

当代
——
中国
——
名家
——
文库



言语与智能

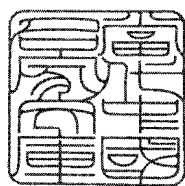
——心智活动的探索

陈永明 / 著



北京师范大学出版集团
BEIJING NORMAL UNIVERSITY PUBLISHING GROUP
北京师范大学出版社

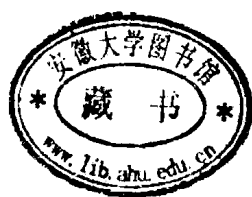
中国
——
名家
——
文库



言语与智能

——
心智活动的探索

陈永明 / 著



北京师范大学出版集团
BEIJING NORMAL UNIVERSITY PUBLISHING GROUP
北京师范大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

言语与智能：心智活动的探索 / 陈永明著. —北京：北京师范大学出版社，2013.1
(当代中国名家文库)
ISBN 978-7-303-15698-6

I. ①言… II. ①陈… III. ①心理语言学—研究
IV. ①H0

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 273885 号

营销中心电话 010-58802181 58805532
北师大出版社高等教育分社网 <http://gaojiao.bnup.com.cn>
电子信箱 beishida168@126.com

YANYU YU ZHINENG

出版发行：北京师范大学出版社 www.bnup.com.cn
北京新街口外大街 19 号
邮政编码：100875

印 刷：北京京师印务有限公司
装 订：北京盛通印刷股份有限公司
经 销：全国新华书店
开 本：155 mm × 235 mm
印 张：23.5
字 数：345 千字
版 次：2013 年 1 月第 1 版
印 次：2013 年 1 月第 1 次印刷
定 价：65.00 元

策划编辑：周雪梅 责任编辑：周雪梅
美术编辑：毛 佳 装帧设计：耿中虎
责任校对：李 菡 责任印制：孙文凯

版权所有 侵权必究

反盗版、侵权举报电话：010-58800697

北京读者服务部电话：010-58808104

外埠邮购电话：010-58808083

本书如有印装质量问题，请与印制管理部联系调换。

印制管理部电话：010-58800825

自序

在我国，由于种种原因，心理学经历了一段不短的坎坷路程，直到 20 世纪 70 年代末，心理学的教学和研究工作才逐渐得到恢复。此后，由于广大心理学工作者孜孜不倦的工作和锲而不舍的努力，心理学才逐渐地为社会和民众所理解、认可，并得到政府的重视。

这本文集反映了本人自 20 世纪 80 年代初以来的一部分主要的研究工作。这些研究工作大体上可以分为三个方面。

第一，心理学作为认知科学的一个重要成员，积极参与我国的人工智能研究工作。当时，人工智能研究在我国还刚刚起步，心理学也尚处在百废待兴的状态。但是，李家治先生以敏锐的思想认识到心理学对于人工智能研究发展的重要意义，毅然带着我闯进了这块高科技的学术园地。然而，当时的条件是极其困难的，既无资金，也无设备。为了学习并掌握 Basic 和 LISP 等计算机编程语言，我们就骑着自行车风里来雨里

去从不间断。自己单位没有计算机，就跑到北京计算中心去上机。记得初到北京计算中心时，看到机房里的计算机竟然有六七个大衣柜那么大。现在想起来着实颇有感慨。但是，尽管条件很差，却阻挡不住我们的工作热情。我们采用语义网络作为模型，研制成了我国第一个实验性的自然语言理解系统，并获得有关学术界的高度评价。其时，《光明日报》、《计算机世界》及《科技报》等多家报刊对我们的研究工作均进行了报道。随后，我们又对计算机理解古汉语以及计算机学习等问题进行了初步的探索。这些工作及其成果，从一个侧面说明了心理学家在人工智能研究的发展中，可以作出自己的贡献，证实了人工智能研究中“心理学途径”的现实意义。

第二，记忆的结构与句子理解的研究。这里，记忆的结构是指语言知识和世界知识在人的记忆中的存储方式，以及与此相联的这些知识的利用过程。它们在知觉、再认、语言理解及人类其他复杂的认知活动的探索中有重要的意义，也与认知科学的其他研究领域有着十分密切的关系。因而，它不但受到心理学工作者的重视，认知科学其他领域的科学家对此也很关注。关于语言认知过程的研究，可以在不同的层面上进行，一是字词加工的层面；二是句子理解的层面；三是篇章理解的层面。当时国内关于汉语认知的研究，在字词层面上做了大量的工作。我们则着手从句子加工这个层面上探讨语言认知过程。这在当时也算是一个特色。这方面的工作包括：不同类型句子加工的时间模式；汉语语义记忆提取的初步探索；句子加工与语义记忆结构的实验研究；记忆的再构现象及其发生的心理基础；句子先提述的参与者在可提取性上的优势现象；句子不同成分的可提取性；指代者对其先行词可提取性的影响以及有关阅读理解过程中的预期推理的研究等。

第三，语言认知过程中的抑制机制的研究。事实上，有效的认知活动不仅需要激活有关的目标信息，同时还需要抑制那些与目标信息无关的干扰信息。抑制机制在语言理解及其他各种认知活动中具有重要的作用。语言理解的速度和准确性均可能与抑制机制有关；个体在语言理解能力上的差异，也可能在于其抑制机制效率上的不同。探索人类的语言理解过程，仅仅关注激活机制是不够的，必须对语言理解过程中的抑制机制给予足够的重视和认真的探索。这一部分的工作就是在上述这种观

念的驱动下进行的。其中既包括句子加工水平上的抑制机制，也包括词汇加工水平上的抑制机制；既涉及歧义消解过程中的抑制机制，也涉及个体理解能力与抑制机制效率的关系等。

上述几个方面的研究工作，看起来彼此之间的内在联系或许不够紧密，但它们却真实地反映了我在这段时期中的学术研究历程。

心理科学是一门年轻的学科，至今只有一百多年的历史。心理学是研究心理现象的发生、机制和规律的科学。心理现象是脑的机能，是对现实世界的主观反映。言语功能是人类特有的。对人类自身特有功能的探索，是人类科学发展历程中一个意义最重大的、最富有吸引力的问题，但同时也是空前复杂的和极具挑战性的问题。当初年轻的心理学工作者，已渐渐年迈，为心理科学事业的发展做了所能做的工作，现在已逐渐退出学术研究的舞台。心理科学未来的发展，寄希望于现在的年轻的心理学工作者。

中国科学院前院长卢嘉锡院士在 1996 年视察心理研究所时曾题词：“人类的幸福和社会的进步离不开心理科学。”祝愿心理科学在不久的将来会有更生气勃勃的发展，为社会的进步和发展，为人类生活质量的提高作出更大的贡献。

陈永明

2005 年 6 月 写于北京

目 录

专题一 人的智能与人工智能 / 1

智能计算机、人工智能和心理学 / 3

计算机能思维吗? / 12

认知心理学与人工智能 / 16

专题二 自然语言理解与样例学习 / 41

句法、语义和推理在理解汉语中的作用 / 43

自然语言理解的方法和途径 / 53

机器理解汉语——实验 I / 66

一个实验性的汉语篇章理解系统 / 84

机器理解古汉语的初步探索 / 96

机器理解古汉语的实验和若干问题 / 106

计算机通过样例学习解二元一次联立方程 / 116

汉语句子格角色分配的一种神经网络方法 / 125

专题三 语义记忆与理解 / 137

语义记忆及其模型 / 139

汉语语义记忆提取的初步研究 / 152

基于记忆的句子理解研究 / 163

句子加工和语义记忆结构的实验研究 / 170

关于记忆的再构现象及句法、语义因素影响的实验 / 179

专题四 句子不同成分的可提取性 / 187

句子先提述的参与者在可提取性上的优势现象 / 189

先述参与者的优势及句子不同成分的可提取性 / 199

指代者对其先行词可提取性的影响 / 207

专题五 理解过程中的预期推理 / 219

阅读理解中的预期推理 / 221

语义联系类型和强度对预期推理生成的制约作用 / 230

专题六 句子加工中的激活和抑制 / 239

当代心理语言学研究的若干重要问题 / 241

句子理解的实验研究 / 248

汉语歧义句的加工 / 257

句子加工水平上对外在干扰的抑制机制 / 266

专题七 词汇加工水平上的抑制机制 / 281

不同理解能力的个体在词汇加工中的抑制机制 / 283

理解能力不同的个体抑制干扰信息的效率 / 295

汉语同音歧义词歧义消解的过程及其抑制机制 / 307

汉语同形歧义词歧义消解的过程 / 322

汉语歧义词加工中抑制机制的作用过程 / 330

附 录 / 345

提高学术刊物的质量，促进心理科学的发展 / 347

为我国心理科学走向 21 世纪作出新的贡献 / 351

后 记 / 364

当 · 代 · 中 · 国 · 名 · 家 · 文 · 库

专题一

人的智能与人工智能

智能计算机、人工智能和心理学

一、智能计算机的含义

从使用真空管的第一代计算机发展到使用超大规模集成电路的第四代计算机，其运算速度、存储信息的容量和工作性能，明显地越来越提高了。但是，它的设计思想和工作方式基本上没有根本性的改变，都是根据电子计算机的开拓者、数学家约翰·冯·诺曼的思想设计的，采用二进制制和串行加工的方式。所以，人们把它们统称为“冯·诺曼机”。它们主要用来处理数据，进行数值计算。

第五代计算机则不同，它要处理的对象是知识而不是数据，或者说，它要进行非数值运算。虽然人们对第五代计算机的具体说法并不完全一致，但总起来看，它应该具有这样的功能：能够理解人类的自然语言（包括书面的和口头的）；能够看懂图片的意义；能够进行学习、积累知识；能够根据自身具有的知识进行推理、联想，

解决向它提出的问题；在其他方面，也能够以只有人才有的智能方式行事。所以，第五代计算机也叫作处理知识的智能计算机。为了达到这种目标，它在硬件和软件方面，都必须有根本性的突破。^①

比如说，第五代计算机要在根本上改变上面提到的冯·诺曼体系结构。它要求有新的处理器、新的存储组织和新的并行体系结构等等。它对信息的加工将采取并行的方式，许多运算可以同时进行。例如，如果有这样一个题：

$$(1+2) \times (2+3) + (3+4) \times (4+5) = ?$$

如果采取串行加工的方式，则需七步才能完成，即：

$$1+2=3 \quad 2+3=5 \quad 3+4=7 \quad 4+5=9$$

$$3 \times 5=15 \quad 7 \times 9=63 \quad 15+63=78$$

采用并行加工方式，则三步即可完成计算：括号中的四个加法同时进行，两个乘法也同时进行，最后把两个乘积相加。在实际工作中，可能会有几百乃至几千个运算可以同时进行，而计算的对象可能不是数字的加减，而是符号的比较和推理。

从计算机发展的历史来看，差不多每过十年就会发生一次改革，出现新一代计算机。所以，有人预言，处理知识的智能计算机即第五代计算机，也有可能在20世纪90年代诞生出来。而智能计算机的出现，将意味着“第二个计算机时代”的到来。

二、人工智能的诞生和成就

“人工智能”（artificial intelligence）这个术语是在1956年提出来的。这一年的夏天，少数有志于要使机器执行智能行为的科学家，在美国达特默思学院开了一个会，商讨有关使机器具有智能这方面工作的可行性。会议的文件里第一次使用了“人工智能”这个名字。这就是在人工智能历史上占有一定位置的“达特默思”会议。也正是在这一年，纽威尔（A. Newell）和西蒙（H. A. Simon）等人，研制出了证明数理逻辑定理的程序，这个程序模拟了人类的思维活动，表现出了人的智能。

^① Feigenbaum E A, McCorduck P. The Fifth Generation: Artificial Intelligence and Japan's Computer Challenge to the World. Massachusetts: Addison Wesley Publishing Company, 1983.

因此，人们把 1956 年看作为人工智能这个学科的诞生之年。由此可见，人工智能是一门非常年轻的学科。

人工智能是在计算机科学的基础上生长起来的。它的任务是编制计算机的智能程序。这种程序将使计算机“显示出那种我们能把它与人类行为中的智能——理解语言、学习、推理、解决问题等联系起来的特征。”根据《人工智能手册》介绍，人工智能研究的范围包括：问题解决、逻辑推理、自然语言理解、自动程序设计、学习、专家系统或“知识工程”、机器人学和视觉等。^①

尽管人工智能如此年轻，但它已经作出了一些令人惊叹的成绩。比如说，专家系统的研制工作就是引人注目的一个方面。所谓专家系统，实际上是一个计算机程序，其中存储着大量的从专家那里取来的知识和推理规则，根据这些知识和规则，它能够在专家作业的水平上进行工作，解决向它提出的有关医学、化学、地质学和教育方面的问题。斯坦福大学费根鲍姆教授（E. A. Feigenbaum）等人编制的 DENDRAL 程序，是一个识别化合物分子结构的专家系统。它能够利用化学分析家的专门知识，根据化学分析所得到的质谱数据，推断出化合物分子结构的细节。它的作业水平达到化学专家的水平^②。另外一个有名的专家系统是 MYCIN 程序。这是一个医疗诊断的计算机程序，用来诊治血液感染病，给医生提供用抗菌素来治疗的方案。医生把病人的病史和各项化验结果输入计算机，程序就能根据它自身具有的医学知识（约三百条产生式规则）进行推理，作出诊断，开出药方。如果医生对此有疑问，不清楚它为什么会得出这种判断，或者为什么会提出用那种药物来治疗，那么，医生可以要求 MYCIN 回答它自己的思路。比如说，医生可以问它：“你为什么会得出这个结论的？”它就会向医生列举得出这个结论时所经历的一步一步的推断过程。可以说，它们是相当成功的。我国自己亦已建成了一些医疗专家系统，有中医方面的，如关幼波诊治肝病的计算机程序；西医方面的，像清华大学已研制成了许多个诊治不同疾病的

① Barr A, Feigenbaum E A. Handbook of Artificial Intelligence, Vol. 1. Los Altos: Kaufmann, William Inc, 1981.

② Feigenbaum E A, Feldman J, eds. Computers and Thought. Pittsburgh: AAAI Press, 1963.

医疗系统。

自然语言理解也是人工智能中一个重要的研究领域，而且一直吸引着人们的兴趣。自然语言理解系统能够用自然语言（如英语或汉语）与人进行对话，回答某一方面的问题，领会人给予的指令，或者把一种语言的句子翻译成另一种语言等等。胡兹（W. A. Woods）编制的 LUNAR 系统，能够用英文与地质学家进行对话，就“阿波罗-11”宇宙飞船从月球带回来的岩石和土壤成分的化学分析资料回答有关问题，帮助地质学家提取、比较和评定这些资料。巴洛（H. G. Barrow）等人编制的 HAWKEYE 系统，把图像识别和自然语言理解综合在一起，计算机能够根据图像来回答人所提出的问题。例如，人可以用手指着图片中某个东西的图像，同时问：“What is this?”或者，用手指点出地图的两处，同时问：“What is the distance between here and here?”系统依靠图像识别和语言理解这两个部分的相互作用，可以回答这些问题。1981年，国内也首次研制成了汉语语言理解系统。它以若干动物的常识作为与人进行对话的内容；具有一定的进行演绎推理和归纳推理的能力；在对语句进行分解和合成的基础上，实现了人一机之间用汉语（拼音字）进行交往的目的。

此外，在问题解决和机器人学等人工智能的其他方面，同样也取得了一定的成就。

上面列举了一些材料，其目的想要说明这样一个事实：人工智能要加以研究和解决的问题，正是第五代计算机或智能计算机所需要具备和实现的东西。从前面对第五代计算机的描述来看，它所要达到和实现的功能——无论是理解自然语言或是识别图像的意义，无论是进行学习、积累知识，还是根据已有的知识作出推论、提出建议、解决问题等等——都是现代人工智能要加以研究的内容。所以，我们可以说，第五代计算机的核心是人工智能。第五代计算机这种智能系统，依靠它存储的大量知识，将能为人类的任何目的服务——从产品设计到医疗诊断，从企业管理到智能教育，从探矿到育种。它也将为任何人都能使用，不管是大学毕业生还是文盲，不论是老人或是儿童。但是，要达到这个目的，其关键乃是人工智能技术的不断发展和创新。事实上，人们也正是在考察了人工智能研究二十多年来的结果，受到了人工智能研究

的各个领域中取得成绩的鼓舞以后，才断定研制第五代计算机的时机已经成熟，并着手向第五代计算机进军的。

三、人工智能研究的心理学途径

人类之所以有智能行为，这是因为人的头脑里具有大量的知识。换句话说，人们所有的智能活动，包括理解、识别、解决问题，甚至于学习的能力，归根结底都要依靠知识。人们必须首先有了知识，才能理解别人的话；必须首先具备一定的知识，然后才能去解决那些复杂的问题（如数学问题等等），或者更多、更深地了解客观事物。所以，搞人工智能研究的人们认为，要使机器具有人的智能行为，它首先应该具备人具有的那些知识。而要使机器具备人的知识，成为有智能行为的机器，那就需要深刻了解人的知识的性质和结构、知识的形成和积累、知识的表征和利用等等。因此，在人工智能研究中形成了三大中心问题，即知识表征（representation）、知识利用（utilization）和知识获取（acquisition）问题。^① 实际上，这些问题涉及人的记忆的结构和过程，涉及人的思维过程和它的规律，以及人的语言和学习过程等等。所以，人们认为：“创造智能机器的关键是了解知识的性质。要了解这个概念及其在人工智能方面的应用，不仅需要计算机科学家，而且还需要心理学家、神经生物学家和哲学家们的关心。”这个意见是符合实情的，也可以说是人工智能学科对心理学研究的期望。回过头来看一看，事实上，从人工智能诞生的这一天起，心理学就与人工智能有着密切的关系。并且，心理学在人工智能的发展中，起了一定的推动作用。当然，反过来亦是如此。

首先，心理学家参与了人工智能科学的奠基工作。前面提到，计算机科学家纽威尔和心理学家西蒙等人，在 1956 年研制成了一个证明数理逻辑定理的程序。这个程序的名称叫 Logic Theory Machine（简称 LT）。LT 成功地证明了怀特海（A. N. Whitehead）等人的数学名著《数学原理》第二章中的全部定理。LT 没有使用系统的算法过程，因

^① Nilson N J. Artificial Intelligence. In: Rosenfeld J L., ed. Information processing, Vol. 74. Amsterdam: North-Holland Publ. Co., 1974.

为这种算法过程虽然能保证课题得到解（如果课题有解的话），但它对每一步都要进行尝试和检验，所付出的时间代价太大。纽威尔和西蒙等人把它称之为英国博物馆算法，也是指这个意思而言的。LT 采用了启发式的解题方法。启发式方法就是人的经验知识。它虽然并不绝对保证该课题得到解决，但往往能在合理的时间里求得课题的解决，所付出的代价要小得多。所以，他们把这种启发式方法叫作“发现的艺术”。比如说要证明“A 蕴含 C”这样一个命题，LT 就采用向前链锁法，去寻找一个“A 蕴含 B”形式的公理或已证明了的命题，如果发现了这种形式的公理或已证明了的命题（后者可作公理使用），LT 就采用分解法，生成一个新的子课题，即“B 蕴含 C”。新的子课题替代了原来的课题，只要这个子课题得到证明，那么，“A 蕴含 C”这个课题也就得到了证明。由于 LT 采用了启发式的解题方法，即使证明《数学原理》中最简单的命题所需的时间，也要比英国博物馆算法的效率提高 5 倍至 100 倍。LT 模拟了人的思维过程，表现出智能的特征，表明了启发式的解题程序的行为与人解题时的行为是十分类似的。所以，人们把 LT 程序的建立，看作是人工智能研究的真正开端。

西蒙教授的学生费根鲍姆（人工智能学科中专家系统这个研究领域的创始人），在 20 世纪 60 年代曾经说过这样的话：如果在计算机科学方面设诺贝尔奖，赫伯特·西蒙应当是第一个获奖人。西蒙教授作为一个心理学家，他参与了人工智能科学的奠基工作，成为人工智能的创始人之一。

其次，从研究人工智能的方法或途径来看，也可以看到心理学与人工智能的密切关系。人工智能是一门综合性的学科，吸引着其他许多学科（包括控制论、生理学、心理学、逻辑学和语言学等）的专家们的兴趣。但是，人们在研究人工智能时，往往强调的方面不同，研究的目标各有侧重，所以，他们在从事人工智能研究时，往往采用了不同的方法或途径。具体地说，人工智能研究中有三条不同的途径。一是仿生学途径。它力图建立生理学模型，直接模拟动物及人的感官、脑的结构和功能。二是心理学途径。主张这一途径的人认为“世界上最聪明的是人”，要使机器具有人的智能，最好的办法是了解、研究人，然后模拟人的智能行为。他们应用实验心理学的方法，搜集和考察人在各种情境下解决各类问题时的言语报告和行为表现，进行分析研究，弄清楚人在解决各

类问题时是怎样计划自己的行动的，采用什么样的步骤和策略，怎样进行推理等等。在总结出一些规律的基础上，提出心理学模型，然后用计算机进行模拟，达到使机器表现出智能行为的目的。前面所说的 LT 程序，就属于这一类。又如，纽威尔和西蒙研制的 GPS（通用解题者）程序，也是首先请大学生当被试做了心理学实验后，才在计算机上模拟的。三是工程技术的创作途径。主张这种途径的人认为，只要创造出某种方法，能使计算机解决那些需要人的智能才能解决的任务，这就是模拟了智能。至于人在解决这些任务时是否真是这样的过程，那是无关紧要的。

当然，在这里不是要去评论哪条途径好或不好。但是，有一点可以指出，心理学途径不仅在人工智能的开创阶段起了奠基性的作用，而且，在国际人工智能研究中，现在仍然显得非常活跃，很有生气。

此外，我们可以看到，还有其他一些心理学家也直接或间接地从事着人工智能的研究，他们的工作受到了人工智能学界的重视。这里再举两个例子。第一，奎林（M. R. Quillian）的关于“语义记忆”的理论。奎林认为，人们说话或理解别人的话，都离不开人的记忆。他认为，在人的记忆中，是一些概念和概念之间的关系。这些概念及其关系，彼此间构成了一种错综复杂的网，这就是“语义网络”。在语义网络中，概念用节点来代表，节点之间的连线则表示概念之间的关系。这就形象地表征了语义记忆的结构和工作原理。语义网络是作为人的记忆的心理学模型提出来的。但是，这个记忆的心理学模型却为计算机模拟提供了基础。后来他建立的机器理解语言的系统 TLC（The Teachable Language Comprehender）就是以此模型为基础的。若干年来，人们对语义网络理论一直很感兴趣，几经修改和补充，现已成为研究计算机理解自然语言的重要途径之一。语义网络模型不但用于自然语言理解系统，而且也用于其他方面，如计算机辅助教学的系统。卡博莱（J. R. Carbonell）设计的著名的计算机辅助教学的程序 SCHOLAR，也是以语言网络模型为基础的。卡博莱把南美的地理学知识以网络的形式存储在 SCHOLAR 系统中，在与学生对话过程中，使它有效地利用记忆中的知识，回答有关地理学的问题，而且，在必要时，它也可以生成合适的问题，引导学生去进行思考和掌握知识。语义网络实际上是一个关于知识的表征和有效地利用知识的心理