过实验进行测量和验证,其研究得到了迅速发展。相比之下,作为模型核心的中央执行系统,其研究在提出后的十余年间几乎停滞不前。

1980年, Daneman和Carpenter采取了另外一种途径对工作记忆进行研究(Daneman M & Carpenter P A, 1980),他们着眼于工作记忆同步进行加工和存储的能力上,提出了测量工作记忆能力的方法:工作记忆广度任务。该方法首先运用于测量阅读理解能力上,即阅读广度测试(Reading Span Test, RST)。与测量被动存储的短时记忆任务不同,RST要求被试在阅读加工句子(如判断句子是否通顺或语义是否正确)时,记忆每个句子的第一个或最后一个词,之后再回忆所有记忆过的词。该测试的得分不是根据阅读理解或速度等语言处理成绩,而是根据所记忆单词的回忆成绩计算出来的。这种加工与存储相结合的范式,能更精确地测量中央执行系统分配和管理有限认知资源的能力,被许多研究者接受得到了迅速普及。回忆成绩的得分与阅读能力测试的成绩显示出高相关性,RST也被认为很好地测量了实际阅读过程中所需的工作记忆容量。

### 1.3 理论的转向:纯粹的控制系统(Baddeley, 1996)

在1974年的模型中,中央执行系统被赋予了极其广泛的职责,几乎是一个“无所不能”的实体。因此,中央执行系统也被隐喻为一个居于人脑中的无所不能的“小矮人”,意指一个虚构的中控单元,负责对任务进行加工、存储、决策等。这种定义的模糊性和功能的无限性,导致了一个经典的理论陷阱——“小人问题”。早期的工作记忆模型缺乏对中央执行系统内部运作机制

的具体描述,只是描述了什么被控制,并未解释是这种控制是如何产生的。中央执行系统发挥功能时,表现得就像一个住在人脑中的“指挥官”,被赋予了类似人类的灵魂和智慧。

为了解决这个问题,Baddeley在20世纪90年代中期对中央执行系统进行了关键的理论修正,将存储功能从中央执行系统中剥离。中央执行系统被重新定位为一个“纯粹的控制系统”(Baddeley A D, 1996)。其功能被限定为“执行功能”,如选择性注意、抑制特定信息、注意力转换、刷新信息等。

这一转向受到了Don Norman与Tim Shallice(1986)的注意力控制理论框架的深刻影响。Norman和Shallice对认知控制进行了明确的双重机制解释,提出了监督注意系统(Supervisory Attentional System, SAS)(Norman D A & Shallice T, 1986)。该理论区分了两类不同的行为控制途径:一类是日常生活中基于惯性的、高度自动化的认知与行为,这类行为通常由竞争调度系统(Contention Scheduling)调控。另一类复杂的认知行为,如制定决策或规划、处理新异任务、纠正执行错误,以及必须抑制强烈的习惯性反应等,则通过一个更高级别的调控中枢——监督注意系统进行调控。并且这种调控,仅在特定的、非自动化情境下被激活,实施“自上而下”的注意控制。这一理论框架为中央执行系统的功能重塑提供了理论蓝图,促使其概念内涵从早期模糊的无所不能的“小矮人”角色,精细化转变为一个仅在必要时激活、介入、专门负责非自动化高难度任务处理的注意力控制器。通过这种方式,中央执行系统的运作机制被具体化为SAS所描述的注意调控过程,成功地规避了“小人问题”,但随之也带来了一个新的“绑定难题”。

### 1.4 模型的重构:情景缓冲器的引入(Baddeley, 2000)

Baddeley将中央执行系统重定义为纯粹的控制后,模型丧失了整合多维信息的能力。如果中央执行系统、语音回路和视觉空间模板都不负责信息整合,那么来自视觉、听觉、空间或位置等不同通道的信息,是如何被“绑定”在一起,形成一个统一的、连贯的情景表征的呢?面对这个问题,Baddeley在2000年从理论上对中央执行系统模型进行了重构,在其模型中引入了第四个组件:情景缓冲器(Episodic Buffer, EB)(Baddeley A D, 2000)。

情景缓冲器被定义为一个容量有限的系统,充当不同信息源之间的“临时接口”负责整合来自语音回路、视觉空间模板和长时记忆中的信息,由此形成一个统一的、多维的、连贯的情景表征。在新模型中,中央执行系统仍然是纯粹的控制系统,但此时它可以通过指挥和控制情景缓冲器来实现信息的绑定、维持和操纵。

情景缓冲器的引入标志着Baddeley工作记忆模型的成熟,形成了新的四成分模型:(1)中央执行系统:

纯粹的注意力控制中枢（负责协调、转换、抑制、刷新等）；（2）情景缓冲器：受中央执行系统调控的、多维信息的整合性存储器；（3）语音回路：语音信息的存储器；（4）视觉空间模板：视空间信息的存储器。这个模型使中央执行系统变得更加清晰、功能更加完备且具有更强的可证伪性。

### 1.5 里程碑：执行功能的解构（Miyake, 2000）

随着中央执行系统概念的定型，这一领域的研究开始显现出较大进展。在Baddeley对中央执行系统进行模型重构的同时，认知心理学界，尤其是Akira Miyake等，正从实证角度出发，对“执行功能”这一更广泛的概念进行解构。

Miyake 等人（2000）的研究是中央执行系统发展史上的一个里程碑。该研究旨在解决一个核心争议：执行功能究竟是一个单一的、同质的资源，还是由多个可分离的、功能独立的组件构成的。Miyake团队使用潜变量分析（Latent Variable Analysis）的方法，对一系列复杂的执行功能任务进行了研究（Miyake A et al., 2000）。他们发现，虽然这些功能都依赖于一个共同的控制能力（即维持目标和抑制干扰），但它们也可以被清晰地分为三个相对独立的核心执行功能：（1）转换（Shifting）：在不同认知任务之间灵活切换的能力；（2）更新（Updating）：监视并实时更新工作记忆中信息的能力；（3）抑制（Inhibition）：抑制优势反应或无关干扰的能力。

Miyake等人的研究极大地推动了中央执行系统一系列“可分离的执行功能”观点的发展。更重要的是，这种实证上的解构，为心理学模型和认知神经科学之间搭建了一座关键的桥梁。研究者们可以开始精确地探讨大脑的哪个部分对应哪种特定的执行功能，后续研究也大多不再谈论笼统的中央执行系统，而是更具体测量转换、更新、抑制或更多功能。

关于中央执行系统的测量，在早期的研究中由于中央执行系统一直以来被看作是一个单一的结构，研究者们一般采用威斯康辛图片分类测验、汉诺塔任务以及随机生成任务等来进行测量。随着Miyake对其功能的解构，中央执行系统的测量也逐渐转变为对其独立的子功能的测量，推崇更“纯粹”的测量范式。如测量转换功能的经典范式就包括加法—减法转换任务、数字—字母转换任务、局部—全局任务；测量抑制功能的有Stroop任务、停止信号任务、Go/No-Go任务；测量刷新功能的有N-back任务、追踪任务、字母活动记忆任务等。

### 1.6 认知神经科学的支持

Miyake 等人对中央执行系统的功能解构，不仅在行为学层面厘清了执行功能的构成，更极大地推动了认知神经科学对其生物学基础的精准定位。

近年来，脑成像技术为中央执行系统可分离性的研

究提供了强有力的支持（周仁来，赵鑫，2010）。随着功能磁共振成像（fMRI）和高时间分辨率的事件相关电位（ERP）等无损测量技术的引入，工作记忆研究得以从一直以来的“行为推测”向“直接观测”转变。研究者不再仅依赖行为数据来间接推断大脑的加工过程，而是能够实时监测大脑在执行复杂认知任务时的动态活动，从而为工作记忆及中央执行系统的研究提供了实证基础。大量的认知神经科学证据以及脑损伤病人的研究，都一致指向前额叶皮层是执行功能的关键调控中枢，工作记忆的中央执行系统由前额叶调控已得到研究者的普遍认可（韩世辉，朱滢，2007）。中央执行系统的分离性研究在神经科学领域得到了进一步验证。

## 2 中央执行系统的未来研究展望

随着中央执行系统理论模型的日趋成熟，未来研究将不再局限于对基本结构的描述，而是向更深层次的机制解析与多领域应用拓展。

在理论维度上，未来的研究迫切需要改进实验范式，致力于开发信效度更高、能够精准分离控制功能与存储功能的“纯”测量工具，以解决中央执行系统研究过程中长期存在的概念统一与任务污染问题。在应用层面上，研究者正日益关注执行功能在生命周期中的发展轨迹，特别是针对儿童、老人等群体的执行功能缺陷、教学实践中遇到的学习困难以及认知训练的迁移效应展开深入探讨。此外，随着中央执行系统模型在生态效度上的增强，其应用领域已扩展至解释口译、二语写作等动态且复杂的现实世界认知活动，未来研究将进一步揭示执行功能在不同任务依赖情境下的资源配置与动态调控策略。

## 参考文献

- [1] Baddeley A D. (1992). Working memory. *Science*, (255), 556–559.
- [2] Baddeley A D. (1996). Exploring the central executive. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 49A(1), 5–28.
- [3] Baddeley A D. (2000). The episodic buffer: A new component of working memory? *Trends in Cognitive Sciences*, 4(11), 417–423.
- [4] Baddeley A D & Hitch G J. (1974). Working memory. In G. A. Bower (Ed.). *The psychology of learning and motivation: Advances in research and theory* (Vol. 8, pp. 47–89). Academic Press.
- [5] Daneman M & Carpenter P A. (1980). Individual differences in working memory and reading. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, (19), 450–466.
- [6] Miyake A, Friedman N P, Emerson M J, Witzki A H, Howerter

- A & Wager T D. (2000). The unity and diversity of executive functions and their contributions to complex “frontal lobe” tasks: A latent variable analysis. *Cognitive Psychology*, 41(1), 49–100.
- [7] Norman D A & Shallice T. (1986). Attention to action: Willed and automatic control of behaviour. In R J Davidson, G E Schwartz, D Shapiro (Eds.). *Consciousness and self-regulation* (Vol. 4, pp. 1–18). Plenum Press.
- [8] 齊藤智. (2002). 「認知心理学における中央実行系概念の変遷」『認知リハビリテーション』. (7), 1–8.
- [9] 陈天勇, 韩布新, 王金凤. (2002). 工作记忆中央执行功能的特异性和可分离性. *心理学报*, 34(6), 573–579.
- [10] 陈天勇, 韩布新, 李德明. (2003). 工作记忆中央执行功能研究新进展. *南京师大学报(社会科学版)*, (5), 92–99.
- [11] 韩世辉, 朱滢. (2007). *认知神经科学*. 广东高等教育出版社.
- [12] 吴婧怡. (2023). *中央执行功能的促进对小学生语文阅读能力提升的实验研究*. 青海师范大学.
- [13] 于薇, 张明. (2013). 工作记忆中的中央执行系统. *科技资讯*, (33), 247–249.
- [14] 赵鑫, 周仁来. (2014). 基于中央执行功能的儿童工作记忆可塑性机制. *心理科学进展*, 22(2), 220–226.
- [15] 赵鑫, 周仁来. (2011). 工作记忆中央执行系统不同子功能评估方法. *中国临床心理学杂志*, 19(6), 748–752.
- [16] 周仁来, 赵鑫. (2010). 从无所不能的“小矮人”到成长中的“巨人”——工作记忆中央执行系统研究述评. *西北师大学报(社会科学版)*, 47(5), 82–89.

## A Review of the Theoretical Evolution of the Central Executive System of Working Memory

Zhang Yiling Han Xiao

Southeast University, Nanjing

**Abstract:** As the core regulatory hub of cognitive processing, the theoretical conception of the Central Executive (CE) in working memory has undergone significant evolution over the past five decades. This paper systematically reviews the theoretical trajectory of the Central Executive, tracing its transition from the early, ambiguous “resource pool” and “homunculus” metaphors toward a refined attentional control system. The article highlights the continuous advancement of the working memory model in terms of logical rigor and explores how the empirical deconstruction of core executive function components (shifting, updating, and inhibition) by Miyake et al., supported by evidence from cognitive neuroscience, catalyzed the paradigm shift of the Central Executive toward a functional dissociation framework. Finally, the paper discusses future research directions, emphasizing the necessity of developing more “pure” measurement paradigms with higher reliability and validity, while envisioning the ecological application trends of executive functions in complex real-world cognitive tasks, clinical practice, and education.

**Key words:** Central executive; Working memory; Executive function