

102298

第五代计算机原理 实现与应用

FIFTH GENERATION COMPUTERS CONCEPTS
IMPLEMENTATIONS AND USES

彼得·毕斯霍普等著

江 岳 黄 德 编译

夏道藏 唐策善 校

安徽电子科学研究所情报室

第五代计算机原理、实现与应用

彼得·毕斯霍普等著

江 岳 黄 德 编译

夏道藏 唐策善 校

安徽电子科学研究所情报室

译 者 序

本书根据英国ELLIS HORWOOD LIMITED 1986年出版的新书, Peter Bishop 所著的“Fifth Generation Computers——concepts, implementations and uses”一书编译而成。全书共十一章, 附有第五代计算机术语汇编和四个附录。为了向科研工作者提供重要文献目录和资料, 本书附录一、二收录了第五代计算机概念主要提出人之一——日本东京大学教授元冈达所写的“第五代计算机的综述与导论”, 和“智能用户接口”附录三、四收录了约两百篇近年来国际会议和刊物的有关论文目录。

由于第五代计算机是世界科学技术前沿课题, 原书中有不少新概念、新名词, 为体现原作者的思想, 基本采用直译的方法, 这样也许能迎合科技工作者的需要。原文中掺杂着作者的一些政治观点, 这些观点未必正确, 但为了不改变原著面貌没有删改, 请读者阅读时自行分析。

全书除第十、十一章由中国科技大学黄德翻译外, 其余各章及附录由中国科技大学计算机系江岳翻译, 由夏道藏校第二、三、四、七、八、九、十、十一章和附录, 唐策善校第一五、六章。

由于第五代计算机是新事物, 限于译者水平, 错误或不当之处, 恳请广大读者批评指正。

译 者

1987, 12, 30

目 录

前 言	(1)
-----	-------

第一章 概论

1.1 数字电子计算机的由来	(3)
1.2 计算机的模念—图灵与邱吉的工作	(4)
1.3 电子计算机—布尔与仙农的工作	(5)
1.4 存贮程序计算机—冯·诺依曼的工作	(6)
1.5 电子学实践—电子管、晶体管与微芯片	(6)
1.6 软件开发	(7)
1.7 系统方法	(7)
1.8 八十年代初期的计算机	(8)

第二章 人工智能

2.1 人工智能的概念	(11)
2.2 机器智能	(12)
2.3 信息与知识	(13)
2.4 博弈游戏程序	(15)
2.5 推理程序	(15)
2.6 自然语言识别	(15)
2.7 图象识别	(17)
2.8 专家系统	(17)
2.9 用于人工智能的程序设计语言	(18)
2.10 结论	(18)

第三章 第五代计算机的计划

3.1 日本的ICOT计划	(20)
3.2 美国的DARPA和MCC	(22)
3.3 欧洲经济共同体的ESPRIT	(22)
3.4 英国的ALVEY计划	(23)
3.5 结论	(24)

第四章 第五代计算机的总体结构

4.1 一台五代机的总体结构	(26)
4.2 知识库	(28)
4.3 推理处理机	(29)

4.4	智能用户接口	(30)
4.5	第五代硬件和软件	(31)
4.6	结论	(31)

第五章 第五代硬件

5.1	超大规模集成电路	(33)
5.2	并行处理	(34)
5.3	并行控制流	(34)
5.4	数据流结构	(35)
5.5	图归约结构	(39)
5.6	ALICE	(39)
5.7	INMOS的Transputer单片机	(41)
5.8	非冯·诺依曼结构	(43)
5.9	用于VLSI芯片设计的智能CAD系统	(43)
5.10	结论	(44)

第六章 软件工程

6.1	软件工程科学	(46)
6.2	程序结构	(47)
6.3	程序设计	(47)
6.4	证明程序正确性	(48)
6.5	软件开发环境	(50)
6.6	结论	(51)

第七章 第五代程序设计语言

7.1	LISP	(53)
7.2	过程式语言的新发展	(54)
7.3	Ada	(55)
7.4	OCCAM	(56)
7.5	描述性语言	(57)
7.6	Prolog	(58)
7.7	应用式语言	(59)
7.8	HOPE	(60)
7.9	结论	(61)

第八章 基于知识的智能系统

8.1	知识表达	(64)
8.2	语义网络	(64)
8.3	框架	(67)



8.4	产生式系统	(68)
8.5	知识处理	(69)
8.6	搜索知识库	(70)
8.7	证据推理	(71)
8.8	过程学习	(72)
8.9	结论	(73)

第九章 智能用户接口

9.1	计算机及其符号	(76)
9.2	第四代接口: “WIMPS”	(76)
9.3	语音合成与声音识别	(77)
9.4	自然语言识别	(78)
9.5	图象处理	(79)
9.6	人机互交的心理学	(79)
9.7	结论	(80)

第十章 第五代计算机的应用

10.1	工业应用	(82)
10.2	军事应用	(82)
10.3	商业应用	(83)
10.4	设计应用	(84)
10.5	教育应用	(84)
10.6	专家系统	(84)
10.7	结论	(85)

第十一章 第五代计算机展望

11.1	基于知识的智能系统的影响	(87)
11.2	军事蕴涵	(88)
11.3	信息技术市场	(88)
11.4	信息技术国际联盟	(89)
11.5	人类与人工智能	(90)
11.6	结论	(90)

术语汇编	(92)
------	--------

附录一: 第五代计算机的综述与导论	(97)
-------------------	--------

附录二: 智能用户接口	(107)
-------------	---------

附录三: 专题文献目录之一	(117)
---------------	---------

附录四: 专题文献目录之二	(124)
---------------	---------

前 言

旨在发展第五代计算机（具有增强智能的计算机）的创举是信息技术领域自晶体管发明以来最重大的进展，它向信息技术的每一方面发出挑战：向产品、市场、用户和信息技术专业人员挑战，并首次向美国和欧洲作为领导信息技术革新者的支配地位挑战。这新一代计算机的名字、概念和发展路线都来源于日本，而且在开发投资方面日本领先。世界上一些先进的科研机构 and 工业信息技术专业人员都投入了大量的钱财、时间和精力来执行一系列研究计划，其中有些计划是合作研究的，有些是相互竞争的，力求在九十年代产生新一代计算机，新一代计算机的设计原理在八十年代初，是根本不存在的。任何国家的组织在这一竞争中若取得领先，那么这个国家在信息技术工业方面于今后的十年或更多的时间内可能成为支配力量。

本书打算在积极从事五代机（第五代计算机以下简称为五代机——译者注）开发工作的信息技术小组和信息技术界的其他人之间搭起一座桥梁。这些人包括：上计算课程的大学生和他们的教师、整个计算领域的专业技术人员、具有信息技术成分的项目管理者以及负责计算课程的专业教师。本书在广度方面覆盖了五代机的初始工作，同时也较深入的全面地掌握住主题。读者不必具有关于第五代计算机的专门予修知识：例如人工智能、并行计算机结构、基于逻辑的程序设计语言，当代计算机的概念、实践和技术等知识假定读者已具备的。

本书包括了下列专题：

1. 一个简明的关于当今计算机发展的概要，以引起读者对信息处理机器基本思想的注意。这些思想从五代机方案的观点来看，许多要重新检验的。
2. 用导论的方式综述人工智能的关键概念，并回顾了人工智能迄今为止的进展。
3. 描述了一个预期的第五代计算机的总体结构和介绍了日本、英国、美国 and 欧洲发展第五代机计划的轮廓。
4. 叙述了构成第五代计算机所需的硬件和软件技术。
5. 五代机预期的应用及其引入的某些可能的结果。

本书并不打算给出各式各样五代机计划进展的集锦，它集中说明计算机体系结构、软件工程、用户接口设计和作为智能计算机发展中枢的人工智能应用的基本概念和技术。使读者注意到当代计算机的实践与新一代计算机需求之间的差别。第五代计算机不仅使传统的计算机在许多领域变为陈归，而且使许多计算机知识变为陈归，特别是传统的过程式程序设计和它的辅助语言以及立足于顺序的单处理机结构的硬件设计方法。

致谢

我衷心感谢许多人为本书提供了参考资料，其中有些资料当时是没有发表的，对本书的编写有不少帮助：约翰·达林顿 (John Darlington) 提供了 Alice 计算机的信息；罗杰·贝利 (Roger Bailey) 提供了 Hope 程序设计语言；梅尔·莱曼 (Meir Lehman) 提供了软件工程的材料以及理查德·恩纳斯 (Richard Ennals) 提供了关于 ALVEY 计划的基本情况文件。他们都是英国伦敦皇家学院第五代计算机研究组的成员。我感谢爱塞特 (Exeter) 大学的约翰·坎贝尔 (John Campbell) 和依丽沙白皇后学院的布赖恩·米克 (Brian Meek)，他们审阅了全书和对许多难处提出有益的建议。我感谢皇家学院图书馆，本书的大量研究工作就是在那里进行的。

彼得·毕斯霍普

Peter Bishop

1985. 7. 4

第一章 概 论

第五代计算机代表了数字电子计算机发展的一个基本动向，它与过去三十五年的传统不同，过去“小、快、便宜”是推动计算机工业的主流。前四代机基本上是在原有的主题——由存贮的程序控制自动数据处理机的变化，而五代机的推动力则是“智能化”。

但是，第五代计算机在一系列活动中是有很深的根源的，这些活动把我们带到小至台式微型机大至地空巡航导弹中。本章给出这一系列活动的简单回顾，引起读者对过去发展过程的注意，这些发展过程以现代的眼光看正获得新的含义。在这个回顾中将认识一些基本概念，这些概念对评价五代机发展背景是必要的。对几个突出的特殊概念概括、简化及属性说明肯定也是必要的，特别是在第二次世界大战中最黑暗的日子里，为了防备Allies的攻击并使战争迅速结束而产生的史无前例的学术、政治和军事的合作研究中所产生的新概念，更有必要说明。

1.1 数字电子计算机的由来

我们目前所理解的可编程计算机的概念首先是由查理·巴贝奇 (charles Babbage, 1791—1871) 在他称为“分析引擎”的设计著作中引伸出来的。从1834年起直至他逝世，巴贝奇不断精炼他的思想和为一台由指令序列控制的通用计算机所作的设计 (Hyman)。这个机器有一个处理部件、一个主存贮器、数据输入输出装置和现在称为程序的用于逐步控制的规定 (Babbage, 1837)。这些概念的实现是机械式的，应用了复杂的齿轮轮系，这和当时的科学技术水平是相一致的。可是，即使用目前的生产水平和质量控制技术，巴贝奇的设计在实践中都不可能实现。只有几个“分析结构”的部件曾造出来过，因而他的思想几乎“沉睡”了一个世纪。巴贝奇的思想形成了第一台机电式计算机 (差不多也是最后一台) 的基础，即1944年完成的自动序列控制计算机 (ASCC) 的基础 (Ashurst)，并且影响了电子计算机的设计。

虽然分析引擎从没有造出来过，却可以推测它的能力限度以及它在某种程度上可被解释为智能的表现程度。埃塔·拜伦 (Ada Byron) 作了最有洞察力的观察，他指出：“这个分析引擎说不上是创造任何东西，它能做的任何事都是我们知通如何命令它去完成的” (Menabrea, 1843)。

数字电子计算机发展的最密集的时期是1936年到1946年的十年。1936年艾伦·图灵 (Alan Turing) 发表了一篇论文，在论文中他建立了一台计算机的抽象设计，该机器不仅仅是通用的，且在理论上它可以解决我们现在种为**算法**形式描述的任何问题。1946年约翰·冯诺依曼和他同事们发表了一个文件，提出了用存贮程序控制的电子计算机的设计原理之要点。文件中所描述的原理形成了今日电子计算机和微处理器的设计基础。

在这十年的中期，即第二次世界大战中科学家、工程师、政治家和士兵们之间空前的通力合作，他们致力于用智能击败轴心国联盟，因为单靠武力是不可能取胜的。在英国合作研

究的据点是在Bletchley 公园的一个十分秘密的基地中，在那里有一个小组，是由马克思·纽曼（Max Newman）领导的，并包括唐纳德·米奇（Donald Michie）和汤米·弗劳尔（Tommy Flowers）等人，这个小组设计了一系列的密码破译计算机，其中1943年研制的电子克罗斯（Colossus）机达到了顶峰。这些机器基于图灵发明的秘密解析原理，它们在粉碎曾被认为很安全的英尼格马机产生的德文高级命令编码中是成功的。现在大家都承认，在大西洋战役以及可能整个战争中，各种Bletchley机器所起的作用即使不是决定性的也是很有影响的。虽然在Bletchley 公园的详细工作当时是保密的，在那里服务过的若干人都有过卓越的计算机生涯（包括了人工智能方面的工作）。

战后，电子计算机在军事、工业和商业上的潜力迅速露出来。由于这种潜力开始被认识到，近四十年来可以看到计算机呈指数式的增长。虽然这个增长率不很平稳，并时时有个别市场饱和的迹象，一般说来这种增长是连续不衰退的。计算机、电信和电子控制系统的结合导致信息技术的发展，它很有可能在本世纪内成为西方世界最大的工业。概括地说有五个发展要素：基础理论、硬件设计、软件设计、应用与人工智能。前四项连续的相互交叉结合，但第五项至今离主流还有距离。可是，随着五代机发展所产生的压力，人工智能的孤立状态将会结束。

1.2 计算机的概念——图灵与丘奇的工作

为了理解某些五代机的思想，对一个计算机概念进行探索很有必要。肤浅地说，一台计算机是一台由存储程序控制的数字电子信息处理机。这个表面的概念是许多深思的结果，但是从可预见的未来看这可能是有某些局限性。关键词组“信息处理”是由马歇尔·麦克鲁汉（Marshall McLuhan）提出来的，IBM公司曾要求他向公司以简明的语言解释：什么是到处皆是的计算机。

较全面理解计算机概念的关键是认识到数学可看成是一个完整的抽象的知识体（这要追溯到一个世纪前）。数学涉及到符号，符号间的关系、符号的运算和这些符号、关系及运算的特性。事实是许多这样的符号，例如表示数字的符号都有一个具体的含义，但根本不影响它们的抽象数学特性。开始用一些基本公理和对象的精确定义，依靠定理和推论、推导和归纳而不求助于外部实际可能构成现代数学的整个复杂的网。

在一种试图“圆满”抽象数学的发展中，戴维·希尔伯特（David Hilbert）在1928年一次国际会议上提出了三个基本问题。第一个问题是完备的数学，其意思是每一个数学陈述不是可以证明就是不能证明的吗？第二个问题是一致的数学，其意思是不正确的证明步骤总是导出不正确的结论吗？第三个问题是确定的数学，意指存在一种“确定方法”（definite method），它原则上可以适合于任何数学陈述，并且它将决定是否陈述为真？希尔伯特的直觉知识使他倾向于相信这三个问题的回答是肯定的。但是八年之后他被证明的三个问题全错了，而他的“确定方法”概念引出了一台通用计算机的设想。

就在1928年这次会议上，库爾·固德（Kurt Gödel）指出：算术不能在自己的公理系统内证明是一致的，而且也不是完备的（Davis, 1965）。马克斯·纽曼参加了这次会议并在剑桥大学作了希尔伯特问题的讲演。他的学生之一艾伦·图灵深刻考虑了纽曼的用词：

“一个机械的过程”并于1936年作为他的学位论文提出了一篇辉煌的论文，题为：“具有适

用于Entscheidungs Problem的可计算数”(Turing, 1936)。

图灵证明了希尔伯特的第三个问题——EntscheidungsProblem可以借助于机器或至少是一个机器的抽象概念着手解决。一台图灵机(如同现在所知的)有这样的特性:它能计算可由一确定过程指定的任何数的值或者执行我们称为算法的东西,因而有了可计算数的思想例如, π 是个无理数,它有一个无限的十进制小数,但是它的数值可以用计算它的算法形式来表达。这样,只要有足够的时间,图灵机可以计算 π 到任意所需的位。虽然图灵提出了非形式的证明,即一个机器可以有上述的特性,但他给出了许多有说服力的变元,而且他的命题被大家接受,成为计算理论的公理。他使用他的机器概念证明:存在一些数字是不能用任何“确定方法”来计算的,因此希尔伯特的第三个问题的回答是否定的。

与此同时,几乎是同一天,阿龙周·丘奇(Alonzo church)在美国宣布了同样的结果丘奇使用一种形式的表示法(他称为“入演算法”)将所有的算术公式翻译为标准的形式。这样证明定理就变为:根据一组形式规则用“入演算法”将一串符号变换为另一符号串。可是一般地说,没有可以确定一串符号是否能翻译为另一串的“入演算”公式。因此这种寻求一个“确定方法”在某些情况下再次失败。邱奇的推论响应了图灵的论题,即可计算数精确地等于一组可用“入演算”的相应公式计算的数。

图灵和丘奇的工作对计算机来说有深远的意义。首先,一个数字并不比一串符号多,它可以进行任意的翻译。一个几乎无关紧要的结论是:任一数字基数可用来计算。更重要的是这是在作为符号序列的计算机数据这一思想背后的形式推理,这些符号由机器来处理,但是在它们提供信息之前需由使用者翻译它。更重要的是:一个字符串可以被解释为一条指令。其次图灵机是通用的,它可以解决能用算法形式表达的任何问题(换句话说,它可以计算任一可计算的数)。最后,图灵机在原理上是很简单的,它有一条单一的带子,这带子担任输入、输出和存贮的任务。它用“行动表”(程序)来控制,并且任何时候都可以处在任一状态上。每一个运算和带上单个符号的处理有关,并可能用一个符号操纵带的两个移动方向。构成一台实现图灵机概念的通用计算机在实践上证明是可行的。

计算理论后来的发展沿着图灵和丘奇所建立的路线——相应的抽象机器方法和函数程序设计方法(Brady, 1977)。图灵机的概念进一步被阐明和精炼,且其特性也得到更详细的检验。函数式程序设计导致了某些程序设计语言如Lisp的发展(7.1 节),它是处多数人工智能工作的语言,并且导至了一个程序可以被认为是一个数学命题序列的思想,以及用形式数学技术可以证明程序的正确性。

1.3 电子计算机——布尔与仙农的工作

图灵和丘奇的工作建立了这样的思想:一台计算机本质上是一台符号处理机,脱离对程序设计者或用户任何的符号介释。开始的计算机运算是低于数学水平的,并且限于逻辑领域在这个水平上,符号以二进制数字位的形式来表示是最方便的,它可以表示数字、字母、图形显示的颜色或是声音的成分。完成这些原始运算的电子开关电路接近地对应于二进制数0和1,它们可以仅处在两种状态之一。

引导我们进入这种情况的理论工作可以追溯到亚里斯多德(公元前384年到322年)的逻辑学。亚里斯多德建立了形式逻辑学的规则,使得命题的真或假可以用定义过程来演绎,下

一个主要的进展应归功于乔治·布尔 (George Boole, 1815~1864)。他的两本著作 (Boole, 1848 and 1854) 确定了亚里斯多德逻辑学可以用形式代数表示法来表达。逻辑学与电子学之间的联系是由克劳德·仙农 (Claude Shannon, 1916—) 建立的, 他指出了基本的布尔运算如何用电子开关电路来表示, 并指出电路如何组合来表示复杂的逻辑和算术的运算 (Shannon, 1938)。最为重要的是仙农指明布尔代数如何用于简化开关电路及开关电路的特性可以用形式证明来建立。

1.4 存贮程序计算机——冯·诺依曼的工作

1936年至1946年这段时期内发展过程的最后一环导至了现代计算机的概念, 这是由约翰·冯·诺依曼 (John Von Neumann, 1903~1957) 和他的美国战时研究机构的同事们提供的。在一台早期电子计算机 (即ENIAC, 第一台和最后一台以十为基数的电子计算机) 的设计和制作的最后阶段, 作为顾问的冯·诺依曼阐明了通用电子计算机的设计要求 (Von Neumann, 1945; Burks, Goldstine and Von Neumann, 1946)。这种通用机运行二进制码形式的数据和指令, 二者一起存入存贮器, 还需要少量的寄存器, 保存正进行处理的当前程序指令和数据项。机器是在顺序取出和执行程序指令的重复多步周期中运行。

这种描述在一定程度上适用于1946年以来建造的电子计算机。串行操作的要求至今仍保留在大多数单个的处理机中, 但是现代计算机的主要特点是含有多个处理机, 它们在某种程度上并行工作, 增加并行性是五代机硬件的主要要求之一。同时具有深远意义的设想是存贮程序和数据。从实践的意义上说, 它节约了存贮器空间, 这是借助允许存贮器在数据和指令之间灵活地被划分区间而实现的。这意味着从存贮器取数据和取指令的机理是相同的。更重要的是, 它意味着在一个上下文和另外的指令中符号可以被当成数据一样对待。例如, 高级语言的源码从编程者来看是许多指令, 但是就编译器而论乃是数据。最重要的结果是理论上程序根据自己的运行情况可以自行修改。在50年代早期, 对冯·诺依曼及其他人来说, 这些似乎是很有希望的发展路线, 可是它没有导至任何重要的突破。目前自身修改程序受到反对, 但是人工智能的发展可以恢复它们的好感。

1.5 电子学的实践——电子管晶体管与微芯片

首先通过冯·诺依曼开始的路线的是曼彻斯特大学的Mark 1, 这是一个小的模型计算机, 它于1948年投入运行。接着它迅速发展起来。仅三年之后, 第一台商用的电子计算机 (Univac) 投入使用。这些庞然大物的电子管计算机弱小的处理能力相当于今日的台式微型机, 在50年代末就被晶体管方案所取代。1948年晶体管的发明是一件比任何其他东西都更能使计算机接受的大事。晶体管体积小、便宜和非常可靠, 并且很快被证明可以将几个晶体管和其他电路元件组成单个集成电路, 这就是现在到处皆是的芯片。IBM360系列计算机在60年代中期完成了晶体管化, 并帮助巩固了IBM在世界市场的支配地位。1972年进入了集成的最终阶段——在一个单个芯片上集成了一个完整的处理机。70年代末台式机已很平常了, 到了1982年左右, 第一台百万存节存贮容量的数字电子计算机诞生了。

从硬件装置的四代——电子管、晶体管、集成电路和微处理器, 可以看到计算技术急剧地增长, 并且可以看出从最秘密的军事部门转移到厨房餐桌作为最广泛的计算机使用点。然

而，1936至1946年的大多数先驱者在家中使用着台式微型机，并马上联想到它起源于第二次世界大战的锻炼。

1.6 软件开发

由于计算机硬件功能变得更强有力，同时也更加复杂，就需要在计算机和用户之间安排越来越多的软件。情况总是这样的，计算机硬件的详细动作只有直接负责设计和制造的工程师才能完全了解，这就限制了早期的计算机仅可能由这些工程师所使用。为了放宽程序设计者和使用者的要求，引进了各层软件。每层都提出为了软件及和用户要求简化计算机的观点。

软件最内层，现在称为操作系统，用一个虚拟机代替实际的硬件。例如，数据是以逻辑实体（文件·记录等等）取代物理实体从外围单元转移来和输出的。其次一层仅是在软件开发中提出来的，它是各式各样的语言翻译器，使程序设计者能够用适合于应用的高级语言来代替适合于机器的低级语言。这些语言翻译器把高级语言形式的指令看作为数据，并且将使些指令翻译为一组等价的机器指令，随后由操作系统传递对机器指令的控制。最外层的接口在许多情况下是最重要的，它是由应用程序向外部世界提出来的。这是一个确定计算机与使用者之间交互的用户接口。一个应用程序可看成一种把通用计算机变换为一台服务于一特殊任务的专用机的手段，利用用户接口作为与这个专用机交互的工具。

直到最近，在大多数计算机系统中用户接口仍被认为是一个薄弱环节。在许多情况下，它差不多是马后炮式的“嫁接”到软件上，缺乏认真考虑用户的需求、知识或者思维过程。不妥当的用户接口是限制计算机使用的重要因素。由于人和计算机之间交互的心理学变得较好理解，并且由于人工智能的发展导致用户接口设计变得更清楚，上述的这种情况很可能会改变。用户接口的设计（见第九章）是研制第五代计算机的关键领域。

1.7 系统方法

毫无疑问，计算机是最复杂的人造产品，许多工业国家相当大比例的人使用计算机，包括大多数在校的儿童，这是更无前例的情况。为了驾驭这些复杂性，几个基本技术是必需的其中包括上述的软件的层次思想和接口技术。最广泛应用的也是可能很少有人想到的是系统的思想。许多计算机专业人员由于没有某种更精确的词而喜欢借助于词组“系统”，因而在他们的听众心目中造成了混淆的层次。

无论如何，系统是一个精确的概念（Beshon and Peters, 1972），它在降低现代计算机硬件和软件的复杂性到可驾驭的比例中是最重要的。一般，一个系统可以看作是一个相互联系的部件的集合，它们一起达到（或力图达到）特定的目的和目标。系统可以有子系统，子系统包含系统部件的子集，它们达到系统目的和目标的一部分。同样，任何系统都可以是一个大系统的子系统。一个系统有一个精确地定义的边界，通过它与其环境交互。这点和前面讨论的接口思想紧密对应。

应用系统的概念到计算机上可简化许多事情。例如，计算机系统可以包括硬件或软件或二者的混合。借助系统的目的和目标或以穿过系统边界的信息流来描述一个系统是十分有效的。这种方法无需指定系统的全部成分。这样就导致了模块的思想。模块是一个有非常精确定义边界和简单接口的系统，它可以被“拔出”并用另外有相同接口和功能的模块替代，

一点也不会影响到原模块的功能。一个芯片就是一个硬件模块的明显例子，并且目前许多工作都是集中于编写完全由模块组成的软件，这些模块可以抽去和用某种方式替代。

许多计算机方面的工作是包含借助这种系统的原理来进行的。计算机应用、计算机的组件和软件，它的各种层次是借助目的和目标、边界和接口来描述的。只在绝对必需情况下才提供组成部分的清单。随着五代机的到来，由于计算机系统的复杂性至少增加一个数量级，为了避免严重的错误，这种系统方法必需变得更加严密。

1.8 80年代初期的计算机

这样我们就从Entscheidungs Problem (确定方法问题) 回顾到了80年代初计算机的迅速发展。一台计算机的流行概念是：它是一台信息处理机器；数据被计算机当作符号串来处理并由用户来解释；它的程序将一台通用机变换为一台专用于特殊任务的机器。这些概念是廿世纪一些最辉煌的思想的结晶。许多计算机的使用者十分清楚计算机的能力和局限性。计算机可以排序、选择、比较和组织数据和完成计算。它们可以根据数据作出判定，所有这些都是以人无法模拟的速度进行的。但是，计算机不能理解它们处理的数据，它们不能够创新，也不能理解模糊的、不完整的或矛盾的信息，它们不能处理自然语言形式的信息，以及虽然能产生精彩的图象显示却不能解释可见形式的信息。计算机最杰出的才能也不能高于控制它们的指令和这些指令运行所需数据的提供者。

计算机已成为“精确的”科学如物理、化学的标准工具，并进入到某些派生的生物学中计算机在所有工程分支中是必不可少的。过去四十多年中航空及宇航事业的进展如果没有计算机也是不可能取得的，但是，计算机在一些领域如社会学、经济学和尤其是医学还才有进入舞台中心，在那里基础知识不是那样精密和容易用数量表示。在这些领域中高资历和有经验的专家是最终的决策者。

如果第五代计算机的某些原望被实现，上述的许多问题都会改观。

参 考 文 献

- [1] Ashurst, F. Gareth (1983), *Pioneers of Computing*, Frederick Muller.
- [2] Babbage, Charles (1837), 'On the mathematical powers of the calculating engine', in Randell (1973), pp. 19—54
- [3] Beishon, John, and Peters, Geoffrey (1972), *Systems Behaviour*, Harper & Row, for the Open University Press.
- [4] Boole, George (1848), *The Mathematical Analysis of Logic*, Dover Publications, New York.
- [5] Boole, George (1854), *An Investigation of the Laws of Thought, on which are founded the Mathematical Theories of Logic and Probabilities*, Dover Publications, New York.
- [6] Bowden, B. V. (ed) (1953), *Faster than Thought*, Pitman.
- [7] Brady, J. M. (1977), *The Theory of Computing Science*, Chapman, & Hall.

- [8] Burks, A. W, Goldstine, H. H, and Von Neumann, John (1946) , 'Preliminary discussion of the logical design of a computing instrument' , in Swartlander (1976) , pp. 221—259, and Randell (1973) , pp. 399—414
- [9] Church, Alonzo (1936) , 'A note on the Entscheidungsproblem' , Journal of Symbolic Logic, 1 , reprinted in Davis (1965) .
- [10] Davis, Martin (ed) (1965) , The Undecidable, Raven Press.
- [11] Goldstine, Herman H. (1972) , The Computer from Pascal to Von Neumann, Princeton University Press.
- [12] Hyman, Anthony (1982) , Charles Babbage. Pioneer of the Computer, Oxford University Press.
- [13] Menabrea, L. F. (1843) , 'Sketch of the analytical engine' , translated with additional notes by Ada Byron. Scientific Memoirs, 3 , pp. 666731. Notes reprinted in Bowden (1953) .
- [14] Randell, Brian (ed) (1973) The Origins of Digital Computers. Selected Papers, Springer—Verlag.
- [15] Shannon, Claude (1938) , 'A symbolic analysis of relay and switching circuits' AIEE Transactions 57, pp. 713—723; reprinted in Swartlander (1976) .
- [16] Swartlander, Earl E. (ed) (1976) , Computer Design Development. Principal Papers, Hayden.
- [17] Turing, Alan (1936) , 'On computable numbers, with an application to the Entscheidungsproblem' , Proceedings of the London Mathematical Society 2 , 42; pp. 230—265.
- [18] Von Neumann, John (1945) , 'Draft report on the Edvac' , in Randell (1973) , pp. 383—392.

第二章 人工智能

我们十分清楚对人类生存而言，而完全确定的行为特性和完全浑沌的行为特性之间有一个空间，这是一个智能的空间。问题很简单，在机器的整个历史中，它从没有占领过那个空间。我们也许生活在人类历史中最难实现的文化进化的前沿，但是信念在慢慢地改变，而且我们还不得不面对这样一个事实：“智能”将不再唯一地意味着是人的智能”。（Harold Cohen, in Tate Gallery, 1983）

自从查理斯·巴贝奇表达了一台由指令序列控制的自动计算机的思想以来，靠其设计者和编程者所授予计算机智能的程度一直是个争论不休的问题。图灵和冯·诺依曼花费了他们后半生的许多时间尽力解决机器智能的问题，并且一个有时严阵以待的小组一直使这火焰燃烧到现在。一直受到攻击的中心问题是：

一台计算机具有什么样的智能？和

一台计算机的智能能够被投入到什么实际应用中去？

这些问题可以从两个角度来看。首先，接受计算机作为一台自动符号处理机的概念，且这台符号处理机不能超过由它的软件和硬件所赋予它的能力。在这些条件下有多少智能可以被传递给一台机器呢？籍助于符号处理所能表达的人的智能能力有多大范围呢？第二种途径是重新考察来自巴贝奇、图灵、冯·诺依曼及其他人工作所带给我们的一台计算机基本概念看看能否放松或去掉任何隐含的限制。今日大多数人工智能的研究是集中于第一途径，而许多第五代计算机的工作属于第二类。

下面的问题是更加基本和困难的：对人的智能的概念所下的显然不充分的确定义，不能提供人工智能概念的一个坚实基础。为了这个和其他的原因，“人工智能”术语至今还没有大家都能接受的定义（Boden, 1977）。并且两条主要的研究路线有时争执不下。一条研究构成很多类应用之基础的基本理论；一条研究应用到专门情况的启发式方法。多年的深入细仔的研究已经产生喜人的崭露曙光的前景，但是实质性的进展非常少。例如，虽然计算机现在能达到象棋大师的水平，但是辨认乱放在盒中的棋子并将其放在棋盘的正确位置上，却甚至超出了最老练的计算机控制的机器人的能力。

在英国对人工智能的研究遭到一个严重的挫折，这是由莱特希勒发表的报告（Lighthill 1972）引起的。报告下结论说，大多数人工智能的应用是如此变化多端，以致计算机在处理它们时将陷入一个“组合爆炸”之中。这就是说，在少数几个人工智能已经取得某些进展的情况中（例如象棋游戏），可能的事件组合数目虽然很大，但如果利用仔细地设计规则和策略，毕竟是可以管理的，可是在几乎每一个实际生活的情况中，可能性的数目太大，以致难于个别地考虑。例如计算机可以十分容易地被编程以区别简单的形状（如立方体和锥体），但是在更复杂的形状，例如不同类型的螺母或螺栓或人的面孔之间区别则几乎是不可能的。许多人工智能的工作集中在开发搜索策略，以便减少在任何特定的情况中可能性的数目。但是这也没有足够的份量来削弱莱特希勒报告的影响。建筑在人工智能基础上的第五代计算机

的出现，在英国开始扭转了人工智能研究的衰落。但是在这个领域中有经验的专业技术人员仍很少。

本章考察某些人类智能的概念；提出了一个关于人工智能概念的工作定义；研究在一台计算机上表达知识的各种方法以及评论正在取得进展的人工智能研究的各个领域。

2.1 智能的概念

通常大家都认为：一些人要比另外一些人聪明，大多数的人要比黑猩猩更聪明；而大多数猩猩要比绦虫聪明。而且大多数人也将承认，就是绦虫也确实拥有一些最低级的智能。类似地，大多数也同意，一台字处理机比一台打字机更有智能。虽然用这种方法可以建立粗略的智能相对尺度，但是确定智能的量仍是难以捉摸的。智能与识别模式、引出推理结论、将复杂系统分析为简单的元素和解决矛盾的能力有关系，但它比所有这些更高。它包含了一个难下定义的“才智”（Spark），这种才智使之获得新的悟性（或洞察力），形成新的理论和建立新的知识。

智能可以被引入到最低层是信息的层次结构中。信息由事实（或号称为事实）组成，它为较高的层次形成原始材料。信息较容易获取，它可以被写下来，被送入一个计算机系统或死记硬背地学习。再高一层是知识领域：事实间的联想、数学公式等等。知识不象信息那样容易获取，它需要一个复杂的和缺乏理解的学习过程。更高一层是智能，它是对信息和知识进行操作。智能的能力是固有的，并且多多少少通过知识经验来认识。在这个层次结构的最高层是智慧（Wisdom），它经常有神秘或宗教的色彩，它比智能更难以定义。

这个层次结构也可以从语言的观点来考察。信息可以容易地表达为文字、数字或其他符号。知识一般表示成语言的或数学的形式，并且知识的表达是对第五代计算机开发者的最重大的挑战之一。智能横跨语言的上限：可以写出模式的情况或演绎推理，以及阐明某些一般的原理。但是创造性的智能的“才智”是难以用语言表达的。智慧则完全超出了语言所及，用文字来非法占据这一层的企图，一般被确认为象“什么是一只手拍出的声音？”这类非难的变种。

在运用语言（无论用自然语言或人工语言）描述智能方面产生了一个进一步的问题：在叙述中应用的术语充满了各种哲学的、心理学的甚至政治的假定（Boden, 1977）。“智能”这个词本身就是一个好例子。按某些行为主义者的见解，这个术语有一个很狭窄和精密的定义，并且能够进行一定数量的测量。而对其他更加具有人文主义的倾向来说，这个术语带有很深的含义。使用具有无一致的精确定义的词的问题是永无终止的。一些词是靠另外一些词来定义的，以及使用具有公开辩论的词，等等。

从心理学的研究来看，问题越来越清楚：我们所理解的东西。如意识、理智仅是智能冰山的山顶。下方是一些子意识层，它们以模糊理解的方式活动并且只是偶尔提交相关的图象给意识表层。然而这些子意识是整个智力过程的一个组成部分，这点在人工智能的工作中常被忽略掉。本世纪最聪明的人之一，艺术家萨尔瓦多·德里（Salvador Dali）对这点最为清楚：构成他工作基础的想法力是由他的子意识心理提供给他的想象。

脑和神经系统的心理学在许多方面是一片空白的区域。我们目前了解信号是如何沿着神经细胞传送的以及主要地通过它来接受刺激者的存在研究才介入脑的哪出区域负责哪些心理活