

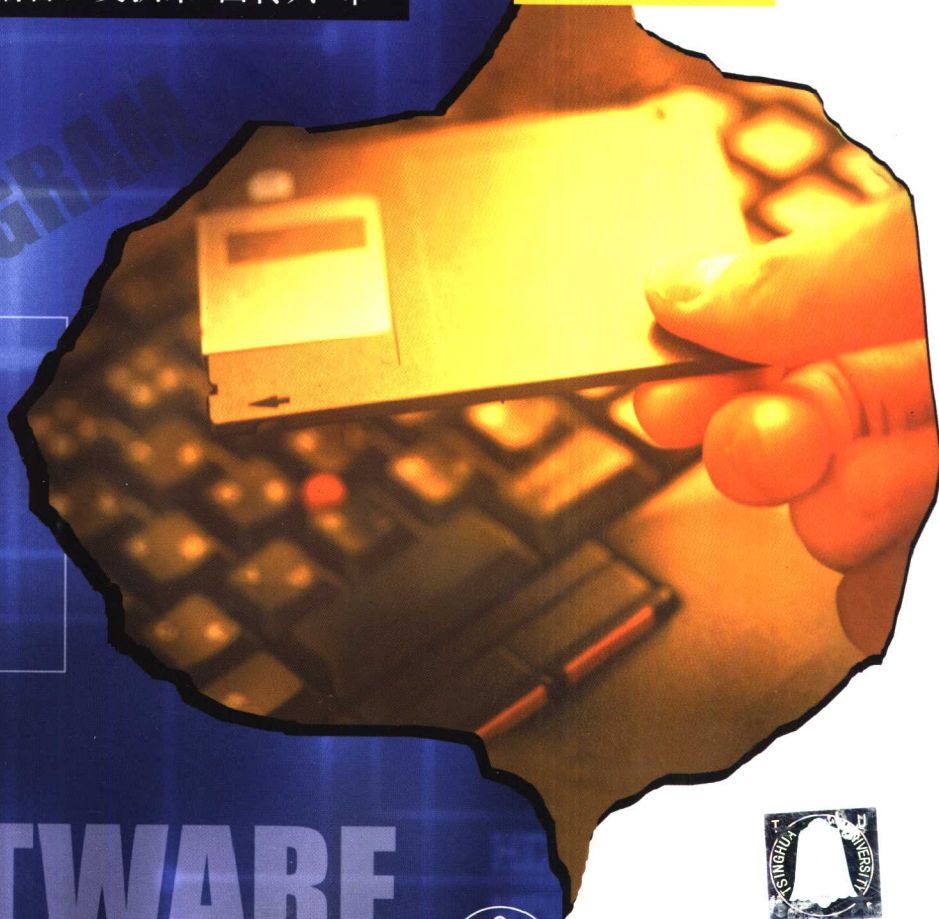
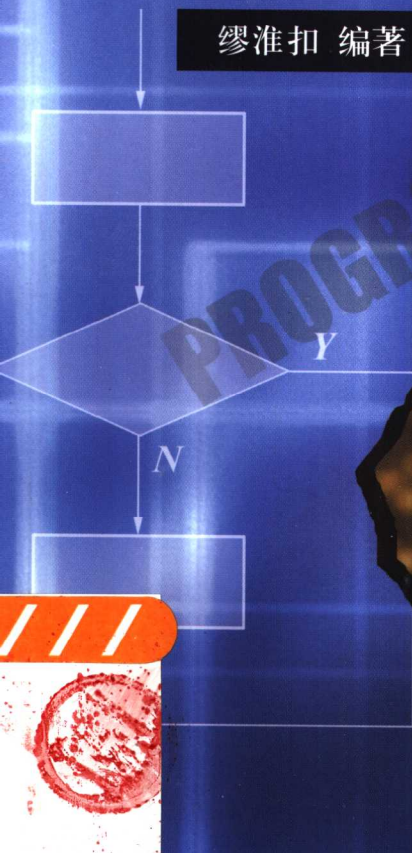
“计算机科学技术创新”科普教育丛书

BASIC

# 计算机的灵魂

程序

缪淮扣 编著 / 吴洪来 吕传兴 审



SOFTWARE



清华大学出版社  
<http://www.tsinghua.edu.cn>

00200878

TP31-49

21



“计算机科技创新”科普教育丛书

# 计算机的灵魂

## 程序



程序——  
我的灵魂！



缪淮扣 编著  
吴洪来 吕传兴 审

34860/04

清华大学出版社



北航

C0631664

**(京)新登字 158 号**

**内 容 摘 要**

程序是计算机的灵魂。计算机之所以如此“聪明”，全是靠人用程序调教出来的。本书用通俗易懂的语言和生动活泼的插图，讲述了有关计算机程序的知识 and 创新故事。本书旨在帮助广大青少年和计算机爱好者建立正确的计算机科学技术特别是计算机软件的基本概念，激发他们深入学习计算机科学知识的兴趣和愿望，培养他们的创新意识和创新精神。

**版权所有，翻印必究。**

**本书封面贴有清华大学出版社激光防伪标签，无标签者不得销售。**

书 名：计算机的灵魂——程序  
作 者：缪淮扣 编著  
出 版 者：清华大学出版社(北京清华大学学研大厦，邮编 100084)  
[http:// www. tup. tsinghua. edu. cn](http://www.tup.tsinghua.edu.cn)  
印 刷 者：世界知识印刷厂  
发 行 者：新华书店总店北京发行所  
开 本：787×960 1/16 印张：11.75 字数：214 千字  
版 次：2001 年 11 月第 1 版 2001 年 11 月第 1 次印刷  
书 号：ISBN 7-302-04538-0/TP·2687  
印 数：0001~5000  
定 价：15.00 元

# “计算机科学技术创新”科普教育丛书

## 编委会名单

主 编：李三立

副 主 编：吕传兴 吴洪来

编 委 （按姓氏笔画为序）：

|     |     |     |     |     |     |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 毛国平 | 石 磊 | 叶金霞 | 孙元清 | 苏芳来 | 张 权 |
| 张世正 | 张令毅 | 林奇清 | 陈海洋 | 陈春法 | 周卓伦 |
| 郑增仪 | 郭 鸿 | 郭善渡 | 唐 玲 | 徐桂珍 | 高黎新 |
| 董百年 | 蒋敦杰 | 蔡建民 |     |     |     |

执行编委：

吕传兴 吴洪来 俞嘉惠 缪淮扣 薛维明

# 序

邓小平同志早在 1984 年就提出,“计算机普及要从娃娃抓起”,这是一个非常有战略远见的思想。现在看来,将计算机信息技术课作为中学阶段、首先是高中阶段的必修课势在必行,中小学计算机(信息技术)教育的优劣将直接影响到我国 21 世纪的经济发展和科技竞争实力,会影响到一代人甚至几代人的终身学习和发展。从国内实际情况看,虽然我们做了不少卓有成效的工作,但仍然赶不上时代前进的步伐,与发达国家的差距甚至还在拉大。我们必须奋起直追,争取在一段较短的时间内使我国的中小学计算机教育上一个大的台阶,直至成为世界最好的中小学计算机教育的国家之一。

我国是一个人口众多的发展中国家,这一客观条件决定了我国在青少年信息技术普及过程中应该有我们自己的特色,在“教什么”和“怎么教”的问题上应与西方发达国家有所不同,不能一成不变地照搬外国。必须自己组织力量,下苦功夫,编写出一套甚至一批适合我国青少年需要的信息技术科普读物和教材!这是一项难度很大的工作,但又是一项意义重大、影响深远的工作。如果做得好,将给我国亿万中小学生的学习和发展建造起一个扎实的平台,将会使他们在基础教育阶段就能对计算机与信息科学的基本原理和发展动态有一个正确的理解,建立起良好的信息意识和信息素养。信息科学与技术的发展史就是一部激动人心的创新史,把信息科学家们的创新故事告诉我们的孩子们,把强烈的创新意识和



创新精神根植于他们的心中,也是我们的一个非常重要的任务。这些就是组织编写这套书的来由和初衷。

我赞成编委会提出的“丛书以激发和培养读者(特别是青少年)的创新精神为主旨”,要通过知识的重新整合,深入浅出地讲清道理,力求通俗易懂;要写薄书,写浅书。关于丛书内容,我认为应以中学生主要关心的基本问题为主,如什么是计算机,为什么计算机有如此强大的功能,计算机为什么能联网,网络为什么有如此巨大的潜力,等等,这些问题大体上也是成年人学习计算机和信息科学时提出的,这些问题能解决也都是科学创新的结果。

万事开头难。将这些重大的发明和创新过程进行重新研究和整合,以准确的事实、清晰的概念、浅显的文字、生动的插图展现出来,实非易事。对于参与组织编写这套书的专家学者们所做的工作,以及他们承担这样一个艰巨的任务所表现出来的强烈的历史责任感和钻研精神,我感到十分敬佩;同时还要感谢上海市计算机学会和清华大学出版社,对于他们能够花大力气来做这样一件有意义的事,我感到十分高兴。尽管首批8本书中还存在一些不足之处,但毕竟是走出了第一步。我希望这套书能一直做下去,并不断吸引全国热心于科普事业的专家、学者参与进来,不断修订、更新、扩充,精益求精,使我们的青少年读者能从中真正受益。

教育部副部长



2000年11月

# 前言

尽管从第一台电子计算机诞生至今只有 50 多年,但计算机却已经走入了我们生活的每一个角落。计算机知识已成为人类重要的文化基础,计算机科学技术一跃成为 21 世纪前后推动人类社会向前发展的最活跃、最积极的动力。科学技术发展的灵魂在于创新。计算机科学技术的发展之所以气势磅礴、一日千里,其根本的原因就在于这一领域中人类创新意识的空前宏扬和创新精神的淋漓尽致的发挥。因此,计算机科学技术的发展史本身也是一本最精彩的创新精神的教科书。

国家把希望寄托在年轻一代身上。教育部领导十分重视向青少年一代普及计算机科学技术的基础知识,培养青少年的创新精神,认为这是一项十分重要而且迫切的任务。吕福源同志提出要编写一套适合中学生阅读的“计算机科学技术创新”科普教育丛书,并在百忙中亲自主持召开作者座谈会,反复强调丛书要以宏扬创新精神为主线;在内容编排上要将计算机科学技术的有关知识进行重新整合,要围绕计算机科学的几个最基本、最重要的问题展开。关于丛书的具体编写,他也提出了许多具体意见,如丛书一定要做到图文并茂、通俗易懂、重点突出;在叙述前人的创新事迹时,同时也要指出其局限性等。

这些意见给丛书编写工作指明了方向。五位执行编委经多次研讨,以软件技术的进步、计算机体系结构的演变、人机界面的改进、代码技术的发展、网络与信息高速公路等方面的有关知识、技术和创新事迹为重



点,拟定了八个题目。我们认为,通过这八个题目的讲述,应能使读者对计算机科学技术的基础知识有一个较为全面的了解。在写作过程中,我们力求言必有据,概念准确,把计算机科学技术的基础知识和计算机发展史上的创新火花穿插在一起,用通俗易懂的语言,生动有趣的情节和插图展现给读者,使读者的思绪同计算机科学技术大师们的灵感与智慧一起涌动,从而能够潜移默化地学到知识,自然而然地把创新精神融化于自己的思想和行动之中。

来自全国各地的计算机专家、教授和教育工作者参加了本套丛书的编写。经过两年的艰苦努力,终于使这套丛书得以同广大读者见面了。如果丛书能在普及计算机科学知识、启迪青少年的创新精神、激发青少年深入学习计算机科学技术知识的兴趣等方面有所收获,我们将会感到无比欣慰。

在丛书的编写过程中,上海市计算机学会和清华大学出版社在各方面都给予我们很大的帮助;上海科诺科技服务公司协助我们组织了插图创作队伍,在此一并致射。

此次付印的书稿虽经反复修改,但错误与疏漏仍在所难免,诚恳希望广大读者及学界前辈不吝指正。

丛书编委会

2000年12月

# 编者的话

计算机的灵魂——程序



1946年,当第一台电子计算机“爱尼亚克”在美国宾夕法尼亚大学摩尔学院诞生时,很少人会想到计算机科学技术的发展和应用会有今天这样波澜壮阔,其功能会是如此的神奇和强大,会与人类社会的各个方面如此息息相关。当时就连大名鼎鼎的科学家冯·诺依曼也感慨地认为“看来全世界的计算只要有四台‘爱尼亚克’就足够了”。这种断言在今天是如此令人不可思议。

那么,为什么计算机会有如此强大的功能?人是如何来调教计算机做到这一切的?计算机与别的机器到底有什么差别?有计算机不能做的事情吗?这些问题,对于不太了解计算机的人,是难于回答的。即使对于那些有计算机使用经验或对计算机有所了解的人也未必能回答得清楚。它们涉及了对计算机的本质的认识问题。

本书试图以计算机科学发展史上大量的创新事例和优秀人物,结合计算机科学技术的基本概念和基础知识,用通俗易懂的语言和生动活泼的插图来回答上述问题。通过阅读本书,读者会了解到:

计算机之所以会如此“聪明”、“能干”,是靠人用程序调教出来的。程序是软件的主体,是计算机的灵魂。计算机的高速处理能力加上“聪明”的程序,使计算机有了强大的功能,正是程序的千变万化才使计算机大显神通。

程序的核心是算法,程序是算法的一种描述,在一定意义上说是算法的实现。算法设计是人类智慧的结晶,计算机科学中的创新在一定意义上说是算法的创新。创建一种新算法不亚于创建一种新机器。优秀的算法可以把解决问题的时间从几个月、几天缩短为几秒。

程序设计语言,虽然还有点“洋泾浜”味,但它的发展是计算机科学中最富于智慧的成就之一。正是程序设计语言的不断发展,才使计算机科学技术有如此丰硕的成果。

软件不仅仅是程序,软件开发也不仅仅是编写程序。软件开发像制造机器和建造大楼一样,是一个“工程”。层出不穷的软件开发的新方法和新技术也促进了计算机软件的商品化。

科学的本质在于探索。和其他任何科学一样,计算机科学的生命也在于创造,创新精神是整个计算机科学和技术发展过程的内核和灵魂。

创新是本书内容的一根主线。一部计算机科学和技术的发展史,就是创新的历史。人是创新的主体,正是这些创新人物的创新事迹,推动了计算机信息科学技术的发展。

在本书的写作过程中,几位执行编委对编写纲要进行了多次讨论;吕传兴老师和吴洪来老师审阅了全书,并提出了不少具体的修改意见。我还要感谢我的上海大学的同事、国家自然科学基金会和清华大学出版社以及上海市计算机学会对我的支持和帮助。

由于作者水平的限制,书中的一些观点和一些提法未必完全正确,敬请读者不吝指正。

缪淮扣

2001年3月于上海大学

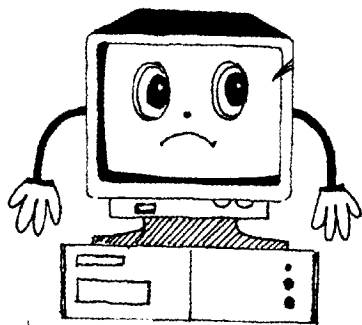
# 目 录

计算机的灵魂——程序



|                           |    |
|---------------------------|----|
| 第 1 章 人造精灵——计算机 .....     | 1  |
| 1.1 神通如此广大 .....          | 2  |
| 1.2 全靠人来调教 .....          | 8  |
| 第 2 章 解题要有程序 .....        | 13 |
| 2.1 计算机如何解题 .....         | 14 |
| 2.2 把步骤变成一系列指令 .....      | 16 |
| 2.3 程序员先驱 .....           | 19 |
| 2.4 程序到底是什么 .....         | 24 |
| 第 3 章 话算法源远流长 .....       | 31 |
| 3.1 最早的算法 .....           | 31 |
| 3.2 从丢番图方程说起 .....        | 33 |
| 3.3 算法形象化 .....           | 36 |
| 3.4 算法设计有方法 .....         | 38 |
| 3.5 使用频率最高的算法 .....       | 44 |
| 3.6 算法学家的智慧 .....         | 49 |
| 3.7 算法的“快”与“慢” .....      | 54 |
| 第 4 章 说结构—— 栈、队、树、图 ..... | 61 |

|            |                   |            |
|------------|-------------------|------------|
| 4.1        | 从排队现象引出的结构        | 61         |
| 4.2        | 层次化的数据结构——树       | 68         |
| 4.3        | 网状结构——图           | 73         |
| 4.4        | 大容量的数据结构——文件      | 80         |
| <b>第5章</b> | <b>人和计算机对话的语言</b> | <b>83</b>  |
| 5.1        | 人和计算机的共同语言        | 84         |
| 5.2        | 程序语言早期的三足鼎立       | 90         |
| 5.3        | 程序语言擂台上的各路英豪      | 99         |
| 5.4        | 程序语言再认识           | 110        |
| 5.5        | “好语言”层出不穷         | 113        |
| <b>第6章</b> | <b>不能没有翻译</b>     | <b>125</b> |
| 6.1        | “翻译”也是程序          | 126        |
| 6.2        | 程序语言翻译程序的集大成者     | 131        |
| <b>第7章</b> | <b>解题不只是算题</b>    | <b>141</b> |
| 7.1        | 初衷是数值计算           | 141        |
| 7.2        | 不只是数值计算           | 144        |
| 7.3        | 说到底还是计算           | 153        |
| <b>第8章</b> | <b>程序 = 软件?</b>   | <b>155</b> |
| 8.1        | 软件不仅仅是程序          | 155        |
| 8.2        | 软件开发要工程化          | 157        |
| 8.3        | 软件也有生命期           | 159        |
| 8.4        | 软件开发方法的不断创新       | 168        |
|            | <b>参考文献</b>       | <b>176</b> |



没有程序，  
我能做什么？

## 人造精灵——计算机

几乎是人所皆知，但又是那么神奇；有几分高雅，还有几分神秘，这就是人造精灵——人们心目中的计算机。

电子计算机，简称计算机，又名“电脑”。

这是一项改变人类生活形态、思维方式的科学创造。这是一项与传统观念发生激烈碰撞，能使全世界为之改变的技术应用。

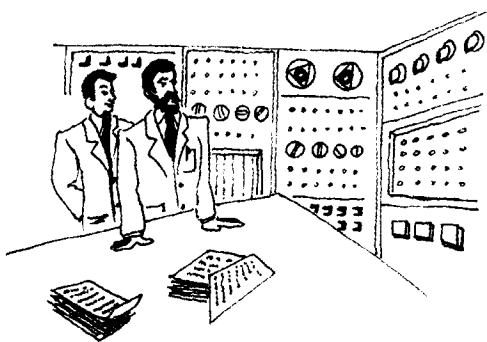
计算机作为一种工具，改变了人类的行为模式和工作方式，提高了人们的生活质量和工作效率。

人类有史以来，还没有一种广泛使用的工具像计算机那样，既为用户提供如此广阔的创造空间，又对使用者提出如此之高的知识要求。

人类有史以来，也从来没有一种广泛使用的工具更新的速度像计算机这样快。硬件升级、软件升级、硬件再升级，软件再升级……人们一旦穿上了这双由软硬件厂商联手制作的“舞鞋”，便只能努力跟着急促的鼓点快速移动自己的脚步，别无选择，欲罢不能。

世界上第一台电子数字计算机“爱尼亚克”(ENIAC)问世于1946年，随后很快从科学家的实验室走出来，在社会上产生了巨大的诱惑力，促使成千上万的人为之学习，为之追求，为之奋斗，为之创新。这种巨大诱惑力还体现在其他学科的科学家和专家们将计算机作为解决自己的学科问题的强有力工具，从而带来了如同氢弹爆炸一样一发

# 第1章



计算机的诞生给科学家带来了福音

不可收拾的链式反应,它所释放出来的能量对生产力的发展起到了巨大的推动作用。

无数事实充分证明:计算机的应用大大提高了人类的劳动生

产率;为人类节省了大量的人力、物力和财力;同时使人类许多梦想和幻想逐步变成现实。可以毫不夸张地说,它是 20 世纪人类所创造的无与伦比的机器,是一种神通广大、“无所不能”的机器。

人们经常会问:计算机到底有哪些强大的功能?并进一步会问:为什么计算机会有如此强大的功能?

本书将着重从软件角度回答计算机为什么会有如此强大的功能。

## 1.1 神通如此广大

说到计算机,人们总为它神奇的功能惊叹不已。曾有人说,机械可使人类的四肢和五官得到延伸,体力得到增强,计算机却可使人的大脑得到延伸,人类的智慧得到增强。人们将“神算手”、“智多星”、“多面手”和“万能专家”等一顶顶桂冠戴在计算机的头上。

### 1. “神算手”威风八面

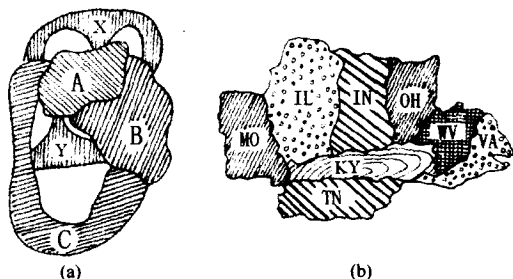
计算机是为科学计算而发明的。“爱尼亚克”一问世就成了当时的运算速度冠军。它曾为科学家解决了很多难题,如计算炮弹弹道,计算原子能、宇宙线、风洞等设计项目,还尝试过进行天气预报,等等。其中,比较典型的还是计算圆周率  $\pi$  的精确值的问题。中国的祖冲之曾耗费 8 年心血,才把圆周率精确到小数点后 7 位数。在 1873 年,英国有个名叫威廉·香克斯的数学家,几乎将毕生精力投入到  $\pi$  的计算上,他算呀,算呀,一直算到小数点后面的第 707 位,这在当时是一个伟大的记录。然而用“爱尼亚克”来计算,仅用了 40 秒钟就达到了这个纪录。再一对

照,人们发现香克斯在小数点后的第 528 位处算错了,这样后面的 179 位数字都错了。在当时,计算机“爱尼亚克”这种运算精确度和速度是史无前例的。1949 年,经过 70 小时的运算,爱尼亚克把圆周率推算到小数点后的 2037 位,这是人类第一次用自己创造的计算工具算出的最精确的  $\pi$  值。

1867 年,法国有位天文学家叫达拉姆尼,为了用天体力学法求解月球运行轨道,他花费了十年时间去解一个(摄动)级数展开式,又花了十年时间去验证。计算的结果写成了整整一本书。后来人们用计算机重复他的工作,只花了 20 个小时,并查出他计算中的三个错误。

另一个足以显示计算机“神算手”风采的是“四色地图问题”求解。在这个问题的求解中,计算机作为计算工具起了决定性的作用。这一难题是说,是否能用不多于四种颜色为任何一张地图进行着色?这个难题自 1852 年由刚从伦敦大学毕业不久的青年数学家弗兰西斯·古色利(Francis Guthrie)提出后,人们一直确信,四种颜色是必须的,也就是说,三种和三种以下的颜色不能完成对许多地图的着色。如图所示:(a)所示的地图用了五种颜色,而(b)所示的地图又不能用三种颜色完成着色。为了证明没有一幅地图需要多于四种颜色,全世界的数学家探索研究了一个多世纪。

到了 20 世纪 70 年代,美国伊利诺斯州立大学的数学家阿佩尔(Kenneth Appel)和哈肯(Wolfgang Haken)提供了这个问题的证明。他们在 IBM 360 计算机上花了 1200 多个小时来完成这项工作。其证明过程是对上千种的情形进行包括有 200 多亿个逻辑判定的计算和检验。

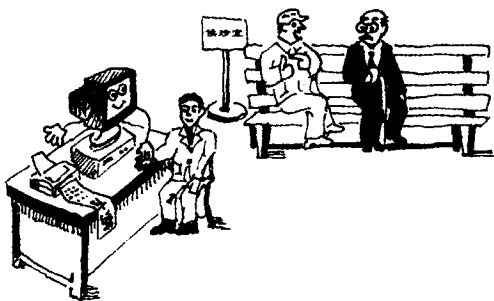


地图着色问题

试想一下,以每秒钟数百万次的速度运算 1200 多个小时,要完成这样巨大的计算量,除了计算机外还能有谁?

“四色定理”的证明在科技界

引起了巨大的轰动,对此,长期习惯于一支笔和一张纸的数学家惊呼:“这是电子计算机对于人类智力的嘲弄”。可以说,是计算机迎来了数学的新的黄金时代。



电脑医生

对一些十分复杂的数学问题,只有具有高速计算和海量信息存储能力的计算机系统才能完成。例如,在宇宙空间探索方面的人造卫星轨道的计算、宇宙飞船的飞行控制;在高能物理方面的分子原子结构分析、可控热核反应的研究、反应堆的研究和控制;在农业方面的水利设施设计、水文计算和气象预报,等等。

## 2. “智多星”风采照人

称计算机是“电脑”一点也不为过,因为它的确有点像“脑”。现在的计算机变得越来越“聪明”了。

计算机可以为病人诊断,开药方。有人曾经让肝病专家潘澄濂教授和“电脑医生”分别在两个房间里看病。170 位病人,先让潘教授诊断,再叫“电脑医生”看病,结果不仅诊断完全一样,而且开的处方也完全相符,准确率在 99% 以上。

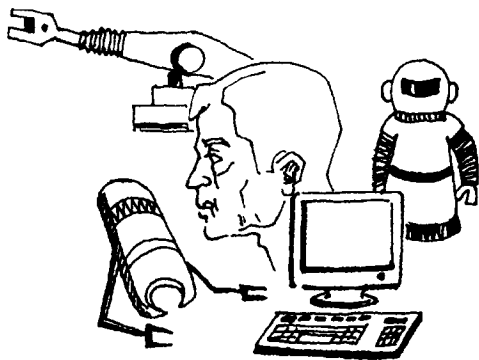
20 世纪 70 年代,爱德华·费根堡姆 (Edward A. Feigenbaum) 运用“知识就是力量”的思想,在斯坦利·科恩 (Stanley Cohen)、布鲁斯·布坎南 (Bruce Buchanan) 和爱德华·肖特里夫 (Edward Shortliffe) 的合作下设计了一个用于帮助医生诊断血液细菌感染疾病,并提供抗菌素治疗方案的医疗专家系统 MYCIN。MYCIN 是世界上较早出现的专家系统。而在这之前,费根堡姆与著名遗传学家乔舒亚·莱德伯格 (Joshua Lederberg) 1965 年合作研制的 DENDRAL 可称得上是世界上第一个专家系统,它能够根据分子式和质谱仪分析结果,得出被测试的高分子有机化合物的分子结构,达到了与化学家同等的工作水平。如今,计算机扮演专家角色的“专家系统”层出不穷,如“探矿专家系统”、“化学结构解释专

家系统”、“电路分析专家系统”、“计算机配置专家系统”，等等。

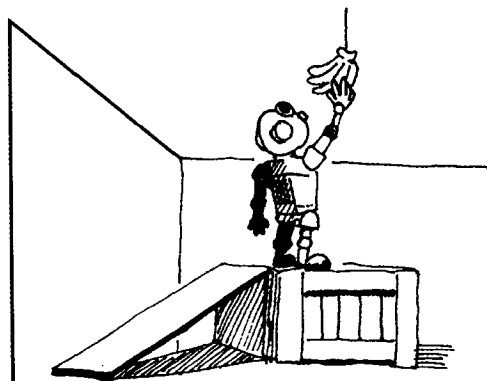
另一个表现计算机“智能”的事情就是众所周知的电脑下棋。1997年5月初在纽约进行了一场别开生面的人-机国际象棋大战。象棋世界冠军卡斯帕罗夫面对的不是哪一位特级大师，而是被称为“深蓝”(Deep Blue)的IBM高性能并行计算机。当全世界都看到卡斯帕罗夫最后输给“深蓝”时，许多人感到人类受到了前所未有的挑战。人类对于自己造出能延伸自己四肢和扩充自身感官机能的各种机械、电器、光学设备等感到十分骄傲，但是对于人类自己造出的、能胜过人的“智力”的“电脑”，除了感到骄傲之外，还感到某种程度的“恐惧”。

使机器人具有某种智慧是十分有趣的事。1969年，美国斯坦福研究所的科尔斯(Coles)等人使用的“眼-车”装置(可称为智能机器人)，第一次会利用简单工具，具有大猩猩的智力水平。实验是这样进行的：机器人所在房间的中央有一个平台，台上放箱子一只，屋角放斜面板一块，给机器人的任务是让它爬上平台，把箱子推到地板上去。开始时，机器人绕平台转了20分钟，无法登台；后来它终于“看到”屋角那块斜面板可以利用，走过去，将斜面板推过来，安置完毕，就顺顺当当地沿斜面板登台工作，“出色”地完成了科尔斯交付的任务。

体现电脑“智能”的应用太多了，如电脑游戏、会做医疗手术的机器人，“会上九天揽月”——排除航天工作站故障、“会下五洋捉鳖”——探测与打捞沉船的智能机器人，会“听”、会“说”、会“看”的多媒体电脑，等等。



机器人——人的脑、手功能的延伸



智能机器人实验