

工作记忆 与 语篇认知研究

鲁忠义 著



科学出版社

工作记忆与语篇认知研究

鲁忠义 著

国家社会科学基金资助项目
河北省社会科学重要学术著作出版资助
河北师范大学学术著作出版基金资助

科学出版社

北 京

内 容 简 介

“工作记忆与语篇认知研究”为国家社会科学基金资助项目(批准号为04BYY008),本书为该项目的最终研究成果。

本书共五章。第一章是工作记忆与语篇认知的理论与方法,第二至五章是实验研究。在理论与方法部分,主要讨论了四个方面的内容:工作记忆模型、工作记忆广度、工作记忆与语言理解的关系,以及长时工作记忆。实验研究部分包括四项大的研究。这四项研究之间的逻辑关系,既考虑了工作记忆的结构与内容,又考虑了语篇认知的研究内容。根据这些研究成果,第二章和第三章安排了中央执行系统(主要是工作记忆广度)与语篇认知(语篇阅读中推理和情境模型的建构)的研究,第四章是语音回路与语篇认知的研究,第五章则是长时工作记忆与语篇认知的研究。

本书可作为心理学专业、汉语语言学专业、英语语言专业的学生学习和研究的参考材料,也可供心理学和语言学的爱好者阅读。

图书在版编目(CIP)数据

工作记忆与语篇认知研究/鲁忠义著. —北京:科学出版社,2013

ISBN 987-7-03-036553-8

I. ①工… II. ①鲁… III. ①工作-记忆-研究 ②语言理解-研究
IV. ①B842.3 ②H0

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 021721 号

责任编辑:相 凌 / 责任校对:邹慧卿

责任印制:阎 磊 / 封面设计:华路天然工作室

科 学 出 版 社 出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

北京佳艺恒彩印刷有限公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2013年1月第 一 版 开本:720×1000 B5

2013年1月第一次印刷 印张:13 1/2

字数:258 000

定价:42.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

目 录

前言

第一章 理论与方法	1
第一节 工作记忆模型	1
一、工作记忆模型概述	1
二、语音回路	7
三、视空间模板	12
四、中央执行系统	16
五、情景缓冲器	25
第二节 工作记忆广度	26
一、阅读广度的测量	26
二、儿童工作记忆广度	34
第三节 工作记忆与语言理解	41
一、语音回路与语言理解	41
二、视空间模板和语言理解	43
三、中央执行系统和语言理解	44
第四节 长时工作记忆	46
一、长时工作记忆概述	47
二、长时工作记忆与熟练记忆理论	48
三、包括长时工作记忆在内的工作记忆理论框架	51
四、长时工作记忆与语篇理解	53
第二章 工作记忆广度与推理	58
第一节 工作记忆广度与语篇阅读中前向推理和后向推理的关系	58
一、引言	58
二、实验一	66
三、实验二	68
四、综合讨论	71
五、结论	73
第二节 工作记忆广度及语篇加工深度对整体目标推理的影响	73

一、引言	73
二、实验一	78
三、实验二	85
四、综合讨论	87
五、结论	88
第三节 大学生英语语篇阅读中的工作记忆与主题推理的实验研究	89
一、引言	89
二、实验一	100
三、实验二	107
四、综合讨论	109
五、结论	112
六、需要进一步研究的问题	112
第三章 工作记忆广度与情境模型	113
第一节 空间情境模型建立和更新的影响因素	113
一、引言	113
二、实验一	115
三、实验二	120
四、实验一和实验二的联合结果分析与讨论	122
五、结论	126
第二节 时间信息和工作记忆广度对情境模型加工的影响	126
一、引言	126
二、实验一	129
三、实验二	133
四、综合讨论	136
五、结论	138
第三节 时空信息和工作记忆广度对情境模型更新的影响研究	139
一、引言	139
二、实验一	143
三、实验二	148
四、综合讨论	150
五、结论	152
第四章 工作记忆模型中的语音回路与语言理解	153
工作记忆中的语音回路对汉语阅读理解的影响	153
一、引言	153
二、实验一	155

三、实验二.....	160
四、综合讨论.....	162
五、结论.....	164
第五章 长时工作记忆与语言理解	165
长时工作记忆中提取结构建立的影响因素.....	165
一、引言.....	165
二、实验一.....	176
三、实验二.....	181
四、实验三.....	183
五、综合讨论.....	186
六、结论.....	187
参考文献	189

第一章 理论与方法

第一节 工作记忆模型

在进行学习、记忆、思维及问题解决等高级认知活动时，人们需要一个暂时的信息加工与存储机制，它能够保存被激活的信息表征，以备进一步加工之用。尽管记忆的三级系统模型为记忆的研究提供了新的突破口，但是认知心理学家在研究记忆的历程中还是发现了记忆的三级模型所不能解决的问题，特别是一些短时记忆受损的病人并没有表现出相应的长时记忆的损伤。于是 Baddeley 和 Hitch (1974) 提出了工作记忆这一概念用以说明短时性的存储与加工。工作记忆与短时记忆有所不同，短时记忆系统是由单一的暂时信息存储所构成的系统，它只是工作记忆系统所具有的复杂功能之一，工作记忆还包含注意控制和复述保持等加工过程。工作记忆是由三个相对独立的成分组成的复杂系统，它在言语理解、问题解决、推理和学习等高级认知活动中具有重要的作用。同其他理论相似，工作记忆的理论体系在发展的过程中也曾遇到并仍然面临一些无法合理解释的难题，比如一些象棋大师可以在短时间内记忆数量非常巨大的棋谱信息，而且经过一段时间的分心作业之后，他们能不费太大力气便把这些棋谱信息再回忆出来。于是研究者在最初的理论基础上又提出了长时工作记忆的概念，从而对专家操作等熟练记忆现象提供了有力的解释。另外，Baddeley 等 (2000) 在随后的研究中，也发现了三成分工作记忆模型的一些缺陷，并通过进一步的研究提出了四成分工作记忆模型。在研究方法上，工作记忆的相关研究多采用双任务操作的实验范式，而且神经心理学的研究手段也已被广泛采用。本节将主要探讨工作记忆概念和工作记忆模型的提出与发展，以及模型中各成分的相关研究。

一、工作记忆模型概述

(一) Baddeley 和 Hitch 的工作记忆模型

1. 工作记忆概念的提出

工作记忆的概念是从对短时记忆系统的研究中提出来的。艾宾浩斯在无意义音节的系列学习中发现，当这些音节只学习一次时，通常人们可以回忆出 7 个音

节。实际上这就是短时记忆现象,不过他没有把它从记忆中区分出来。1890年,James在《心理学原理》中提出了初级记忆和次级记忆的概念。第二次世界大战后,由于工程技术的需要,在信息论等新兴学科的影响下,心理学家开始研究容量有限、保持短暂的短时记忆现象。1965年,Waugh和Norman借用James的两个术语,提出了两种记忆系统的模型,模型中的初级记忆就是指短时记忆。临床发现、动物实验和心理学的自由回忆实验等为短时记忆的存在提供了大量的证据。

当感觉记忆被提出和确认后,两种记忆系统模型就显得不够完善。于是,1968年Atkinson和Shiffrin将感觉记忆吸收到记忆系统中来,提出了记忆的三级系统模型,并于1969年将它加以扩展。在这个模型中,信息通过感觉登记进入短时记忆系统。短时记忆系统有两个功能:一是它可以作为一种缓冲器,信息在到达长时记忆之前可以在这里得到暂时存储;二是它作为一种加工器,通过复述将信息转入到长时记忆中。短时记忆系统的这两个功能已含有工作记忆的思想。虽然记忆的三级系统模型是一个影响非常大的学说,但是该模型遇到了无法解决的问题,特别是它不能解释短时记忆受损的病人没有表现出长时记忆也受损,并且在一般的认知行为中也没有出现问题这些现象。因为根据三级记忆模型,如果短时记忆受损,信息就无法通过短时记忆顺利地存储到长时记忆中,短时记忆的损伤一定会影响长时记忆。三级记忆模型遇到的另一个困难来自某些研究的发现,这些研究表明仅在短时记忆中复述的信息并不能保证进入长时记忆(Craik & Lockhart, 1973)。Craik和Lockhart由此提出了加工水平说,认为记忆痕迹的持久性是加工深度的函数。Baddeley和Hitch(1974)对此现象进行了实验研究,并且得到了用三级记忆模型无法合理解释的结果。他们用双任务(dual task)操作来模拟短时记忆受损伤的病人的记忆机制。在他们的实验中,视觉呈现含有0、3、6个数字的数字组,同时听觉呈现16个无关的单词;或者相反,以听觉方式呈现数字组,以视觉方式呈现无关单词。要求被试记忆数字和单词,并对单词进行即时或延时的回忆。结果发现,3个数字的数字组并没有对长时记忆有多大的损害;6个数字的数字组有中等影响,但对单词近因效应没有影响。这个实验结果用三级记忆模型无法解释。根据三级记忆模型,在这种双任务作业中数字的记忆一定会占用短时记忆的空间,因此会影响对单词的短时存储和提取,使单词的短时记忆不能产生近因效应,进而对单词的长时记忆产生影响。三级记忆模型遇到了解释不了的难题。

Baddeley和Hitch又研究了推理和理解等认知活动,也发现了类似的特性。在此后的一项实验研究中他们要求被试在完成一项推理任务的同时记忆数字序列,这个数字序列的长度从0个到8个不等,同时进行的推理任务是根据早期心理语言学的研究发展而来的。实验时给被试呈现由A和B两个字母组成的字母

序列, 如 AB 或 BA, 要求被试对一系列描述 A、B 两个字母的排列顺序的句子做出判断。这些句子有简单的陈述句也有复杂的被动句和否定句, 比如呈现 BA, 那么句子“B 在 A 的前面”是正确的, 而句子“A 不在 B 的后面”就是错误的。实验结果发现, 随着记忆负荷的增长, 被试完成推理作业所用的时间也逐渐增多。但是句子判断的正确率却没有随着记忆负荷的变化而变化, 基本上保持稳定 (Baddeley, 1968)。若按照短时记忆是由单一部件组成的假设, 那么当记忆任务为 8 个数字, 即达到短时记忆广度的极限时, 被试进行推理作业的成绩就应该下降得非常厉害, 甚至不能完成才对, 可是事实恰恰相反。为了更好地解释这些现象, 在多年实验研究的基础上, 1974 年 Baddeley 和 Hitch 提出了一个由容量有限的注意系统控制的多组成部分的工作记忆模型。

2. Baddeley 和 Hitch 三成分工作记忆模型

Baddeley 和 Hitch (1974) 提出的三成分工作记忆模型认为, 工作记忆与短时记忆不同, 它不是由单一成分构成的系统, 而是一个由三个独立的成分组成的复杂系统。这三个成分是: 中央执行系统 (central executive system)、语音回路 (phonological articulatory loop) 和视空间模板 (visual-spatial sketchpad)。其中, 中央执行系统是工作记忆模型的核心。它负责各子系统之间以及它们与长时记忆之间的联系, 还负责注意资源的管理和策略的选择与计划。语音回路是专门负责以声音为基础的信息存储与控制的装置。它由两部分构成, 一部分是语音储存, 语音代码可以在此保持大约 2 秒, 随着时间的推移, 编码的内容逐渐衰退以致消失; 另一部分是发音控制, 通过默读复述防止语音表征的消退。另外, 发音控制装置还可以将书面语言和图形转换成语音代码存储在语音储存装置中。不过, 口语的信息可以直接进入语音储存装置。视空间模板处理视觉空间信息, 包括视觉元素和空间元素两部分。信息可以直接进入视空间模板 (如直接知觉到的信息), 信息也可以间接进入视空间模板 (如从记忆中产生的表象)。工作记忆模型如图 1-1。

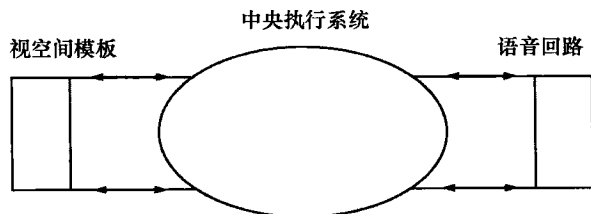


图 1-1 Baddeley 和 Hitch 的三成分工作记忆系统模型

(引自: Baddeley, 1990, p52)

3. 三成分工作记忆模型的缺陷

三成分工作记忆模型的提出,受到了人们的广泛关注,引起了大量有价值的行为学和神经科学的实验研究。这些研究证实了这三个子系统的存在,但随着研究的进展,三成分工作记忆模型暴露出了一些缺陷,对许多实验结果不能进行解释。根据 Baddeley (2000, 2001, 2003) 的看法,三成分记忆模型有以下几个方面的缺陷:

第一个缺陷是各个子系统与长时记忆的分离。由于它们的分离,难以解释一些实验结果。比如,在 Baddeley 等 (1987) 的实验中,对无关单词的回忆广度是 5 个单词,而对句子的回忆广度却有 16 个单词之多。可以认为,多出来的这 10 多个项目来自长时记忆。还有,在材料有意义的情况下,即时回忆对语义相似性是很敏感的。再有,无关单词的广度容易受到词频和可想象性等因素的影响,而这些因素一般认为存在于长时记忆中,而不是语音回路中。

这一问题还可以通过 Baddeley 等 (2000) 的另一个实验来说明。在实验中,让被试先形成表象,并评价表象的生动性(清晰度),然后再同时进行干扰任务——发音抑制和空间抑制,其中主任务是评价表象的生动性。实验结果发现语音抑制和空间抑制会干扰工作记忆模型的两个子系统的工作。当被试对他们所看到的或听到的图像或声音形成新的视觉表象时,发音抑制降低了听觉表象清晰度;而空间抑制则降低了视觉表象的清晰度,这是对两个子系统作用的很好说明。但是,当要求被试从以往的长期经验中形成表象时,如形成对当地的超级市场或电话聊天的表象时,情况就改变了,两个子系统仍然起着重要的作用,但长时记忆因素显得更为重要,表象的清晰度更多地取决于场景是活跃的还是消沉的,是惯常的还是新异的等因素。这个实验说明被试能够对表象的生动性和意义进行判断,反映了工作记忆和长时记忆因素的结合。但是,原来的模型还不能解释这种信息的结合。

第二个缺陷是三成分模型中的中央执行系统没有存储能力,这就不能很好地解释某种病人对文章段落的回忆。一般说来,脑损伤病人对文章段落的即时回忆和延迟回忆成绩都很差,但是有一些深度遗忘病人,他们的即时回忆成绩很好,延时回忆成绩却为零。这样的深度遗忘病人智力表现良好,而且他们的中央执行系统也能够正常地工作。然而,因为三成分模型设定其子系统的容量有限而且中央执行系统是纯粹的注意系统,其自身没有存贮能力,这就难以很好地解释这种现象。因为深度遗忘病人具有记忆复杂材料的能力,当然也能够记忆文章。Tulving 描述了一个深度脑损伤的病人还是一个很好的桥牌选手,他不但能够记住规则,而且也能够在一场比赛的过程中记住每张卡片所在的位置从而能够战胜对手取得胜利。如果中央执行系统仅仅是一个纯粹的注意系统而没有存贮能力,就不能说明这种现象。这样看来,似乎有证据表明存在一个临时存贮装置,它能

够保持、加工和过一段时间后使用这类信息，这就远远超出了工作记忆的容量。

第三个缺陷是语音回路和视空间模板两个不同子系统的分离。近期研究证明，即使是简单的言语单元也都是言语和视觉编码的结合。如果语音回路和视空间模板是分离的，那么信息在哪里结合，如何结合？如果有这种情况，又是在什么水平上的共同编码呢？要解决这些问题，就需要对三成分模型进行修正，增加一个成分把语音回路和视空间模板两个子系统联结起来。

4. Baddeley 和 Hitch 的四成分工作记忆模型

Baddeley 认为，上述这些缺陷主要是对不同类型的信息如何加工，并对这种加工过的信息如何保持以及如何分别注意的问题。而这些问题主要是由于缺少了一种保存不同信息加工结果的次级记忆系统所引起的，而语音回路和视空间模板的信息统一保存也确实需要一种这样的次级记忆系统。正因为如此，Baddeley (2000) 对原来的三成分工作记忆模型进行了调整，增加了一个新的成分——情景缓冲器，从而建构了新的四成分工作记忆模型。

四成分的工作记忆模型见图 1-2。该模型分为三个层次，第一层为中央执行系统，完成最高级的控制过程；第二层是三类信息的暂时加工，包括视空间模板、情景缓冲器和语音回路三个辅助的子系统；第三层是长时记忆系统，包括视觉语义、情景长时记忆和语言。第一、二层属于流体系统 (fluid systems)，第三层属于晶体系统 (crystallized systems)。该模型强调工作记忆和长时记忆之间的联系以及各子系统信息整合的加工过程。

从图 1-2 中可以看到，情景缓冲器与视空间模板、语音回路一样作为中枢执行系统的次级记忆被置于受中枢执行系统控制的信息保持系统的位置之上，情景缓冲器的作用是在中枢执行系统的控制之下保持加工后的信息，支持后续的加工操作。Baddeley 认为，这个模型不同于 Tulving 的“情景记忆” (episodic memory)，因为它指的是暂时的存贮结构，而后者是一种长时记忆，尽管两者联

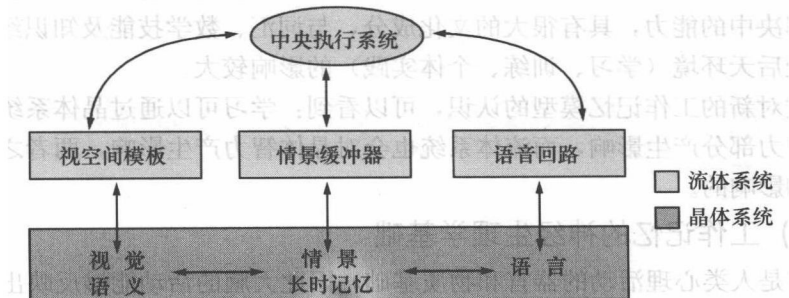


图 1-2 四成分的工作记忆模型

(引自：Baddeley, 2001, p863)

系紧密；它也不同于 Ericsson 和 Kintsch 提出的长时工作记忆，其指的是一个独立的短时记忆系统，可以激活长时记忆并且和早期的三成分模型联结起来。

这个模型与三成分工作记忆模型相比主要有三点不同：

第一，通过情景长时记忆和情景缓冲器把两个子系统（视空间模板、语音回路）与语言、视觉语义明确地联系了起来。尽管这方面的证据主要来自于语言方面（Baddeley, Gathercole & Papagno, 1998），一般认为类似的视空间联系过程也存在同样的证据。视觉语义（visual semantics）是指非语言的语义信息逐步累积的结果，如物品的典型颜色或某种动物或某人运动的特点，还有物理和机械世界的难以用语言表达的知识等。这种信息流程是双向的，两个子系统的信息可以进入有关的长时工作记忆领域，而它们本身也得到内隐的语言知识和视觉空间知识的支持，这样，比起原来的工作记忆模型来，使得像假词和类似于真实物品的模式更容易被回忆。

第二，这个模型的主要变化，就是情景缓冲器。它能够联结来自长时记忆和两个子系统的信息。但在两个子系统（视空间模板、语音回路）和缓冲器之间还没有箭头（直接的连线），这是最初的假设，即信息的这种转换关键是在中央执行系统，所以这种连线暂时没有出现。不过，Baddeley 和他的同事正在进行研究，随着研究的深入，这种连线也许很快就会出现。

第三，视空间模板、情景缓冲器和语音回路这些浅色阴影的部分（图1-2）表示流体智力系统（如注意和暂时存贮），它们本身不能直接通过学习而改变；而视觉语义、情景长时记忆和语言这些深色阴影的部分则表示晶体认知系统，它能够积累长时知识（long-term knowledge）。根据美国心理学家 Cattell（1963）提出的智力结构学说，将 Spearman 的一般智力分成了两种普通因素：流体智力和晶体智力。Cattell 认为流体智力包含“推理能力、记忆容量和信息加工速度”等知觉、认知能力和操作技能，与遗传（天赋）因素关系较为密切，它像小溪流水一样，对人的智力长期起作用；晶体智力则包含了将已获得的知识 and 技能应用到问题解决中的能力，具有很大的文化成分，与词汇、数学技能及知识经验关系密切，受后天环境（学习、训练、个体实践）的影响较大。

通过对新的工作记忆模型的认识，可以看到：学习可以通过晶体系统间接地对流体智力部分产生影响，而流体系统也会对晶体智力产生影响，两者之间是相互作用和影响的。

（二）工作记忆的神经生理学基础

大脑是人类心理活动的器官和物质基础，因此大脑的活动能够反映出人的心理活动的状态和特点。随着神经生理学研究技术的不断发展，人们对包括工作记忆在内的许多认知心理领域的研究都取得了非常大的进展。其实早期的电生理学研究已经为工作记忆的存在提供了部分证明，如 Fuster（1971）用猴子作为研究

对象,发现额叶前部的细胞在工作记忆工作的期间处于放电的状态。

此后的一些研究结果为工作记忆的多成分组成理论提供了支持。Wilson 等(1993)通过测量与不同视域有关的前额叶皮质区域(prefrontal cortex)的神经元活动,探明了前额叶皮质中负责物体识别的工作记忆与负责空间位置的工作记忆分别位于不同的部位。但是,她认为工作记忆的每个子系统都有一个自己的中央加工器,而不存在统一的、能提供各项服务的中央执行系统。研究者应用脑成像技术进行的有关研究也发现了类似的现象。利用计算机辅助正电子发射断层扫描技术(PET)发现,人类识记脸部特征与识记位置的工作记忆分别位于额叶皮质的不同区域。近期的大量研究还发现,皮质的额叶部分除了有存储的功能之外,还有某些执行功能。D'Esposito(1995)的研究为额叶皮质的执行功能提供了直接的证明。他要求被试在操作单词类别判定的同时进行心理旋转。结果发现,被试额叶前部皮质46区的细胞非常活跃,而当被试分别完成这两项任务时额叶皮质却没有这种激活现象。这表明该区细胞负责在双任务协调中控制注意的快速转换。以上的研究告诉我们,额叶不仅可以保持工作记忆中的数据,还能在推理活动中起到协调各感觉区域的作用。随着脑成像技术的不断发展,以及实验方法的进一步科学化,心理学研究者们将会逐步把额叶皮质在工作记忆中的各种功能进行细化,而且终究会弄清额叶皮质是如何与脑部其他区域协调工作从而在工作记忆中发挥作用的。

综上所述,工作记忆虽然只持续很短的一段时间,但它对人类的信息储存与加工,对推理、决策、语言、思维甚至是行为组织都具有重要的意义。随着工作记忆研究的不断发展,对Baddeley和Hitch提出的工作记忆模型也做了许多的修改和完善。Cowan(1995)提出了一种新观点,他们认为从属系统(slave system)即语音回路和视空间模板之间并非一定存在结构上的差异。相反,从属系统的结构是一致的,但是系统保持的表征的性质是变化的。可以用许多不同的形式保持表征,有听觉的、语音的(phonetic)、发音的(articulatory)、视觉的、空间的、正字法的(orthographic)、词汇的、语义的等。同一个结构可以保留无数表征形式,并且不管保留什么形式的表征,该结构都有同样的性质。也就是说,从属系统的结构组成部分不会有任何变化,它们是结构本身所固有的。因此,语音信息与空间性的信息相互区别不可替换是因为激活了不同类型的特征,而不是因为有不同的存储模块的缘故。下面将详细地论述有关工作记忆模型的各组成部分以及相关研究。

二、语音回路

如前所述,Baddeley和Hitch所提出的工作记忆模型是一个多组成部分的模型。其中,语音回路是研究比较多也是比较深入的一个子系统。语音回路包含两

个次级组成部分：语音库（phonological store）和发音控制加工（articulatory control process）。语音库保持以语音或言语（speech）为基础的材料痕迹，但保持时间十分短暂，这些记忆痕迹在大约 2 秒之内就会衰退。它对顺序信息的保持尤其重要。发音控制加工有两个功能：通过默读复述（sub-vocal rehearsal）刷新语音库中的记忆痕迹，使之保持下来；通过默读命名（sub-vocal naming）记录视觉方式呈现的材料，以便将书面语言转换为语音代码储存在“语音库”中。语音回路中保持的项目数量是记忆痕迹消退速率和默读复述重新激活速率的联合函数。下面的一些研究为语音回路的结构成分提供了证据。

（一）语音回路的实验证明

语音回路的结构可以由语音相似效应（phonological similarity effect）、无关言语效应（irrelevant speech effect）和词长效应（word-length effect）等诸多现象来证明。

Conrad、Hull（1964）和 Baddeley（1966）认为，语音相似效应是指发音相似的词或字母在即时系列回忆中的效果很差，比如 PGTVCD 就要比 RHXKWY 更难被记住。这主要是因为语音存储只是依靠语音代码，语音上相似的编码使项目之间只有很少的可以相互区别的特征。因此，损害了提取，使回忆的效果很差。

有些人的研究（Colle & Welsh, 1976; Salame & Baddeley, 1982, 1989）认为无关言语效应是指，即时系列回忆任务受到听觉输入的无关言语材料的干扰，从而破坏记忆痕迹的现象。无关言语效应与无关材料的意义无关，言语形式的干扰材料不管是外语还是本国语都产生同样的影响。但是干扰材料必须是言语形式的，因为实验发现只是非言语形式的噪音对记忆效果没有影响。他们还发现音乐的干扰效应介于噪音和言语之间，而音强也不是重要的变量。所以无关言语效应也不能简单归因于干扰。这些实验结果表明，无关言语效应的产生可以归因于语音回路结构中的语音存储。

词长效应可以证明语音回路中存在的另一个成分：发音控制加工。单词长度效应是指对单词的即时系列回忆与其发音的时间长短有关。传统的观点认为，单词长度效应是由于长单词要花费比较长的时间，因为先读过的单词的记忆痕迹已经衰退，需要花费时间来恢复这些记忆痕迹，因此即时系列回忆的效果就差。对双语被试的实验研究发现，单词长度效应是存在的。Ellis 和 Hennelly（1980）发现，在韦氏儿童智力量表（Wechsler Intelligence Scale for Children, 简称 WISC）测验中威尔士语版要比英语版测验得出的数字广度差。基于这个现象，他们用威尔士语为母语的威尔士语和英语的双语者为被试，分别在两种语言条件下进行研究，发现在用数字个数来测量记忆广度时，英语条件下记忆的数字广度比较大；而用全部的发音时间（spoken time）来测量其数字广度时，用英语与

用威尔士语的记忆广度一样好。这是因为读威尔士语的数字要花较长的时间。由此可以假设单词长度效应取决于语音存储的默读复述的速度。后续的实验研究了英语、威尔士语、希伯来语、西班牙语、阿拉伯语和汉语被试的词长效应,结果都发现,语音记忆痕迹消退的时间大概是2秒钟,而各种语言的复述时间和顺序记忆广度却有很大不同,复述所需的时间越长,记忆的广度就越小。其他实验还发现儿童期数字广度显著增长的原因也是因为发音速度的提高造成的,数字广度的增长与言语速度的增长是同步的(Hitch & Halliday, 1983; Hulme, Thomson, et al, 1984; Nicolson, 1981)。

在另外的一些实验里,当要求被试在序列记忆任务中不断重复无关的发音,例如,不断发出单词“the”来抑制默读复述时,即时系列回忆的数字广度就减少了。这种现象称为发音抑制(articulatory suppression)。当要记忆的材料以视觉方式呈现,并且要被试进行发音抑制时,无关言语效应和语音相似效应就都消失了;若以听觉方式呈现时,效应则依然存在。这是因为视觉形式输入的信息要在语音存储中保存,就必须将其重新转换成语音编码的形式。发音抑制使视觉呈现的记忆广度项目不能记录到语音存储中。因为语音存储被排除在被试的行为操作之外,语音相似效应或无关言语效应就不会发生任何作用。除此之外,不管是视觉呈现还是听觉呈现,发音抑制都会影响词长效应。这是因为词长效应由默读复述速度决定,如果进行发音抑制就率先占用了发音控制成分,使默读复述不能进行,那么该效应自然就不会发生(Baddley等, 1984)。总之,发音抑制彻底干扰了语音回路的加工,使它不能正常地对视觉呈现的材料进行默读命名,并进而把它记录到语音存储中,同时也不能对听觉材料进行刷新,使之得到保持。这些研究证明了发音控制加工的转换编码功能,以及默读复述功能。

除了以上这些实验证据之外,神经生理学方面的研究也提供了一些有力的支持,其中之一就是对短时记忆病人的记忆损伤的研究。按照工作记忆模型的假设,如果一个病人的语音存储出现损伤,那么这就可以作为他记忆广度下降以及长时语言学习等一般认知操作出现缺陷的解释。Vallar和Baddeley(1984)研究了病人P. V.的短时记忆技能,她在其他各方面包括智商、长时记忆、语言表达的表现都很正常,只是对于视觉呈现没有非常明显地表现出语音相似效应和单词长度效应,而对于听觉呈现却受到语音相似效应的影响。这表明她不能使用视觉呈现的项目的语音贮存。如果让她使用其他的编码方式,她就可以对所呈现的材料进行较好的回忆。由于她对听觉呈现的材料表现出与常人相似的操作能力,因此她不完全是在语音存储有缺陷,同时又因为她对于视觉呈现的材料表现出操作缺陷,而且完全不受发音抑制的影响,所以可以认为P. V.的语音回路的默读命名功能受到了损伤。

在另一项对病人G. B.的短时记忆研究中发现,G. B.虽然在19岁时也因脑

伤完全丧失了控制发音肌肉来产生语音的能力，但他在视觉、听觉材料的即时回忆中出现了词长效应。这就说明默读复述与外部发音活动无关，而可能与言语活动计划能力有关系。此后的一项研究证明，外部发音正常而言语活动计划能力受损的病人无法进行默读复述。由此可见，默读复述至少涉及抽象指令和言语肌肉组织两部分。

还有一些对构音障碍（dysarthria）患者的研究也为探讨语音回路的本质特点提供了帮助。构音障碍是指那些脑损伤的病人会失去发音（articulate speech）的能力，但是他们的语言加工过程并没有损伤；在他们的身上可以观察到语音相似效应和单词长度效应（Baddeley & Wilson, 1985）。Bishop 和 Robson（1989）的研究表明，患先天构音障碍的儿童可以形成相当正常的语音回路系统，这也为他们有语音相似效应和单词长度效应提供了证明。这些实验研究的结果表明充分地复述并非由发音的能力决定，它有可能建立在某个中央命令操作的基础上，而不是建立在周围神经系统操作的基础上。这说明构音障碍与语音回路无关。

综合以上的实验我们可以看出，内部言语的发展和操作不依赖于外显的言语机能，而且“语音回路”的名称似乎比“发音回路”更适用于工作记忆。有趣的是，那些有先天构音障碍缺陷的人仍然拥有正常的内部言语能力，这可能说明语音回路在人的认知发展过程中起到了非常重要的作用，下面我们就来讨论这个问题。

（二）语音回路的作用

1. 语言理解

通过前面的实验研究可以做出这样的设想，语音回路似乎与人的语言理解、语言学习等与语言有关的认知活动有着密切的联系。在先前提到的发音抑制实验里心理学家发现，在阅读理解过程中，当强制被试大声重复与阅读的句子无关的语音（如 the, the, the 或 1~6 个数字）时，这个语音信息就会进入语音存储系统，从而导致发音控制加工（即语音复述装置）失去作用，就是说抑制了被试对正常语句的发音。其结果就会使读者的阅读理解成绩下降。Waters 等（1987）进行了这方面的研究，在其中的一个实验中，给被试呈现一些含有不同数量命题和句法上复杂程度不同的句子，如下面的四个句子。

（1）It was the gangsters that broke into the warehouse.（正是这些匪徒破门进入仓库。）

（2）It was the broken clock that the jeweller adjusted.（珠宝商调试的就是这只破钟。）

（3）The man hit the landlord that requested the money.（这个人打了要租金的地主。）

(4) The meat that butcher cut delighted the customer. (屠夫割下的这块肉使顾客很高兴。)

在这四个句子中,前两个句子都只有一个命题,后两个句子都含有两个命题。第二句和第四句在句法上较其他两句要复杂。被试的任务是对句子进行语义判断,记录反应时(判断时间)。实验设计是①阅读过程中同时进行抑制发音;②阅读过程中伴随打拍子活动;③阅读时不做其他活动。不同条件下的反应时如表 1-1。

表 1-1 不同条件下语义判断的反应时 (ms)

实验条件	一个命题	两个命题
发音抑制	2482	3245
打拍子	2186	2794
无活动	2204	2730

(引自: Waters, Caplan 和 Hildebrandt, 1987)

从实验结果可以看到,当阅读只有一个命题的句子时,抑制发音条件下的反应时同其他条件下的反应时相比没有显著差异,但当阅读含有两个命题的句子时,抑制发音效应十分明显。这说明阅读较复杂的句子时,被试需要将两个或更多的命题整合起来。例如,在这个例子中,需要把“地主向那个人要租金”这个命题与前半句的命题“地主被打”整合起来,形成一个连贯的意义表征。如果进行抑制发音,被试就不能有效地整合命题,从而使反应时增加。这里可能会引起人们的一个疑问,抑制发音使反应时增加,是不是因为被试同时进行了阅读与抑制发音这两种活动造成的呢?实验还发现,打拍子与抑制发音一样,也是与阅读同时进行的另一项活动,但打拍子时却没有增加对句子的判断时间。因此,抑制发音的确影响阅读理解。

已有研究还发现绝大多数的短时记忆损伤的病人,在日常生活条件下很少有理解困难的情况,只是在遇到复杂的句子时会发生理解困难。由此可以推论,要么语音回路对理解起到辅助的作用,要么绝大部分的短时记忆受损的病人剩余的语音回路的能力足够应付日常生活中的大部分情况。因此可以认为语言理解离不开暂时记忆存储,而语音回路的语音存储则有暂时存储语音编码的功能,因此在理论上,语音回路应该对理解起到重要作用。

2. 阅读学习

语音回路在人的阅读学习过程中所起的作用是被一系列的实验研究所证明的。Miles 和 Ellis (1981) 的研究发现,那些智力正常但是在学习阅读中有问题的儿童所共有的一个显著特点是,记忆广度存在缺陷,而且他们在那些不直接测量记忆的测试中同样表现较差。这类测试大都是包括语音操作或者需要语音觉察