

王亚同 刘亚丽◎编著

高级认知研究

认知结构、语言理解与类似性

Research on Higher Cognition
Cognitive Architecture,
Language Comprehension and Similarity

王亚同 刘亚丽◎编著

高级认知研究

认知结构、语言理解与类似性

Research on Higher Cognition
Cognitive Architecture,
Language Comprehension and Similarity

科学出版社
北京

图书在版编目(CIP)数据

高级认知研究——认知结构、语言理解与类似性 / 王亚同, 刘亚丽编著.
—北京: 科学出版社, 2009

ISBN 978-7-03-024646-2

I. 高… II. ①王…②刘… III. 认知科学 IV. B842.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 083647 号

责任编辑: 牛玲 付艳 苏雪莲 / 责任校对: 陈丽珠

责任印制: 赵德静 / 封面设计: 无极书装

编辑部电话: 010-64035853

E-mail: houjunlin@mail.sciencep.com

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>

铭浩彩色印装有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2009年6月第一版 开本: B5 (720×1000)

2009年6月第一次印刷 印张: 16 1/4

印数: 1—2 500 字数: 328 000

定价: 42.00元

(如有印装质量问题, 我社负责调换〈长虹〉)

前 言

人类的心理是一个很大的模块，这个大模块由许多小模块构成，包括低水平的知觉模块与动作模块，也包括较高水平的认知加工模块。知识表征、语言理解、学习、推理与问题解决都是较高水平认知加工的重要方面。我的研究兴趣一直是心理语言学的句子理解与课文理解以及类比推理，所以我将本书起名为《高级认知研究》。本书由认知结构、语言理解和类似性三大部分构成，基本上可以反映高级认知的一部分重要知识。

第1章的“认知结构”说明什么是认知结构。认知结构的框架是认知的总体观点，一种框架可以被细化为不同的理论，理论进一步形成一些预测，还要增加一些相关的假设来解释这种理论即一个模型，一种理论解释认知的一个方面便构成一个模型，一个模型可以用一个或者几个实验来测试。本章介绍了四种认知结构框架，包括 EPIC、ACT-R、SOAR 和 4CAPS。第2章的“认知发展”以两种计算模型，即产生式系统与联想系统为基础探讨认知发展机制的来龙去脉。认知发展领域的基本问题涉及儿童知识的结构与内容以及儿童知识增长状态的发展特点。第3章讨论心理语言学的句子理解与课文理解。句子理解重点介绍了暂时歧义消除的竞争整合模型；课文理解介绍的主要模型是课文理解策略模型，这个模型是目前被广泛用于课文理解研究的建构观点。另外，人类认知的重要方面就是人能够感知类似性与类比，这对于识别、类概念形成和学习非常重要，因为认知研究者通过大约30年的研究已经意识到，人类的推理不仅与一般的推理规则以及具体的知识有关，而且受背景的影响很大，与这种推理系统有关的学习就是增加一些事实以及应用相同的推理规则。成功的学习者能够掌握记忆中已有的最相关知识，因此这种知识可被当作学习新东西的起点。第4~6章论述类似性在类概念形成与类比推理中发挥的重要作用。在第7章作者介绍了自己的实验研究成果。

20多年的研究生涯让我深深地感受到，要做好心理学研究并非一件简单的事情，做什么研究以及如何深入地做好研究是我常常思考的一大问题。然而仔细观察一下不难发现，国外著名心理学家不仅实验研究做得多、做得好，而且其抽象理论功底也非常深厚。每每遇到问题，我便找一些国外著名心理学家的基本理论来“充电”，我最爱看的一本杂志就是美国的《心理学评论》（*Psychological Review*），它几乎可以解决我所面临的任何问题，是非常合适的“充电器”，我从

中受益匪浅。心理学的基本理论问题解决了，研究的思路便开阔了，研究的成果便层出不穷。当然需要强调的是，良好的学术氛围是能够做好研究的基本前提。

2007年11月，我有幸获得第二次公派留学机会来到英国莱斯特大学心理系学习，其间让我感触颇深的有两件事：一是英国教授在作学术报告之前必须进行演练，让其他教授提出改进意见；二是要求我在完成眼动实验材料编制之后必须将其打印出来，然后再进行手工校对。这种做学问的认真精神让我感到震惊。当然，国外大学的学术风气扩散到国内恐怕还需要些许时日，但是我们的确极力渴望深层次的良好学术氛围。

在阅读了国外心理学家的一些文章之后，我发现非常有必要将这些文章介绍给我们的心理学研究者，因此利用研究之余我整理了一些重要的文献，结合我近几年的研究实践写成了《高级认知研究》一书。我的经验是：认真阅读英文原版著作，深入理解并领会其中的论述，反复推理推敲研究的奥秘，对人类复杂的心理终有所悟。

本书的主要内容涵盖了国外相关领域研究的最新进展，书后附有参考文献，对认知研究感兴趣的读者肯定可以通过阅读原文获得更大的收获。由于心理学专业知识与英语水平的局限，书中的句子难免有艰涩之嫌，但是我们已尽最大努力来解释和说明国外最新的心理学研究成果，以飨读者，这就是我们出版本书的愿望与初衷。

本书的第3章由河南大学教育科学学院心理与行为研究所心理语言学副教授刘亚丽女士撰写。

王亚同

河南大学教育科学学院心理与行为研究所

2008年5月于英国莱斯特大学

目 录

前言

第1章 认知结构	1
1.1 EPIC	1
1.2 ACT-R	25
1.3 SOAR	30
1.4 4CAPS	35
第2章 认知发展	38
2.1 认知发展	39
2.2 产生式系统	45
2.3 联想系统	57
2.4 联想理论与发展	66
第3章 语言理解	83
3.1 句子理解	83
3.2 竞争整合模型	99
3.3 句子歧义消除	107
3.4 阅读的眼动控制	117
3.5 眼动控制模型	126
第4章 关系推理	131
4.1 心理表征	131
4.2 心理表征的扩展	147
4.3 关系推理	152
4.4 抽象原理	160
4.5 比喻的理论	168
4.6 归纳推理	175
4.7 基于规则的心理模型	176
第5章 类概念形成	179
5.1 概念内与概念间的类似性	179
5.2 双层概念表征	189

5.3 整体的与部分的类似性	191
5.4 类概念形成	195
第6章 类比推理	207
6.1 类比理论概述	207
6.2 生物符号系统	214
第7章 类比理论模拟	221
7.1 类比系统性效应	221
7.2 类比类概念形成	225
7.3 概念比较过程	231
参考文献	237

第 1 章

认知结构

首先,说说认知结构与框架 (framework)、理论 (theory) 和模型 (model) 之间的关系。框架是关于认知的总体观点,由解释认知重要方面的一些概念构成 (Anderson, 1993)。例如,对长时记忆和短时记忆的区别就是一个框架。再通过一些假设让框架变成一些理论,因为只有理论才可以形成一些预测。一个框架可以被细化为许多不同的理论,因此,根据对长时记忆和短时记忆的区别,便可以形成许多理论。即使一种很好的理论也不足以精确地预测一种具体的情景,因此要增加一些相关的假设来解释这种理论如何用于这种情景,这种理论就是一个模型。理论仅仅解释认知的一个方面。一种理论可能有许多模型,一个模型可以用一个或者几个实验来测试。产生规则或者产生式规则 (production rule) 就是理解人类认知的具体框架。许多产生式规则构成了产生式系统,即认知结构。认知结构有四个特点:①每个产生式规则就是一个知识模块,它表征着认知的一个步骤;②通过合理地设置目标,然后将其放入工作记忆,再从工作记忆中将其阅读出来便构成一串串规则,这就是复杂的认知过程;③产生式规则最重要的一点就是条件与反应的非对称性;④产生式规则都是抽象的,可以用于许多情景。Anderson (1983) 提出了一个 ACT* 理论,后来又提出了 ACT-R (“理性思维的适应性”控制) 理论。目前 ACT-R 已经有了新版本——ACT-R 5.0。认知结构的理论比较多,不仅有 ACT-R 结构,还有 EPIC 结构 (Kieras and Meyer, 1997) 与 Soar 结构 (Jones et al., 1999) 以及 4CAPS (皮层的、容量有限的交互作用产生式系统) 结构。本章我们在介绍 ACT-R 新版本之前,首先说说执行加工过程的相互作用 (EPIC) 模型。

1.1 EPIC (执行加工过程的相互作用)

Kieras 和 Meyer (1997) 认为 EPIC 是一种完成各种作业的心理机制,人经常能同时完成多个作业,每个作业都有自己的刺激、反应与刺激-反应联结。例

如，在做饭的同时照顾小孩，或者一边打电话一边开车。一个人是否能够同时处理这些情景，依赖于其协调不同作业的信息加工能力，在各种实际情景中这种协调的成败具有很大的影响。因此，实验心理学家、认知科学家和人因（human-factors）工程师都在努力研究多作业的操作（multiple-task performance），从而得出了一些实验研究方法程序、实验现象与理论概念。然而缺少的是一个综合的、精确的理论框架，用于整合这些成果、获得真实的量化预测与进行有意义的实际运用。关于完成多作业的基本事实以及如何进行理论解释都是目前讨论的热点。我们通过澄清一些问题以便更多地了解人类信息加工系统的结构，因为完成多作业引起的沉重心理负担表明，这个系统的基本成分如何相互作用以及它们的容量有多大，目的在于更好地理解在许多背景中的信息加工与促进理解人类日常活动的基本原理。关于人类完成多作业的研究可以追溯到古希腊的鼎盛时期。目前这方面的研究有一些相关的理论视角，包括单一通道假设（single-channel hypothesis）、结构瓶颈模型（structural bottleneck models）、模块资源理论（unitary-resource theory）和多资源理论（multiple-resource theory）。

1.1.1 单一通道假设

单一通道假设是由 Telford 于 1931 年提出来的，他发现，如果被试者在比较短的时间间隔（0.5 秒或者更少）可以将一个反应（如按键）的刺激（如听觉）与随后反应的下一个刺激区分开来，那么他对随后反应的反应时就会增加，这与刺激之间较长的时间间隔（1 秒或者更多）有关。这个反应时增加表明可能有一个心理抵抗期（psychological refractory period, PRP），类似于连续神经冲动之间的抵抗期。与这种观点一致，Craik（1948）认为当被试者追踪移动的视觉目标时，他们产生了中断的不同反应，大约 0.5 秒就可以区分每个追踪反应与下一个追踪反应，即使目标连续地移动。这个中断进一步得到证实。因此，Craik 认为“这个时间延误是由形成一个计算过程引起的，这个计算过程诱发了动作神经的电位……进入大脑的同时继续进行这个计算过程的新感觉冲动可能会由一个开关系统进行干扰或者防止干扰这个计算过程……存在着一个最小的间隔，连续的刺激不能对它作出反应”。Welford（1952）支持 Craik 的观点，他将单一通道假设描述如下：“不应性（refractoriness）与一些中枢机制本身有关……因为加工过程与不同的、不能共存的两个刺激有关。中枢机制处理先前刺激数据的同时必须保存获得的刺激数据，直到这些机制消除为止。”单一通道假设对于人类的多作业操作具有重要意义。因为，当一个人从事一个先前作业时，另一个作业需要的心理过程因一定要等待而被延误，这可以直接说明在沉重心理负担的条件下操作成绩的下降。这种观点的直接性、简单性与优雅性体现在后来的许多理论中。

(1) 整体的单一通道。单一通道假设也提出了其他一些相关的问题,例如,构成单一通道的主要机制可以作为哪些信息加工阶段的中介?答案可能涉及刺激识别、反应选择、运动产生或者其他干扰心理过程。他们认为刺激输入与反应输出之间的全部机制一起构成了一个单一通道,因此这种观点也被称作整体单一通道假设。这个假设的主要特点是它很好地说明了 Craik 关于跟踪中断的研究,Craik 发现大约 0.5 秒区分开了跟踪反应,而这些间隔长度大致等于刺激识别、反应选择与运动产生阶段的时间之和,如果全部阶段一起构成了单一通道,那么这就是应该出现的情形。

(2) PRP 程序。整体单一通道的一些其他测试出自 PRP 程序。PRP 程序就是一系列不同的测试。每个测试有两个作业,对于其中的一个作业,一个警告信号后面跟随一个刺激(如一个视觉字母或者一个声音),如果要求对这个刺激作出反应,那么被试者必须快速而准确地进行反应(如按键或者说出一个词或者用手指)。在作业 1 之后立即呈现作业 2 的一个刺激,作业 2 刺激的感觉通道和语义类概念可以与作业 1 的相同或者不同,两个刺激之间的时间间隔就是刺激开始不同步(SOA),一般的变化范围为 0~1 秒。如果要求对作业 2 的刺激作出反应,被试者就必须快速而准确地进行反应,用于让作业 2 反应的效应器可以与作业 1 反应的相同或者不同。在任何情景下,PRP 程序的指令一般表明作业 1 比作业 2 具有较大的优先权,而且会极力让被试者首先进行作业 1 的反应。测量的反应时决定作业 1 实际干扰作业 2 操作的程度。

(3) 支持与反对整体单一通道的证据。研究者们一开始使用 PRP 程序便发现了支持整体单一通道假设的证据。很明显,这个假设符合作业 2 反应时与 SOA 之间的关系,这种关系被称作 PRP 曲线。PRP 曲线有三个明显的特点:第一,短 SOA 的作业 2 反应时比长 SOA 的要多一些,这表明有 PRP 效应。第二,短 SOA 的 PRP 曲线的斜率等于 -1,对于 SOA 减少的每个时间单位,作业 2 的反应时不断增加。如果作业 1 完全占据了短 SOA 的单一通道,那么它就妨碍了作业 2 的进程。第三,SOA 为 0 时的 PRP 效应等于作业 1 的平均反应时。也就是说,如果作业 2 刺激像作业 1 刺激那样被同时获得,加工作业 2 刺激便会延误到作业 1 开始时为止,因为整体单一通道包括作业 1 的所有阶段加工。

1.1.2 结构瓶颈模型

1. 知觉瓶颈模型

知觉瓶颈模型(perceptual bottleneck model)认为,识别刺激(即将“自然”的感觉表征转换成符号刺激码)与发现其意义的过程应该是有限的,对于同时出

现的一些作业，这个局限可以让人一次只处理一个作业。但是知觉瓶颈模型没有具体说明在刺激识别之后哪些限制影响随后的加工过程（如反应选择与运动产生），因此这被称作早期选择理论。Broadbent (1958) 介绍了知觉瓶颈模型的一个具体例子，他认为刺激可以平行地先进入一个感觉缓冲器，在此分析刺激的物理特征，然后送入选择性注意过滤器。根据这些特征、过去的经验和伴随的作业需要，过滤器选择具体的刺激，穿过一个容量有限的通道进行识别、发现其意义和以不变的最大速度进行其他知觉操作。由于这个通道的容量有限，识别这些作业刺激的速度会放慢，作业之间产生了显著的干扰。Broadbent 的实验证据是选择性反应时、两耳听力与口述遮蔽。但是很快其他研究产生了相反的观点，例如，Moray (1959)、Treisman (1960, 1969) 认为，在有些条件下观察者注意到很多的语义信息来自假定没有注意到的听力线索。这些结果和其他一些发现与过滤器理论的最初假设不一样。但是有些现象如 PRP 效应有力地解释了多作业操作，因此有的理论家回避了知觉过程，在人类信息加工系统的其他地方寻找解决问题的途径。这种寻找的重要成果就是最近选择理论 (late-selection theory)，这个以各种相关形式出现的理论认为语义分析和识别可以同时进行于两个或者两个以上的刺激之中，根据这些加工过程，选择的刺激转换到其他随后的阶段，如果有意识注意、记忆储存、反应选择和运动产生，在此可能有一个单一通道瓶颈。

2. 反应选择瓶颈模型

最近选择理论的另一形式是反应选择瓶颈模型 (response-selection bottleneck model)。这个理论认为在短时工作记忆中可以同时识别与储存许多刺激，但是反应选择的过程（即将符号刺激码转换成符号反应码）一次只能处理一个作业。因此对于同时出现的多作业，各自的反应选择阶段不能有时间重叠，第二个作业的反应选择应该等待到第一个作业的反应选择完成为止时开始。反应选择瓶颈模型被用于说明 PRP 程序的各种结果，由于这个模型认为反应选择包括一个单一通道机制，因此 PRP 效应与 PRP 曲线的斜率 -1 是一致的。其他的结果也支持反应选择瓶颈模型，但也不乏反对这个模型的观点。

3. 运动 - 生产瓶颈模型

根据上述结果，Keele (1973) 避免了反应选择从其他地方寻找单一通道的机制，他提出了一个运动 - 生产瓶颈模型（也称作反应开始延误模型）。这个模型认为刺激识别与反应选择可以同时进行于两个作业之中，但是随后的一个加工过程准备开始连续的单个运动，然后可以一次只处理一个作业，这个加工的后一个阶段构成了一个瓶颈，需要无优先的作业暂时等待到优先的作业完成时为止。

其他一些研究者也提出了一些非常相似的思想。

4. 瓶颈模型成败的意义

瓶颈模型的成功与失败具有重要的理论意义。具体的加工阶段一次只处理一个输入然后限制多作业的操作,这样说的证据是模糊的。有些研究提出了一个知觉瓶颈,有些研究提出了反应选择瓶颈或者运动产生瓶颈。关于这个瓶颈到底在哪里,目前学者们还没有一致的意见。针对这种情况,可以得出如下结论:①人类的信息加工系统在它的成分结构中具有两个以上的不同“硬件”瓶颈,它们的表现与通行的作业背景有关;②瓶颈机制对多作业操作作出了贡献,但是它操作的位置是有策略程序的,会从一种情景变为另一种情景,而不是一成不变的;③瓶颈机制本身是不存在的;④一个通用的中枢加工器就是操作的中介,它的容量有限而且可以在加工的竞争作业与阶段当中连续变化地分配有限的容量。其中最后一点与下面的模块资源理论有关。

1.1.3 模块资源理论

采用单一通道假设与简单的瓶颈模型并不容易解释多作业操作,因此出现了几种形式的模块资源理论(unitary-resource theory)来说明多作业操作。这些理论的具体例子有些不同,涉及的名称也都不一样,如算子加载、加工容量、加工空间、加工力、加工资源、能量库、心理努力与注意。尽管这些术语不同,但是主要的思想都是相同的。各种作业需要的心理产品就是多作业操作的中介,这个产品是量化的、可分割的、可分配的,并且是稀少的。下面简单地回顾一下Kahneman(1973)提出的模块资源理论。

Kahneman(1973)提出的模块资源理论从四个方面假设了可利用加工容量的特点:①注意容量是有局限的,这种局限时时刻刻地发生着变化。唤醒的生理指标可以测量这种即时局限。②在任何时间出现的注意容量主要与当前活动的需要有关。注意的投入随着需要而增加,同时这一增加一般不足以充分弥补影响增加的作业复杂性。③注意容量是可分割的。注意容量分配是一个程度的问题,但是对于高水平的作业负担(难度)来说,注意更接近于模块。④注意容量是有选择性的或者是可控的,它可以分配以便促进加工选择的知觉单元或者执行选择的操作单元。分配的原则反映了持久的倾向与暂时的意图。Kahneman(1973)还注意到多作业操作与外周的和中枢的“结构”有关,如感觉接受器、记忆储存和动作效应器。他的模块资源理论承认,当并行作业竞争进入相同的结构时,就出现了操作的显著减少,产生了结构干扰。这个理论主要强调容量干扰,即由并行作业引起的容量减少,认为并行作业过多地提供了主要的加工容量或者心理

努力。

1.1.4 多资源理论

多资源理论也有一些不同的形式，这里主要介绍 Navon 和 Gopher (1979) 的理论。Navon 和 Gopher (1979) 认为各种不同的加工资源结合起来可以用于完成单个的一些作业，每一种资源都有自己不同的、可分割的容量源，如果两个或者更多的作业需要相同的资源，那么可利用的容量便以可变的等级方式进行分配，而与当前的作业需要有关。结果，虽然完成每一个作业的速度下降了（这与单一作业的一些条件有关），但是可以同时完成这些作业。相比之下，如果每个作业需要完全不同的资源，那么完成这些作业便可以无任何干扰地同时进行，因为这些作业不需要共享相同的容量。

关于资源的分类，Wicken (1984) 根据加工的阶段、代码和通道提出了资源的三维分类法。第一个维度包括知觉认知阶段和反应阶段。每个阶段具有自身的可分容量源，因此如果两个作业（如视觉字母匹配与单词再认）都需要知觉认知加工，那么它们就会相互干扰；而如果两个作业（如视觉字母匹配与手动力量产生）分别需要知觉认知加工与反应加工，那么它们之间的相互干扰就会很少。第二个维度区分了空间代码与语言代码。使用同类代码的加工阶段共有资源与容量，结果，当两个作业都需要语言编码（如序列数字复述与句子理解）或者都需要空间编码（如地图阅读与保持视觉意象）时，干扰可能会出现两个作业之间；相反，需要不同类型代码的两个作业在同时进行不会受到干扰。第三个维度区分了各种感觉通道与动作通道。视觉与听觉有不同的通道，每个通道都贡献一些资源与容量，而且动作通道与声音通道也不一样。因此与两个作业有完全不同的通道（例如，视觉手动的通道与听觉语言的通道结合起来）相比，有相同的感觉通道（如视觉）或者相同的动作通道（如手动）的作业便会更多地出现相互干扰的现象。

根据 Wicken (1984) 的分类，多资源理论认为存在着加工容量的结构资源库。这是对模块资源理论的广义概括，不仅可以说明作业之间干扰的具体情况，而且可以说明一些问题现象，如不受难度影响、结构变化效应、难度与结构无关和完美的时间共享。如果两个或者更多的作业需要一些相同的资源，改变作业的结构以便需要不同的资源，那么便会产生大的结构变化效应和难度而与结构无关。而且，不受难度影响和完美时间共享也会自然出现。这个理论假设的具体反应容量同样可以说明人如何以及为何会对作业之间没有出现干扰的情景很好地作出反应。另外，神经解剖学与神经生理学一些方面的内容也符合多资源理论。例如，当一个作业与大脑右半球有关，另一个作业与大脑左半球有关时，并行作业

更容易完成，这也许是因为两个半球作为使用空间代码与语言代码的中介为其提供了不同的资源（Kinsbourne and Hicks, 1980）。

尽管多资源理论有一些特点，但还是受到了强烈的批评。有些批评家怀疑这个理论的概念基础，其中主要的问题是多资源的概念缺乏足够的理论限制，这样它便试图在采集其他问题数据时假设一些新的资源，而最终得到的是无节省地或者无预测力地在无形中堆积了许多理论概念。同时，经典的多资源理论实验证据也得到稳定发展。各种研究表明，当同时呈现许多刺激时，刺激检测、再认、识别与分类下降了，这种下降明显地出现在当刺激通过不同感觉通道呈现，而且不需要直接的明显反应时。这表明拒绝知觉瓶颈假设与中枢单一通道决策机制也许为时过早。

1.1.5 理论的解释与方向

上述理论观点让人在分析多作业操作的研究时处于糊里糊涂的状态。许多根本性的假设、模型与理论被提出来说明人如何完成一些并行作业，而且通过各种实验程序对其进行了检测，实验结果构成了一个很大的数据库。尽管单一通道模型、瓶颈理论和资源理论各具优点与缺点，但是怀疑者们还是担忧这种研究是否做了很多而不是在“追逐自己的尾巴”。现在可以做什么有助于解决这些争端并促进科学的进步？幸运的是忧心忡忡的观察家们已经提出了一些有前途的方案。

1. 计算模型的发展

Newell (1973) 指出了重要的步骤，他针对计算模拟向认知科学家指出了一个明确的方向：“我们现在要做的就是要形成一些完整的而不是部分的加工模型……这些模型应该在模拟中具体说明、实际地完成实验作业……并且详细描述控制结构，详细地描述记忆假设与基本控制过程的假设……在特定编程语言中以发现一个程序的相同方式来完成一个具体的作业……通过给出一个流程图尝试获得一个加工模型是不够严谨的。”按照 Newell (1973a) 的想法，其他研究者也极力主张发展人类多作业操作的计算模型。如 Allport 和 Broadbent 所说：“现在急需的是一个关于注意选择与控制的多功能的计算理论……需要认真考虑的是注意功能都具有不同的类型，用于不同的计算目的，我们需要各阶段之间相互作用的计算理论，然而随着每个阶段的理论数目增加，渐渐地很难发现将之结合起来的一些意义。只有计算系统可以完成这个任务，防止定义松散。”那么必要的计算模型应该采取什么形式？按照 Newell 的观点，产生式系统（即操作工作记忆内容与调节输入和输出活动的一些条件动作规则）提供了有力地描述计算模拟的工具。而且关于多作业操作，Broadbent 认为产生式系统是特别有用的理论，因

为它能够改变作业目标，能够依赖于背景应用条件动作规则以及能够进行协调并行作业的其他操作。

2. 具体说明信息加工结构

为了发展一个完整而精确的计算模型，第二步需要具体说明一般整合的信息加工结构，这个结构提供的稳定结构框架具有一些固定的成分模块，以便在各种作业情景中设计一些具体的计算模型。不同情景的结构成分应该是具有相同的、具体的、通用的人类信息加工硬件部分，控制着知觉、记忆、认知与动作。根据这一限制，理论家可以更好地理解、描述和预测操作的其他策略程序如何系统地从—个背景转变为另一个背景。Newell 与其他研究者反复强调了具体说明信息加工结构的重要性：“心理学的任务就是要首先发现加工机制的不变结构……没有这样一个可以运作的框架，生成新的解释来说明旧现象便会重复地进行。”为了实现他的诺言，Newell 提出了一种解释结构，即 SOAR 系统，通过这个系统可以形成学习、记忆和推理的计算模型。同样，Anderson (1983, 1993) 以适应性思维特征 (ACT)、ACT* 和 ACT-R 结构模拟了各种学习、记忆和认知。Card 等 (1983) 虽然没有发展执行的许多计算模型，但是认为整合的系统结构可以有助于说明人机相互作用的原理。根据这些人的观点，有可能具体说明人类多作业操作的整合结构，可以令人获益匪浅。

3. 包含知觉动作加工器

作为必要结构的一部分，应该包括详细的知觉动作加工器，因为人局限于感受器与效应器（如两只耳朵、两只眼睛、两只手和一张嘴），表征这些限制对于理解多作业操作非常重要。只有通过这样的表征，人才可以发现如何处理自己的物理局限性以应对竞争的作业需要与策略目标：人体的限制对人的物理动作设置了上限，一个肢体不能一次放在两个位置，人也不能同时注视左边和右边，不能同时说出两个不同的音节……当然，归因于注意局限或者一般容量局限的许多现象，可以视为与一些情景有关，在这些情景中不同的输入竞争或者共享控制同类的动作……直到能更好地描述由至少一些子系统正在做的工作为止，这个整体结构的问题将会一直存在。

4. 分析执行过程

第三步迈向更好地理解人类的多作业操作，这需要分析人用于各种情景的执行过程与作业策略，理由如下：“相同的人类被试者对于相同的基本作业可以采用许多完全不同的方法，这取决于目标、背景知识和工作结构的细节……要预测

一个被试者，你必须知道他的目标和作业环境……我们不能控制说明被试者方法的问题。”(Newell, 1973a)“如果我们没有提出选择、使用……储存信息的某个代理，就应该将每个思维与每个反应视为相互作用系统的瞬时结果，主要受到 *laissez-faire* 经济学控制。由行为主义者使用的习惯强度和反应竞争的概念完全与这个模型有关，但是涉及选择性思维与动作的地方是极度紧张和不舒服的……今天，储存程序的计算机以执行程序的形式为我们提供了另一种选择的可能。这对于心理学是很有用的一个概念……共同的实践就是通过迁移控制让所有的子程序终止于执行者，然后执行者决定每个情况的下一步做什么……执行者只需要少量的计算时间与空间分配给作为整体的程序，它不需要包括非常复杂的那些过程。”有些理论家进行了更加深入的探讨，他们开始更加充分地描述执行过程在人类多作业操作中的功能，虽然这样的描述还没有产生详细的综合计算模型，但是很有希望。一种特别相关的技术是 GOMS 方法，这是根据四种不同的东西，即目标、算子、方法与选择规则来定义控制结构的。另一种是关键路径分析 (critical-path analysis)，这是在相互作用加工系统中表征序列与平行成分过程的时间关系的一种技术。

5. 省略掉有限容量假设

重要的第四步就是针对多作业操作发展一些有用的计算模型。虽然通用目标的有限加工容量假设渗透于单一通道假设、瓶颈模型和模块资源理论，但是至少现在应该被省略掉，理由有很多。例如，Allport 认为加工容量有限的假设会产生没有结果的研究程序：“问题是我们如何知道自己何时竞争一个资源……一旦我们将通用目标的加工容量接受为一个工作假设，便很容易认为几乎任何情况的二作业干扰就是竞争这个相同通用资源的结果。注意理论，至少它的应用就是在绕圈子……这样的结果是研究的一个策略：只能是追逐自己的尾巴……这是一个根本没有结果的启发式，用于发现并行心理过程的结构限制。即使在已经获得数据之前通过提供一种说明的出现而漏掉了好奇心。”从神经生理学角度看，省略掉有限容量假设也是合理的，例如，联结神经网络模拟者 Neumann 指出：“生理学没有对同时可以采用的信息进行限制，也没有明显的神经生理学理论来假设二作业操作受限于大脑的硬件特征。在唤醒的大脑中有大量平行的计算，也有许多子系统将不同资源的信息整合起来，但是没有出现容量有限的迹象。”

1.1.6 理论框架

下面介绍一个综合的理论框架，提出一些精确的计算模型，用于说明各种条件下人类的多作业操作。

1.1.7 启发式原理

EPIC 理论框架涉及以下五个启发式原理。

1. 整合的信息加工结构

如上所述，这里提出的模型位于整合的信息加工结构中，这个结构地地道道地包括了已知的人类信息加工与操作，扩展了先前研究者（Anderson, 1993; Newell, 1990）的工作，这些先前研究者探讨了认知与动作的模块理论。

2. 产生式系统理论

这里也采用一种产生式系统理论来发展计算模型，这可以准确地说明哪些程序性知识用于分别的以及以各种结合的方式完成具体作业。

3. 省略掉有限加工容量的假设

这里提出的一些模型对于作业的数目不设上限，像在单一作业情景中一样，主要以相同的速度加工信息，这样便可以省略掉有限中枢加工容量的假设，符合批评家们关于单一通道假设、瓶颈模型与模块资源理论的观点。

4. 强调作业策略与执行过程

本模型没有使用有限加工容量的假设来说明观察到的多作业操作下降，而是尽可能多地将这种下降归于变化的策略，即人为满足作业的具体指令而采用的策略。结果，本模型强调监控执行过程发挥的作用。

5. 详细地处理知觉动作限制

本模型明确地考虑到对知觉动作及对多作业操作的限制，提出的信息加工结构详细地假设了知觉与动作过程的特征，实验数据可以作证。

1.1.8 产生式系统理论

与上述启发式原理一致，我们的理论框架依赖于一个产生式系统理论，称作经济的产生式系统（parsimonious production system, PPS）。像其他的产生式系统一样，PPS 有一个工作记忆、一些产生式规则（如果-那么）和一个规则解释者。PPS 的成分用于促进计算的简单化、清晰化、变化与作用力。过去的研究已经表明 PPS 被用于模拟各种认知活动，包括课文理解、程序性学习与人机相互作用。