第1章 计算机发展简史

虽然现代计算机的发展历史只有不到70年的时间，但计算工具的发展历史却要漫长得多。众多的科学家、工程师和业界精英为计算工具及计算机的发展作出了不懈的努力，既有成功的经验，也有失败的教训。回顾、学习这段历史，从中吸取宝贵的经验，无论对于目前的学习，还是日后的学术研究、技术开发和经营管理都是非常有益的。

1.1 第一台电子数字计算机的诞生

1.1.1 早期的计算工具

现在人们所说的计算机指通用电子数字计算机或称现代计算机，由电子器件构成，处理的是数字信息，英文是computer，在学术性较强的文献中翻译成计算机，在科普性读物中翻译成电脑。现在的计算机已经应用到经济建设、社会发展、科技进步及人类生活的各个方面，但计算机最初只是作为一种计算工具出现的。现代计算机始于1946年，但计算工具的历史却要漫长得多。

需要是发明之母，计算工具及计算技术是随着人类实践的需求逐步发展起来的。

在远古时代，由于生产力极其落后，人类主要以打猎为生，几乎没有什么剩余的东西，自然也就没有记数和计算的需求。随着生产力水平的缓慢提高，食物及日常用品开始有了剩余，这样就逐渐有了记数和计算的需要，算术逐渐成为人类生产和生活的一部分。古代的埃及、巴比伦、印度和中国分别形成了自己独特的运算符号系统，并逐步寻找简单、方便和实用的计算工具。

人类初期的计算主要是计数，人有两只手、十个手指头，很自然最早用来帮助人们计数(计算)的工具是人的手指，并且十进制记数法成为人们最习惯的方式。用手指计算虽然方便，但只能完成一些最简单的计算，而且不能保存计算结果。在没有任何文字与数字符号的远古时代，人们慢慢学会了用石子记数，用在绳子上打结的方式来记事和记数。我国古书上有“事大，大结其绳；事小，小结其绳”和“结之多少，随物众寡”的记载。

人类漫长的发展历史中，最早使用的人造计算工具是算筹，我国古代劳动人民最先制作和使用了这种简易的计算工具。在先秦诸子著作中，有不少关于“算”、“筹”的记载。算筹是供计算用的筹棍，有竹制的、木制的或骨制的，用算筹进行计算叫筹算，如图1.1所示。算筹在当时是一种方便、实用的计算工具，它可以按照一定的规则灵活地布于地上或盘中。筹算时，一边计算一边不断地重新摆放筹棍，能够进行加减乘除等运算。我国古代数学家使用算筹这种计算工具，使我国的计算数学在当时处于世界上遥遥领先的地位，创造出了非凡的数学成就。祖冲之(429—500，南北朝时期著名的数学家、天文学家和机械制造专家)就是用算筹计算出圆周率π的值在3.141 592 6～3.141 592 7之间，这一结果比西方早了一千多年。我国古代精密的

天文历法等也都是借助算筹计算出来的。常用的成语“运筹帷幄之中，决胜千里之外”中的筹指的就是算筹。

随着人类社会的不断发展和进步，要求进一步提高计算速度和计算能力，算筹不适应比较复杂计算需要的缺点越来越明显，算筹被更先进、计算能力更强、使用更方便的新一代计算工具——算盘（也称为珠算，因算盘的主要组成部件是算盘珠而得名）取代了。这是计算工具发展史上第一次重大的升级换代。算盘有很多种样式，图1.2是一种最为常见的样式。

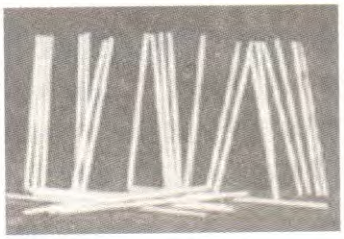

图1.1 算筹

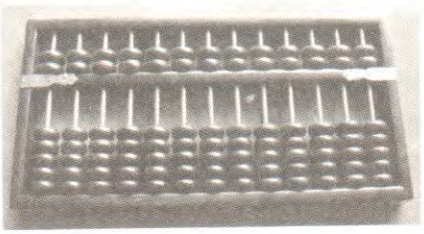

图1.2 算盘

我国的算盘最早出现于唐朝时期，算盘与算筹共存了一段时间并不断改进和完善，在元朝中后期取代算筹得到广泛应用，它是一种采用十进制的计算工具。在当时看来，算盘轻巧灵活，携带方便，应用极为广泛。在中世纪时期的世界各民族中，算盘是最为普及并和人们的工作生活密切相关的计算工具。它不但对我国的经济发展和社会进步发挥过非常重要的作用，而且流传到周边的日本、朝鲜及东南亚各国，后来又传入欧洲一些国家，对世界文明作出了重要贡献。在英语中，算盘有两种拼法，一是单词abacus，二是汉语拼音suan pan，在计算工具发展史上具有重要地位。现在人们广泛使用的简单计算工具是计算器，在现代计算器普及之前，在我国广泛使用的日常计算工具就是算盘，能够熟练使用算盘是各类商场的售货员、大大小小单位的会计等工作人员的基本功，这在一些反映当时生活的电影和电视剧中可以充分见证。像现在普遍开设计算机技术（信息技术）课程一样，相当长一段时间内，我国的各类学校开设不同层次的珠算课程，学习珠算技术，即如何使用算盘进行计算。

1.1.2 机械计算机

16世纪中叶之前，欧洲数学和计算工具的发展是缓慢的，落后于当时的中国、印度、埃及等国。进入17世纪，数学和计算工具的发展重心逐渐转移到了欧洲。在欧洲，由中世纪进入文艺复兴时期的社会大变革，极大地促进了自然科学技术的发展，人们长期被神权压抑的创造力得到极大释放，自由探讨学术问题的气氛空前高涨。其中制造一台能帮助人们进行数值计算的机器，就是自然科学技术发展的一个崇高目标。一位又一位富于智慧与创新精神的科学家、工程师为实现这一伟大目标进行了不懈的努力。虽然受当时自然科学技术的总体水平的限制，很多设计方案没能成为现实，但为后来计算机的发展奠定了坚实的基础。

英国数学家约翰·纳皮尔（John Napier，1550—1617）以发明对数而闻名，1614年他发明了一种能简化乘除运算的骨质拼条，称为纳皮尔骨条。1620年，英国数学家埃德蒙·冈特（Edmund Gunter，1581—1626）发明了对数计算尺，利用对数原理，把要计算的数字转换成度量尺的数码，然后对这些数码进行处理，得出计算结果。1624年，英国数学家威廉·奥垂德（William Oughtred，1575—1660）也是根据对数原理发明了圆形滑动计算尺。17世纪中叶以后，出现了带有游标与滑尺的现代型计算尺。当时，计算尺是很流行的计算工具。图1.3所示

是早期的一种计算尺。

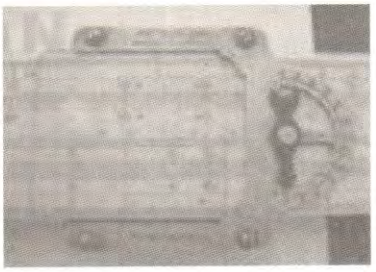

图 1.3　计算尺

1623 年德国人威尔赫姆·谢克哈特(Wilhelm Schickard,1592—1635)给出了一个能进行加减乘除运算,并能通过铃声输出答案的计算器(称为“计算钟”)的设计方案,这是世界上第一台机械式计算设备,利用齿轮的转动来完成计算。可惜的是,一场大火烧毁了制作过程中的样机模型。

物理学中著名的帕斯卡定律的发现者,法国著名的物理学家、数学家和哲学家帕斯卡(Blaise Pascal,1623—1662)年轻时为了帮助身为地方税务官的父亲算账,1642 年,在他年仅 19 岁时,发明了齿轮式能实现加减法运算的计算器,如图 1.4 所示,称为 Pascaline。为了纪念帕斯卡在计算机研制上的开创性工作,1971 年瑞士计算机科学家尼克莱斯·沃思(Niklaus Wirth,1934—)将自己发明的一种程序设计语言命名为 Pascal 语言,这是一种很好的结构化程序设计语言,在 20 世纪 80 年代末至 90 年代初曾得到广泛学习和使用。

莱布尼茨(Gottfried W. Leibnitz,1646—1716)是德国伟大的数学家和思想家,他和牛顿同时创立了微积分。1673 年,莱布尼茨建造了一台能进行加减乘除四则运算的机械式计算器,如图 1.5 所示。莱布尼茨的这台计算器,在进行乘法运算时,采用进位-加(shift-add)的方法,这种方法,后来演化为二进制算术运算规则,被现代电子计算机采用。

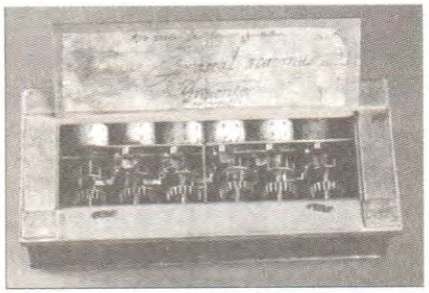

图 1.4　帕斯卡计算器

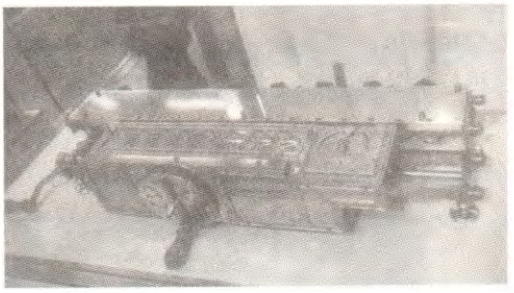

图 1.5　莱布尼茨计算器

1777 年,英国的查尔斯·马洪(Charls Mahon,1753—1816)发明了逻辑演示器。这是一个非常小巧的简单机器,能解决传统的演绎推理、概率以及逻辑形式的数值问题,被称为计算机决策与逻辑功能的先驱。

1804 年,法国人约瑟夫·雅各(Joseph M. Jacquard,1752—1834)发明了穿孔卡片织布机,该机器能够根据穿孔卡片上的“信息”自动编织出相应的图案,引起法国丝织工业的革命。雅各织布机虽然不是能进行计算的机器,但它对穿孔卡片输入输出装置的设计开发具有很好的启发作用。基于穿孔卡片的信息输入输出和机器操作(运行)控制方式,对后来计算机的发展产生了重要影响。

1820 年,法国人德·考尔玛(Charles de Colmar,1785—1870)改进了莱布尼茨的设计,研制出第一台能够实际应用的机械计算器,并生产了 1500 台。

1847 年,英国数学家、逻辑学家乔治·布尔(George Bool,1815—1864)开始创立逻辑代数(也称为布尔代数),1854 年出版了专著《布尔代数》(Boolean Algebra)。他的逻辑理论建立在两个逻辑值 0、1 和三个逻辑运算符“与”(and)、“或”(or)、“非”(not)的基础上,这种简化的二

值逻辑为数字计算机的二进制数计算、开关逻辑元件和逻辑电路的设计奠定了基础。同为英国逻辑学家的威廉·杰文斯(William Jevons,1835—1882)认为布尔代数是自亚里士多德以来逻辑学中最伟大的进展。亚里士多德(Aristotle,公元前384—公元前322,古希腊人),是世界古代史上最伟大的哲学家、科学家和教育家之一,创立了形式逻辑学。

1872年,美国人弗兰克·鲍德温(Frank Baldwin,1838—1925)开始建立美国的手摇计算器工业。这些手摇计算器在1960年电子计算器出现之前,一直是广泛使用的机械计算器,不同的是逐渐由手摇变为了电动。图1.6所示就是一台手摇计算器。

上面介绍的计算器基本上都属于手动机械式计算装置,除了鲍德温的手摇计算器逐渐变为电动外,英国数学家查尔斯·巴贝奇(Charles Babbage,1792—1871)也取得了突破性进展,使计算机不但能快速地完成加、减、乘、除运算,还能够自动完成复杂的运算,从手动机械进入自动机械的新时代。

巴贝奇在剑桥大学求学期间,正是英国工业革命兴起之时,当时为了解决航海、工业生产和科学研究中复杂的计算,许多数学表,如对数表、函数表应运而生。这些数学表尽管给计算工作带来了很大的方便,但其中的错误也很多,巴贝奇决心研制新的计算工具,用机器取代人工来计算这些实用价值很高的数学用表,以保证表中数据的正确。

巴贝奇研制的第一台差分机(difference engine)于1822年完成,以蒸汽机为动力,由多个直立的铜柱组成,每个铜柱上等距离地垂直装配有6个齿轮,每个齿轮对应的字轮上都刻有数字0～9,不同位置的字轮代表十进制数的不同位,通过齿轮彼此间的咬合传动完成自动计算,计算精度达到6位小数,可用于计算数的平方、立方、对数和三角函数等值,如图1.7所示。这台差分机的创新之处,一是有三组字轮作为"寄存器"来存放计算中涉及的数据,二是可以按预先安排好的计算步骤进行一连串的计算,可以看作是"程序自动控制"思想的萌芽。

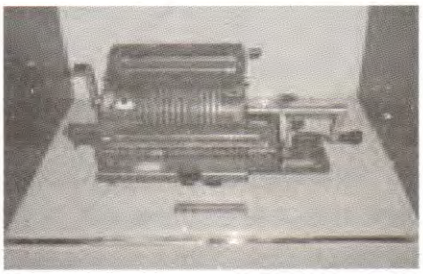

图1.6 手摇计算器

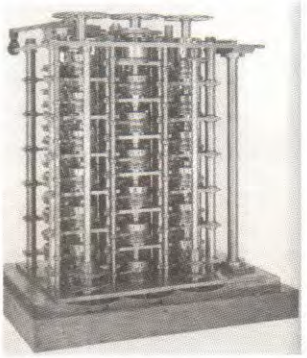

图1.7 差分机

之后,巴贝奇又开始了第二台差分机的研制,其目标是能计算具有20位有效数字的6次多项式的值。当时该项设计得到了英国议会与政府的资助,他还动用了自己继承的财产。由于当时机械加工技术难以达到设计精度,以及巴贝奇又开始了一个新的研究计划而失去了对差分机的研制兴趣等原因,巴贝奇的第二台差分机研制计划没有完成。

新的计划是就是研制分析机(analytical engine),1833年巴贝奇参照穿孔卡片原理,设计出了分析机模型。分析机的创新之处在于它包括了现代计算机所具有的5个基本组成部分,简要描述如下。

(1) 输入装置：用穿孔卡片输入数据。

(2) 存储装置：巴贝奇称它为仓库(store)，该装置被设计为能存储 1000 个 50 位十进制数的容量，它既能存储运算数据，又能存储运算结果。

(3) 资料处理装置：巴贝奇称它为工厂(mill)，用来完成加、减、乘、除运算，还能根据运算结果的符号改变计算的进程，用现代术语来说，就是实现了条件转移。

(4) 控制装置：使用指令进行控制，通过程序自动改变操作次序，指令是通过穿孔卡片顺序输入处理装置的。

(5) 输出装置：用穿孔卡片或打印机输出。

巴贝奇先进的设计思想超越了当时的科学技术水平。由于当时的机械加工技术还达不到所要求的精度，使得这部以齿轮为基本元件、以蒸汽机为动力的机器一直到巴贝奇逝世也没有完成。

英国著名诗人拜伦的女儿爱达·奥古斯塔·拉夫拉斯伯爵夫人(Ada Augusta Lovelace，1815—1852)是一位思维敏捷的数学家，她的母亲是一位天赋很高的数学家。1842 年在剑桥大学帮助巴贝奇研制分析机时，她对分析机的浓厚兴趣和独到见解对巴贝奇是很大的鼓舞。分析机庞大且超前的设计方案遭到许多人的非议和反对，据说当时只有三个人是巴贝奇的支持者，其中一位就是爱达。

爱达意识到巴贝奇的理论设计是完全可行的，她支持这项工作，帮助改正其中的错误，并建议用二进制存储取代原设计的十进制存储。她指出分析机可以像雅各织布机一样由穿孔卡片上的“程序”控制机器运行，并发现了进行程序设计(programming)的基本要素，还为某些计算开发了一些指令，例如可以重复使用某些穿孔卡片，按现代的术语来说这就是“循环程序”和“子程序”。爱达在她短暂生命的最后 10 年，全力以赴地投入到分析机的研制工作中，甚至在经费困难时不惜典当自己的珠宝来支持巴贝奇渡过难关。

由于她在程序设计上的开创性工作，被誉为世界上第一位程序员。爱达的形象完美地体现了一位程序员应具有的科学家与艺术家的双重气质。既有数学家严密的逻辑思维，又有艺术家良好的形象思维。

1975 年 1 月，美国国防部(Department of Defence，DoD)提出开发一种通用高级语言的任务，并为此进行了国际范围的设计招标。1979 年 5 月确定了新设计的语言，并命名为 Ada，用于纪念爱达。

虽然巴贝奇没能亲自把设计方案变成现实，但新型差分机和分析机最终都得以研制成功。经过 16 年的努力，按照巴贝奇的设计方案，瑞典人乔治·舒尔茨(George Scheutz)和学机械工程的儿子在 1854 年建成了世界上第一台全操作性的差分机。在一次实验中，用8 个小时计算出了 31～1000 的对数值。1906 年，在巴贝奇的儿子小巴贝奇的监造下，分析机也得以问世，这台机器能够把圆周率 π 的值自动计算到小数点后第 29 位。

1.1.3　机电计算机

美国每 10 年要进行一次全国人口普查，由于全部是人工统计，1880 年的普查用了 7 年的时间才完成。由于人口的不断增加，预计 1890 年的统计时间将会超过 10 年，这样的人口普查就没有意义了。美国人口普查部门希望能得到一台机器帮助提高统计效率。1886 年，美国人口统计局的统计学家赫尔曼·霍勒瑞斯(Herman Hollerith，1860—1929)博士，借鉴了雅各织布机的穿孔卡原理，用穿孔卡片存储数据，用电磁继电器代替一部分机械元件来控制穿孔卡

片，研制出第一台机电式穿孔卡系统——制表机(tabulating machine)。这台机器参与了1890年的美国人口普查工作，结果仅用了6周的时间就得出了准确的数据(62 622 250人)。这次人口普查工作完成后，霍勒瑞斯于1896年创建了制表机公司(Tabulating Machine Company，TMC)，1911年TMC公司与另外两家公司合并，成立了CTR公司。1924年，CTR公司改名为国际商业机器公司(International Business Machines Corporation，IBM)，这就是长期占据大型计算机制造业霸主地位的IBM公司的由来。

第一位全部采用电器元件来制造计算机的是德国工程师康拉德·祖斯(Konrad Zuse，1910—1995)。早在1934年，祖斯就致力于计算机的研制，他设计的第一台计算机Z-1于1938年完成，这是一台纯机械结构的机器，运算速度慢，可靠性也差。在Z-1完成之前，祖斯就已开始考虑Z-2的设计，计划采用电器元件，由于受战争及经费的影响，Z-2的研制没有成功。1939年，在德国空气动力研究所的资助下，开始研制Z-3并于1941年研制成功，如图1.8所示，这是世界上真正的第一台完全由程序控制的机电式计算机。Z-3不仅全部采用继电器，同时采用了浮点记数法、二进制运算、带数字存储地址的指令格式等。这些设计思想虽然在祖斯之前已经提出，但祖斯第一次具体实现。

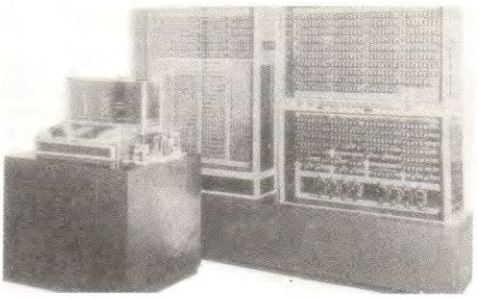

图1.8 Z-3计算机

1936年美国哈佛大学应用数学教授霍华德·艾肯(Howard Aiken，1900—1973)在读过巴贝奇和爱达关于分析机的设计笔记后，深受启发，提出用机电的方法，而不是纯机械的方法来实现分析机的想法，这就是马克一号(Mark-Ⅰ)机电计算机的设想。1944年，得到IBM公司资助的Mark-Ⅰ计算机研制成功并在哈佛大学投入运行，如图1.9所示。Mark-Ⅰ的另一个名称是哈佛-IBM自动序列控制计算机(Harvard-IBM Automatic Sequence-Controlled Calculator)。

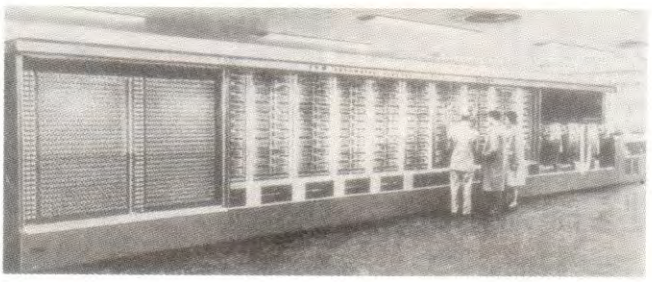

图1.9 马克一号计算机

Mark-Ⅰ长15.5米，高2.4米，由75万个零部件组成。它使用了大量的继电器作为开关元件，并且与巴贝奇一样用十进制计数齿轮组作为存储器，它还采用了穿孔纸带进行程序控制，它的计算速度是，每次加法用0.3秒，每次乘法用6秒，运行时噪音很大。尽管它的可靠性不够高，但仍然在哈佛大学使用了15年。Mark-Ⅰ只是部分采用了继电器，其后，在1945～1947年间，艾肯又领导研制成功一台全部使用继电器的计算机——马克二号(Mark-Ⅱ)，在计算机发展史上，Mark-Ⅰ和Mark-Ⅱ占有一席之地，有一定代表性。

1945年，在Mark-Ⅱ的研制过程中，研制人员发现在一个失效的继电器中夹着一只压扁

的小飞虫，他们小心地把它取出并贴在工作记录本上，在标本的下面注上了首次发现飞虫故障的实际情况。从此以后，飞虫(bug)就成为计算机硬件故障和软件缺陷的代名词，而调试(debugging)就成为排除故障的专业术语，常用的 debug 程序就是一种具有查错排错功能的调试程序。

艾肯等人制造的机电计算机的主要部件是普通继电器，继电器比较慢的开关速度限制了运算速度的提高。制造继电器计算机是计算工具发展史上必要的科学尝试，为早期电子计算机的设计制造积累了经验，为现代电子计算机的发展奠定了理论和实践基础。

1.1.4　电子计算机

20 世纪是动荡的世纪，也是科学技术大发展的世纪。人类掌握了电子技术，分裂了原子，经历了两次世界大战。就是在第二次世界大战的隆隆炮声中，具有划时代意义的计算工具——电子计算机诞生了。当然，现在电子计算机的应用已远远超出了传统计算的范畴，已经深入人类生活的各个领域，极大地促进了人类智力解放的进程。

早在 20 世纪 30 年代后期，一些有远见的科学家已经看到了使用电子器件来大幅度提高计算机运算速度的可能性。最早探索研制电子计算机的是阿塔纳索夫。

阿塔纳索夫(John V. Atanasoff，1903—1995)是美国依阿华州立学院的数学物理学教授。同当时多数计算机设计者一样，他也是由于在求解数学物理微分方程时遇到计算困难而对计算技术产生了兴趣。1937 年，他开始考虑引进电子技术，试制一台能够求解包含 30 个未知数的线性代数方程组的电子计算机，由于经费的限制及阿塔纳索夫应征入伍，研制工作中断，只做成了计算机的一个部件——控制器。阿塔纳索夫的方案是计算机设计中采用电子技术的最早方案，第一台电子计算机 ENIAC 的设计者约翰·莫奇利(John W. Mauchly，1907—1980)1941 年曾借阅过他的关于电子计算机设计的笔记本。为此，阿塔纳索夫与莫奇利曾为 ENIAC 的发明权而对簿公堂。

第二次世界大战中，美国宾夕法尼亚大学莫尔学院同阿伯丁弹道研究实验室共同负责为陆军每天提供 6 张火力表，这项任务非常困难和紧迫。因为，每张火力表都要计算几百条弹道，而一个熟练的计算员计算一条飞行时间 60 秒的弹道需要 20 小时，借助于大型微分分析仪也需 15 分钟。从战争一开始，阿伯丁实验室就不断地对微分分析仪作技术上的改进和完善，同时聘用了二百多名计算员，即使这样，计算一张火力表也往往要算两三个月的时间，很难满足军方的需要。当时，负责阿伯丁实验室同莫尔学院联系的军方代表是年轻的赫尔曼·戈尔斯坦(Herman H. Goldstine，1913—2004)中尉，入伍前在一所大学任数学助理教授。他的朋友莫奇利这时正好在莫尔学院任教。莫奇利在参观阿塔纳索夫的实验室一年后，1942 年 8 月写了一份题为《高速电子管计算装置的使用》的备忘录，它实际上成为第一台电子计算机 ENIAC 的初始设计方案。这一备忘录曾在莫奇利的一些同事中传看，特别是引起了研究生约翰·埃克特(John P. Eckert，1919—1995)的浓厚兴趣，埃克特后来成为第一台电子计算机的总工程师。莫奇利也多次对戈尔斯坦介绍自己关于电子计算机的设计方案，并得到了戈尔斯坦及其上级的大力支持。1943 年 4 月 2 日，莫尔学院向军方提交了一份为阿伯丁弹道实验室制造一台电子数字计算机的书面报告并很快获得批准。

1943 年 6 月 5 日，莫尔学院和军械部正式签订了研制计算机的合同，机器被命名为“电子数字积分和计算机”(Electronic Numerical Integrator and Computer，ENIAC)。

承担设计制造 ENIAC 的莫尔学院研制小组是一个年轻的团队。24 岁的埃克特是总工程

师，负责解决一系列困难复杂的工程设计与实现问题。莫奇利是位36岁的物理学家，他提出了电子计算机的总体设计方案。30岁的戈尔斯坦中尉不仅能在数学上提供有益的建议，而且是研制工作有力的组织协调者。另两位主要成员是阿瑟·伯克斯（Arthur Burks，1915—2008）和哈利·赫斯基（Harry D. Huskey，1916—），分别是28岁和27岁。这5人都曾获得IEEE-CS的计算机先驱奖。经过两年多的辛勤工作，1945年底，这台标志人类计算工具历史性变革的巨型机器宣告研制成功，1946年2月15日举行了正式的揭幕典礼，1947年被运往阿伯丁弹道实验室。ENIAC起初是专门用于弹道计算，后来经过多次改进而成为能进行各种科学计算的通用计算机，用于天气预报、原子核能和风洞实验设计等。

如图1.10所示，ENIAC占地面积达170平方米；使用了大约18 000只电子管，1500个继电器，70 000只电阻，18 000只电容；开始预算经费是15万美元，实际耗资近49万美元，重30吨；运算速度为5000次每秒加法，计算一条弹道只需30秒钟；耗电量很大，功率为150千瓦，工作时，常常因为电子管烧坏而不得不停机检修。尽管如此，在人类计算工具发展史上，它仍然是一座不朽的里程碑。1955年10月2日，ENIAC正式退休，实际运行了80 223个小时。

图1.10 电子计算机ENIAC

ENIAC的最大特点就是采用了电子线路来执行算术运算、逻辑运算和存储信息。为了执行加减运算和存储数据，采用了20个加法器，每个加法器由十组环形计数器组成，可以保存一个字长10位的十进制数（ENIAC采用十进制）。为了执行其他的运算，ENIAC还采用了乘法器以及除法和开方部件。

由于广泛采用了电子线路，ENIAC的运算速度比已有的计算机快了1000倍，这就使它能够胜任相当广泛的现代科学计算任务。由于有20个加法器，ENIAC的另一个重要的优点是能同时执行几个加法或减法。

但是，就连ENIAC的研制者也感到，虽然ENIAC是第一台正式运行的通用电子数字计算机，但它的基本结构和机电式计算机没有本质的差别。ENIAC显示了电子器件在提高运算速度上的可能性，却没有最大限度地发挥出电子技术的巨大潜力。ENIAC存在着一些明显的不足：首先，它的存储容量太小，至多只能存储20个字长为10位的十进制数；其次，它与后来的“存储程序”式的计算机不同，它的程序是“外插”型的，即用线路连接的方式来实现，执行程序前要进行复杂的线路连接，很不方便，为了完成几分钟或几小时的计算任务，准备工作就要用去几小时甚至一两天的时间。

作为世界上第一台真正能运行的大型通用电子数字计算机，ENIAC的研制成功开启了计

算机快速发展的新时代。

1.2　计算机的发展

自从第一台电子数字计算机 ENIAC 诞生以来，到现在虽然只有不到 70 年的时间，但计算机的发展速度是惊人的，从 ENIAC 的 5000 次每秒加法到我国国防科技大学研制的“天河二号”的 5.49 亿亿次每秒浮点运算，与此相关的计算机系统结构、元器件、存储容量、外部设备、软件配置和应用领域等都发生了巨大的变化，本节对这些变化和发展作简要介绍。

1.2.1　第一代计算机

第一代计算机(1946—1958)的特点如下：

(1) 用电子管代替机械齿轮和继电器作为基本元器件，也可以称为电子管计算机，运算速度一般为几千次至几万次每秒，计算机的体积庞大，成本很高，可靠性较低。

(2) 采用二进制代替十进制，即所有指令与数据都用 0 和 1 组成的数字串表示。1952 年之前用机器语言编写程序，既枯燥又费时。1952 年出现了汇编语言，使程序编写相对容易一些。

(3) 程序可以存储，最初使用水银延迟线或静电存储管作主存储器，容量很小。后来使用了磁鼓和磁芯，存储容量有了大幅度提高。

(4) 输入输出装置主要用穿孔卡片，速度很慢。

(5) 在主要用于科学计算的同时，开始应用于数据处理领域。

在此期间，基本形成了计算机工业体系，计算机由科研样机转变为工业产品，IBM 公司开发出了系列计算机产品。

第一台批量生产的计算机是通用自动计算机一号(UNIVersal Automatic Computer Ⅰ，UNIVAC-Ⅰ)，该机是在冯·诺依曼等人提出的 EDVAC 方案的基础上，由埃克特-莫奇利公司(ENIAC 的主要研制者埃克特和莫奇利离开宾夕法尼亚大学莫尔学院后成立的一家计算机公司)研制的，1951 年 3 月研制成功并用于 1952 年的美国总统大选，极大地提高了统计选票的速度。

UNIVAC-Ⅰ用了 3500 个电子管，使用水银延迟线做主存储器，使用磁带机做辅助存储器，加法 2000 次每秒，乘法 400 次每秒。作为当时埃克特-莫奇利公司的科学家，程序语言的创始人格瑞丝·霍普(Grace M. Hopper，1906—1992)先后为 UNIVAC-Ⅰ开发了 A-0 和 A-2 两个符号语言程序，她曾编写了第一个实际的编译程序。也可能是不善经营和管理，1950 年，埃克特-莫奇利公司被雷明顿-兰德(Remington Rand)公司兼并，UNIVAC-Ⅰ由雷明顿-兰德公司生产了 20 台。

比雷明顿-兰德公司更具竞争力，在计算机领域发挥了更大、更持久作用的是 IBM 公司。在第一代计算机发展时期，IBM 公司开发出了系列计算机产品 IBM 701、IBM 702、IBM 704、IBM 705、IBM 650、IBM 709 等。

1952 年 IBM 公司的第一台用于科学计算的大型机 IBM 701 问世，这台计算机字长 36 位，使用了 4000 个电子管和 12 000 个锗晶体二极管，定点加法运算速度为 1.2 万次每秒。采用静电存储管(威廉管)作主存，容量为 2048 字，采用磁鼓作辅存(磁鼓是利用表面涂以磁性材料的高速旋转的鼓轮和读写磁头配合起来进行信息存储与读写的磁记录装置)，配备了磁带

机、卡片输入输出机和打印机等外部设备。1954 年又推出第一台用于数据处理的大型机 IBM 702 和小型机 IBM 650。1955 推出 IBM 701 的后继产品 IBM 704，1956 年推出 IBM 702 的后继产品 IBM 705，这两种机器使用了磁芯存储器，扩大了存储容量，提高了存取速度。IBM 704 还使用了浮点运算部件，提高了浮点运算速度，1957 年出现的高级语言 FORTRAN 首先用于 IBM 704 计算机。1958 年，IBM 704 的改进型 IBM 709 研制成功，而且实现了与 IBM 704 的程序兼容（原来运行在 704 计算机上的程序，不用修改可以直接在 709 机上运行），既扩充了功能，又能使用原有的程序，兼容思想在以后计算机软硬件系统的升级换代上发挥了重要作用，既方便了用户使用，又保证了商家的销售市场。

1.2.2 第二代计算机

第二代计算机（1959—1964）的特点如下：

（1）用晶体管代替电子管作为计算机的基本元件，也可以称为晶体管计算机。相对于电子管，晶体管有体积小、耗电省、速度快、成本低、可靠性高等一系列优点。用它作元件，使计算机体系结构与性能都发生了很大变化。

（2）普遍采用磁芯存储器作主存，采用磁盘与磁带作辅存，使存储容量增大，存取速度加快，可靠性提高，为系统软件的开发和运行创造了条件，出现了监控程序，后来发展成操作系统。

（3）作为现代计算机体系结构的许多新技术相继出现，例如变址寄存器、浮点数据表示、间接寻址、中断、I/O（输入输出）处理机等。

（4）程序设计语言大发展，先是用汇编语言代替了机器语言，接着又出现了高级语言 FORTRAN、ALGOL 和 COBOL 等。高级语言的出现使程序编写工作更为简单和方便。

（5）应用范围进一步扩大，除了科学计算和数据处理外，开始进入实时过程控制领域。输入输出设备也有了很大发展。

晶体管是在 1948 年由美国贝尔实验室（Bell Labs）的三位物理学家巴丁（John Bardeen，1908—1991）、布拉顿（Walter H. Brattain，1902—1987）和肖克莱（William Shockley，1910—1989）发明的。由于这项影响深远的重大发明，他们共同荣获了 1956 年度的诺贝尔物理学奖。贝尔实验室也因此成了晶体管计算机的发源地，1954 年贝尔实验室研制出第一台晶体管计算机 TRADIC，使用了 800 个晶体管。1955 年全晶体管计算机 UNIVAC-Ⅱ问世。

在这一时期，高级程序设计语言也快速发展。首先，IBM 公司的一个小组在巴科斯（John Backus，1924—2007）领导下，从 1954 年开始设计第一个用于科学与工程计算的 FORTRAN 语言并于 1957 年推出第一个版本。1958 年 ALGOL 58 研制成功，1959 年以霍普为首的一个委员会提出了 COBOL 语言并于 1960 年正式公布 COBOL 60。

第二代计算机的主流产品是 IBM 7000 系列。1960 年开始生产的大型科学计算用计算机 IBM 7090，实现了晶体管化，主存采用磁芯存储器，辅存采用磁鼓和磁盘，比 IBM 709 快几十倍，并配置了 FORTRAN 和 COBOL 等高级语言。1960 年晶体管化的 7000 系列完全代替电子管的 700 系列，如 IBM 7094-Ⅰ、IBM 7094-Ⅱ科学计算用大型计算机，IBM 7080 大型数据处理机，IBM 7074、IBM 7072 等中小型通用晶体管计算机，还开发出了小型数据处理晶体管计算机 IBM 1401。IBM 公司在科学计算大型机、数据处理大型机、中小型通用机上都开发出了系列产品，以满足不同用户的需要。

晶体管的发明为进一步提高计算机的运算速度带来了可能，美国、英国和日本的多家公司

分别研制出了更高性能的计算机。其中最有影响的是 IBM 公司的 STRETCH 和 CDC 公司的 CDC 6600。

1961 年，IBM 完成了第一台流水线(pipeline)计算机 STRETCH(IBM 7030)的研制，中央处理器(CPU)既有执行定点操作和字符处理的串行运算器，又有执行快速浮点运算的并行运算器，采用最多可重迭执行 6 条指令的控制方式。为提高速度，使用 NPN 和 PNP 高速漂移晶体管作元件。配置了字长为 72 位、存储容量为 16 384 字的磁芯存储器。为提高可靠性，采用了哈明(Richard. W. Hamming，1915—1998)纠错码。此外，还采用了多道程序技术，并且能使 CPU 与输入输出设备并行工作。STRETCH 计算机原计划达到 100 万次每秒浮点加法运算，实际达到了原计划的 50%～60%。在原子能、大气研究等领域完成了一些以前无法完成的计算任务。

1964 年美国控制数据公司(Control Data Corporation，CDC)完成了早期超级计算机 CDC 6600 的研制。CPU 有 10 个彼此独立的专用运算器，当执行一条指令时，可以有几个运算器同时工作，有 10 台外围处理机，可以并行执行输入输出操作。该机运算速度为300 万次每秒，主存容量 13 万字，字长 60 位，分为 32 个磁芯体交叉存取，采用功能分散方法来提高系统性能是 CDC 6600 的主要创新。1965 年，CDC 6600 开始批量生产，成为当时美国大型科学计算的主力计算机。

1960 年美国贝思勒荷姆钢厂成为第一家利用计算机处理订货、管理库存并进行实时生产过程控制的公司，1963 年俄克拉何马日报成为第一份利用计算机编辑排版的报纸，1964 年美国航空公司建立了第一个实时订票系统，计算机应用的深度和广度进一步扩展。

1.2.3　第三代计算机

第三代计算机(1965—1970)的特点如下：

(1) 用集成电路取代了晶体管，最初是小规模集成电路，后来是大规模集成电路。集成电路芯片几乎永不失效，缺点是在抗损坏性方面比较脆弱。

(2) 用半导体存储器取代了磁芯存储器，存储器也实现了集成化，存储容量大幅度提高，为建立存储体系与存储管理创造了条件。

(3) 普遍采用了微程序设计技术，设计了具有兼容性的体系结构，使计算机产品走向系列化、通用化和标准化。

(4) 系统软件与应用软件都有很大发展，操作系统的功能有很大的提高和完善。为了提高软件开发的质量和效率，出现了结构化、模块化程序设计方法。

(5) 为了满足中小企事业单位与政府部门计算机应用的需要，出现了成本较低的小型计算机。

集成电路(integrated circuit，IC)是使用半导体工艺或薄膜、厚膜工艺，将电路元件及相互之间的连线制作在半导体或绝缘基片上，形成具有一定功能的整体电路，集成电路与用晶体管等分离元件构成的电路相比，具有体积小、成本低、功耗小、可靠性高等优点。所以，基于集成电路的第三代计算机具有更高的性能。

第三代计算机的代表性产品是 IBM 360 系统，IBM 公司在 1961 年 12 月提出了“360 系统计划”，1964 年 4 月 7 日 IBM 宣布 360 系统研制成功，1965 年 360 系统的各种型号陆续进入市场。1969 年推出的 IBM 360/85 首次采用微程序和高速缓存(cache)技术，主存容量为 100～400 万字节，运算速度为 200 万次每秒。

IBM 360 系统的主要特点如下：

(1) 通用化。克服了以前根据不同用途设计不同类型计算机的弱点，集科学计算、数据处理、实时控制等功能于一机。命名 360 的含义是指一个圆的 360°，表示全方位的应用服务。

(2) 系列化和标准化。360 系统的主要型号有 20 型、25 型、30 型小型机，40 型、44 型、50 型中型机；65 型、75 型、85 型大型机；91 型、95 型超级计算机。360 系统的型号虽多，但采取了标准化措施，统一的指令格式、数据格式、字符编码、I/O 接口、中断系统和人机对话方式等。从而保证了程序兼容，原来在低档机上编写的程序可以直接在高档机上运行，为用户使用计算机带来了很大的方便，当然也就促进了该类计算机的市场销售。

(3) 渐进性。既采用了崭新的技术，又留有继续发展的余地。360 系统在处理机设计中采用了微程序技术，为系列机功能的扩充创造了条件。为使 I/O 操作进一步独立于 CPU，采用了通道技术。在可靠性、可用性、可维护性方面，对指令与数据进行奇偶校验，对存储进行 4 位编码的存储键保护。对于高档机型还采用了高速缓存、流水线控制、超长精度运算和冗余技术等。

(4) 方便性。360 系统配有操作系统、汇编语言和 FORTRAN、COBOL 等高级语言，使用比较方便。

在此期间，许多实力较小的公司则专注开发小型机，比较成功的是数据设备公司(Digital Equipment Corporation，DEC)。该公司 1959 年推出了它的第一台小型计算机 PDP-1，以后又推出了 PDP-5、PDP-8，成为商用小型机的优秀代表，它们是 12 位字长的机器，结构简单，售价低廉，很受一些中小单位的欢迎。进入 20 世纪 70 年代后，该公司又陆续开发了 PDP-11 系列、VAX-11 系列等 32 位小型机，使 DEC 成为小型机市场的霸主。1968 年新建的 DG 公司(Data General Corporation)于 1969 年推出第一台 16 位小型诺瓦(Nova)机，以后陆续推出了三个系列的诺瓦机，这些机型在我国得到应用并对我国计算机的发展有过较大影响。

这一时期，在程序设计方面也有很大发展，1964 年 5 月 1 日美国达特茅斯学院的凯默尼(John G. Kemeny，1926—1992)和库尔泽(Thomas E. Kurtz，1928—)发明了 BASIC 语言。1968 年荷兰计算机科学家迪克斯特拉(Edsgar W. Dijkstra，1930—2002)发表了“goto 语句值得考虑的害处”的短文，指出调试修改程序的困难与包含的 goto 语句数成正比，如果取消 goto 语句，将会大幅度减少程序设计中的错误。从此，结构化程序设计思想逐步得到人们的广泛接受。

1.2.4 第四代计算机

第四代计算机(1971—)的特点如下：

(1) 用微处理器或超大规模集成电路取代了普通集成电路。

(2) 计算机的存储容量进一步扩大，输入采用了光学字符识别(optical character recognition，OCR)、条形码及语音技术，开始使用光盘和激光打印机，高级程序设计语言 Pascal、Ada、C、C++、Java 等得到广泛使用。

(3) 微型计算机诞生，并得到迅速发展和广泛深入的普及，进入了千家万户，成为人们工作、学习、生活、娱乐的基本工具。超级计算机也有很大发展。

(4) 数据通信、计算机网络、分布式处理有了很大的发展，计算机技术与通信技术的紧密结合——互联网(internet)及各种计算机网络把世界各地紧密地联系在一起，形成所谓的“地球村”，极大地影响着经济建设、社会发展、科技进步及人们的日常生活。

(5) 计算机应用朝着更深更广的方向发展，在多媒体技术、人工智能/机器人、信息检索、信息安全、数据库/数据仓库/数据挖掘、电子商务/电子政务等领域取得了丰硕的应用成果。

实际上，由于从 1971 年到现在都属于第四代计算机时期，这一长达 40 余年的时期是计算机软硬件技术和产品突飞猛进发展的时期，和人们日常生活密切相关并在一定程度上改变着人们日常生活方式的微型计算机和计算机网络也是在这一时期出现并迅速发展起来的，系统总结这一时期的工作是一件十分困难的事情。

1970 年 IBM 公司开始推出 370 系统取代 360 系统，它继承了 360 的体系结构，全面采用微程序设计，使操作系统的部分功能向微码级垂直迁移，在扩展功能和提高效率方面取得极大成功。370 系统采用了半导体存储器并实现了虚拟存储，它还增强了数据通信和数据库能力，提高了输入输出设备的功能。370 系统有 135、145、155、158、165、168 等型号，其中 168 为最高档机型，运算速度达到 230 万次每秒。

1977 年 IBM 公司又推出 3030 系列，包括 3031、3032、3033 等型号，除继承了 IBM 370 体系结构与操作系统外，并大幅度扩充了主存和高速缓存的容量，缩短机器周期，加强流水线控制，进一步提高了性能。3033 计算机运算速度达 500 万次每秒。

第四代计算机的主流产品是 1979 年 IBM 推出的 4300 系列、3080 系列以及 1985 年推出的 3090 系列。它们都继承了 370 系统的体系结构，使功能得到进一步的加强，例如虚拟存储、数据库管理、网络管理、图像识别、语言处理等。1990 年 IBM 推出了 390 系统，2000 年推出全新设计的大型机 eServer z900，2003 年推出 eServer z990，2004 年推出 eServer z890，2012 年推出 zEnterprise EC12 系列大型计算机。

这一时期微型机、巨型机也得到了快速发展。

1971 年诞生的微处理器(microprocessor)是将运算器和控制器集成在一起的大规模/超大规模集成电路(very large scale integration，VLSI)芯片，称为中央处理单元(central processing unit，CPU)或中央处理机或中央处理器。以微处理器为核心再加上存储器和接口芯片，便构成了微型计算机。虽然 MITS 和苹果等公司都先于 IBM 公司推出微型计算机，但 1981 年 IBM 公司推出微型计算机 IBM PC(personal computer，个人计算机)后迅速成为微型机的主导机型，IBM PC 还被美国著名的《时代》杂志评为 1982 年度风云“人物”。如图 1.11 所示就是当时 IBM PC 的样式，这台机器的 CPU 为 Intel 8088，主频为 4.77MHz，主板上配有 64KB 内存，可扩展至 640KB。微型计算机的型号与所选用的微处理器型号相关，后来市场上逐渐推出了 286、386、486 和奔腾系列微型计算机。与巨型机和大型机不同，微型机价格低廉，可以应用于大大小小的企事业单位和千家万户，市场是巨大的，除 IBM 公司外还出现了众多的微型计算机公司。

图 1.11　个人计算机 IBM PC

研制巨型计算机是为了满足国家安全、空间技术、天气预报、石油勘探等领域的高强度计算需要，20 世纪 70 年代巨型机的代表是克雷研究公司的克雷-1(Cray-1)，该机有 12 个功能部件，可以同时进行加法和乘法等不同操作，每个功能部件又以流水线方式快速处理，向量运算速度达到 8000 万次每秒，1985 年推出的 Cray-2 浮点运算速度达到 8 亿次每秒。美国的 IBM 公司、宝来公司、古德依尔公司及日本、英国、法国等国家也分别推出了巨型计算机。

2008 年 6 月，IBM 公司研制出当时世界上最快的超级计算机“走鹃”(Roadrunner)，运算

速度达到1.03千万亿次每秒。2010年8月，我国国防科技大学研制成功“天河一号”超级计算机（二期系统），峰值运算速度达到4.7千万亿次每秒。2011年，日本研制成功超级计算机“京”（K Computer），峰值运算速度达到1.13亿亿次每秒。2012年，IBM公司研制出超级计算机“红杉”（Sequoia），峰值运算速度达到2.01亿亿次每秒；美国克雷公司研制出超级计算机“泰坦”（Titan），峰值运算速度达到2.7亿亿次每秒。2013年5月，我国国防科技大学研制成功“天河二号”超级计算机，峰值运算速度达到5.49亿亿次每秒，是目前世界上运算速度最快的计算机。

1.2.5 第五代计算机

从20世纪80年代开始，日本、美国等国家先后提出了研制第五代计算机的计划，研究的目标是能够打破以往计算机固有的体系结构，使计算机能够具有像人一样的思维、推理和判断能力，向智能化发展，实现接近人的思维方式。由于各种因素的制约，并没有完全实现预期的研究目标，所以目前的计算机仍属于第四代计算机。但这一时期在智能计算机领域完成了大量的基础性研究工作，促进了人工智能理论和智能机器人技术的发展。目前，日本和美国的智能机器人技术处于世界领先地位。

1. 日本的FGCS

1981年，在日本举行了“第五代计算机”国际学术会议，计划为期10年（1982—1991）的“知识信息处理系统”开始研制。日本政府为了实现这一宏伟目标，筹资1000亿日元，并专门成立了“新一代计算机技术研究所”（ICOT）。

知识信息处理系统（knowledge information processing system，KIPS）就是人们通常所说的第五代计算机系统（fifth generation computer system，FGCS），又称智能计算机，由如下几个主要部分组成：

（1）知识库、知识库机和知识库管理系统。

（2）问题求解和推理机。

（3）智能接口系统。

（4）应用系统。

第五代计算机系统预期达到的目标如下：

（1）用自然语言、图形、图像和文件进行输入输出。

（2）用自然语言进行对话方式的信息处理，为非专业人员使用计算机提供方便。

（3）能处理和保存知识，以供使用；配备各种知识数据库，起顾问作用。

（4）能够自学习和推理，帮助人类扩展自己的智能。

由此可知，第五代计算机与传统计算机的主要差别如下：

（1）处理的信息是知识，而不是数据。

（2）信息的传送是知识的传送，而不是字符串的传送。

（3）信息的处理是对问题的求解和推理，而不是按既定程序进行计算。

（4）信息的管理是对知识的获取和利用，而不是数据的收集、积累和检索。

2. 美国的MCC

1982年2月日本宣布FGCS计划后，美国CDC公司立即发起并召开了成立联合风险研究机构的会议，同年8月组建了由十大公司联合支持的MCC公司（Microelectronic and Computer Technology Corporation），研究确定了对未来计算机系统影响深远而且经济潜力最

大的 4 个主要技术领域，即软件技术、VLSI/CAD、组装与互连、高级计算机体系结构，分别成立了 4 个研究部。

MCC 的高级计算机体系结构研究部是最有特色的一个部门，下设 5 个实验室：

(1) 核心科学实验室，担负长期性的核心研究课题，为公司提供未来科学技术的窗口，其他 4 个则为相关领域。

(2) 人工智能实验室，设计了一种新的综合知识表达语言，能模拟真实世界的知识，开发了专家系统开发环境，研制了一个大规模的知识库，包括百科全书与普通常识，具有半自动知识获取、模拟推理、自然语言理解、影像识别的综合智能系统的基础。

(3) 人机接口实验室，长远目标是开发一个集成化的软件工具智能用户接口管理系统，用以设计制作各种人机接口。

(4) 系统技术实验室，研究任务包括并行体系结构、高级并行语言的优化编译和分布式知识库与数据库的管理等。

(5) 实验系统成套工具室，其任务是开发各种技术以便尽快研制出高性能计算机系统的实验原型机。

总之，MCC 认为新一代计算机系统将会拥有智能特性，带有知识表示与推理能力，可以模拟人的设计、分析、决策、计划以及其他智能活动并具有人机自然通信能力，可作为各种信息化企业的智能助手。

欧洲共同体也曾经制订了关于第五代计算机的对策与发展战略。

现在得到广泛应用的电子计算机提高性能的一个重要途径，就是不断提高集成电路芯片的集成度(现在一个 CPU 芯片上已能集成几十亿个晶体管)。但是，受到芯片散热、器件工艺技术及制造成本等因素的制约，芯片集成度的持续提高将会遇到很大的困难，进而影响到计算机速度新的突破。

在人们继续开发新技术提高芯片集成度的同时，也在进行生物计算机、量子计算机和光计算机等非电子计算机的研究和探索。

生物计算机(biological computer)是一种利用生物系统信息处理机制实现数据存储与数据处理的计算机。如 DNA 计算机就是以 DNA 分子作为数据存储器，以生物酶和生物操作等作为数据处理工具的。脱氧核糖核酸(deoxyribonucleic acid，DNA)可以存储巨量的信息。

量子计算机(quantum computer)是一种基于量子力学理论和量子器件进行数据存储和数据处理的计算机。量子器件是以量子效应为工作基础的器件。

光计算机(optical computer)是一种利用光学技术和光学器件实现数据存储和数据处理的计算机。

虽然从原理和思路上看，这几种计算机在存储容量、运算速度和能耗等方面有着很好的优势和发展前途，但要达到实用，仍有许多难题需要研究解决。

1.2.6　计算机的发展趋势

人类的实践活动产生需求并具备了一定的技术条件，就有新的计算机产生。虽然计算机技术取得了非常巨大的进步，但随着人类社会的不断发展，科学技术的不断进步，人类实践活动的不断拓展，对计算机技术也在不断提出新的需求，计算机技术(包括硬件技术和软件技术)都还要继续发展，其发展趋势可以归纳为以下几个方面。

1. 巨型化

这里的巨型化是指计算机存储容量特别大、运算速度特别快、功能特别强，当然体积也大、成本也高。巨型机（也称为超级计算机）的发展集中体现了计算机科学技术的发展水平，它可以推动多个学科的发展，可以解决一些特别复杂的高强度计算难题，如核武器模拟、中长期天气预报、地质勘探等。

2. 微型化

微型化是指在保持计算机功能的前提下，使其体积越来越小，微型计算机已经形成了台式机、笔记本、平板电脑和嵌入式计算机多个系列，随着微处理器技术的发展，还要开发更微小的计算机，以满足人们更广泛的需要。

3. 网络化

社会中的各组成要素是相互联系、相互依存的，实现网络化，才能真正做到资源共享和协同工作，计算机才能在社会发展、经济建设及科技进步中发挥更大的作用，给人们的日常生活带来更大的便利。

4. 智能化

到目前为止，计算机处理过程化的计算工作、事务处理工作已经达到了相当高的水平，是人力望尘莫及的，但在智能化工作方面，计算机还远远不如人脑。如何让计算机具有人脑的智能，模拟人的推理、联想、思维等功能，在一定程度上代替人的脑力劳动，是计算机科学技术的一个重要发展方向。

1.2.7 计算机的分类

可以根据信号类型、用途、规模与性能等对计算机进行分类。

按所处理信号的不同可以分为数字计算机和模拟计算机。数字计算机处理的是以电压的高低等形式表示的离散的物理信号，该离散信号可以表示0和1组成的二进制数字，即数字计算机处理的是数字信号（0和1组成的数字串）。数字计算机的计算精度高，抗干扰能力强。现在使用的计算机都是数字计算机。模拟计算机处理的是连续变化的模拟量，如电压、电流、温度等物理量的变化曲线。这种计算机精度低，抗干扰能力差，应用面窄，19世纪末到20世纪30年代，模拟计算机的研制曾活跃过一个时期，但最终还是被数字计算机所取代。

按用途的不同可以分为通用计算机和专用计算机。通用计算机硬件系统是标准的，并具有较好的扩展性，可以运行多种解决不同领域问题的软件，现在使用的计算机大多是通用计算机。专用计算机的软硬件全部根据应用系统的要求配置，专门用于解决某个特定问题，如工业控制计算机、飞船测控计算机等。

按规模与性能的不同可以分为超级计算机、大型计算机、小型计算机、工作站和微型计算机，这也是比较常见的一种分类方法。

1. 超级计算机

超级计算机（supercomputer）体积最大、速度最快、功能最强，价格也最高。超级计算特别强调运算能力的提高，主要为国家安全、空间技术、天气预报、石油勘探、生命科学等领域的高强度计算服务。

目前，世界上运算速度最快的超级计算机是我国国防科技大学研制的“天河二号”超级计算机，峰值运算速度达到5.49亿亿次每秒，持续运算速度达到3.39亿亿次每秒。“天河二号”包含32 000颗Xeon E5主处理器和48 000个Xeon Phi协处理器，配置1.408PB（1408万亿字

节)的内存和 12.4PB(12 400 万亿字节)的外存。由 170 个机柜组成,占地面积 720 平方米,耗资约 1 亿美元。

超级计算机的研制水平、生产能力和相应的软件开发能力,已成为衡量一个国家经济实力与科技水平的重要标志。国际上,研制超级计算机的公司主要有 IBM、HP、Cray、Dell、SGI 等,国内研制超级计算机的单位主要有国防科技大学、曙光信息产业有限公司等。

2. 大型计算机

大型计算机(large-scale computer/mainframe)是一类高性能、大容量的通用计算机,具有很强的综合处理能力,有着标准化的体系结构和批量生产能力,在银行、税务、大型企业、大型工程设计和天气预报等领域得到广泛应用。IBM 360、IBM 4300 和 IBM 3090 等是大型计算机的典型代表。

3. 小型计算机

小型计算机(minicomputer)是介于微型计算机和大型计算机之间的一种计算机。计算机发展的早期主要是研制大型计算机,大型计算机性能高、计算能力强,但成本也高,限制了其应用范围的拓展。DEC 公司 1959 年推出了第一台小型计算机 PDP-1,以后又推出了 PDP-5、PDP-8、PDP-11 系列、VAX-11 系列等,生产小型机的厂商还有 IBM、HP、DG 等公司,小型机结构简单、价格低廉,有着很好的市场需求。在 20 世纪 70～80 年代,小型机发展迅速,许多行业和部门都配置了小型机。从 90 年代开始,随着微型计算机性能的不断提高,小型机市场受到很大冲击,一些原来使用小型机的单位纷纷转向选用高性能微机。

4. 工作站

工作站(workstation)可以看作是一种高档微型机,在微型计算机发展的早期,其性能还不是太强。工作站就是在微型机的基础上,配备有大屏幕显示器、大容量存储器和图形加速卡等,多用于计算机辅助设计和图像处理等,这些领域需要有大屏幕用于显示复杂的图形(图像),需要有比较强的图形处理能力适应三维图形(图像)计算的需要,需要有比较大的存储器存储更多的信息,图形和图像占用的存储空间是比较大的。

随着微型计算机的快速发展,大屏幕显示器、大容量存储器、图形加速卡等器件的成本不断降低,工作站与普通微型计算机之间已没有什么明显的差别。

5. 微型计算机

1981 年 IBM 公司基于 Intel 8088 微处理器推出具有划时代意义的 IBM PC,开启了微型计算机(microcomputer)快速发展的序幕,在 30 余年的时间里,微型计算机已应用到千家万户,2012 年全球台式机、笔记本和平板计算机的销售总量已超过 4.5 亿台。微型计算机主要包括台式计算机、笔记本计算机和平板计算机,单片机和嵌入式计算机也是计算机微型化的产品,并得到了广泛的应用。

台式计算机(desktop computer)就是普通的微型机,由于体积比较大,一般要摆放在桌子上使用。

笔记本计算机(notebook computer)更多的时候称为笔记本电脑或简称笔记本,是一种大小和稍大一点的纸介笔记本相当的计算机,特点是体积小、携带方便。在功能上,笔记本计算机和台式机没有什么区别,但笔记本的主板、内存、外存、显示器、电源等各种部件要做得更小些,增加了生产成本,所以比同档次的台式机价格要高。

平板计算机(tablet personal computer)也称为平板电脑,是一种小型、方便携带的个人计算机,以触摸屏作为基本的输入设备,用户可以通过内建的手写识别、屏幕上的软键盘和语音

识别等方式进行输入操作。平板电脑分为 ARM 架构(代表产品是 iPad 和安卓平板电脑)和 x86 架构(代表产品是 Surface Pro 和 Wbin Magic)，x86 架构平板电脑一般采用 Intel 处理器及 Windows 操作系统，具有完整的普通电脑及平板电脑功能。

单片计算机(single-chip computer)简称单片机，是将中央处理器、存储器和输入输出接口集成在一个芯片上的微型计算机，主要用于智能家电、工业控制、高科技控制等控制领域。

嵌入式计算机系统(embedded computer system)简称为嵌入式系统或嵌入式计算机。嵌入式计算机是以应用为中心，以计算机技术为基础，软硬件可裁剪的，适合应用系统对功能、可靠性、成本、体积、功耗等有严格要求的专用计算机系统。简单说，就是嵌入到其他设备中并控制其工作的计算机系统，具有软件代码小、高度自动化、响应速度快等特点，特别适合于要求实时和多任务的环境。嵌入式系统主要由嵌入式处理器、相关支撑硬件、嵌入式操作系统及应用软件等部分组成。嵌入式计算机可以看作是单片机的高端产品，比单片机具有更强的性能、更好的灵活性和更广泛的应用领域。

还有一类计算机是服务器。服务器(server)是指通过网络为客户端计算机提供各种服务的高性能计算机。服务器在网络操作系统的控制下，将与其相连的硬盘、光盘阵列、磁带、打印机等设备提供给网络上的客户机共享，也能为网络用户提供集中计算、信息发布及数据管理等服务。服务器的高性能主要体现在高速的运算能力、长时间的可靠运行、强大的外部数据吞吐能力等方面。在银行、电信等大型企业的核心系统中，使用大型机作服务器比较多。近几年在更多的中小单位中 PC 服务器得到了广泛使用，PC 服务器虽然在构成上与普通 PC 基本相同，有微处理器、硬盘、内存、系统总线等，但它们是针对具体的网络应用特别制定的，因而在处理能力、稳定性、可靠性、安全性、可扩展性、可管理性等方面明显优于普通 PC。按功能分类，有数据库服务器、域名服务器、文件服务器、邮件服务器、Internet 服务器和应用服务器等。

1.2.8 计算机的特点

1. 运算速度快

现代计算机一诞生就显示了其在运算速度上的优势，第一台计算机的运算速度是 5000 次每秒加法，虽然现在看起来是非常慢的，但在当时却是世界上运算速度最快的计算工具。现在世界上最快的计算机的运算速度已达到 5.49 亿亿次每秒浮点运算。

在国防建设、石油勘探、航空航天和天气预报等领域，快速的高性能计算机有着特殊重要的作用。

2. 运算精度高

现在 CPU 的字长达到了 32 位或 64 位，这样就能使数值有很高的有效位数，还可以用多个字表示一个数，这样就可以使数值达到非常高的计算精度。我国古代著名数学家祖冲之计算出圆周率 π 的值在 3.141 592 6～3.141 592 7 之间，这是当时非常了不起的成就。

英国数学家威廉·尚克斯(William Shanks，1812—1882)花费了 15 年的时间，才在 1873 年把圆周率 π 的值计算到小数点后 707 位，但后人经验证发现从第 528 位开始是错误的。在 2009 年，日本科学家借助将 640 台高性能计算机连接起来所形成的并行超级计算机系统，仅用 73 小时 36 分就把圆周率计算到小数点后 25 769.8037 亿位。

在宇宙飞船测控、导弹制导等应用场合，真可以说是“失之毫厘，差之千里”，超高精度的计算是非常必要的。

3. 记忆能力强

计算机中的存储器，包括内存储器和外存储器，用于存储（记忆）信息。随着存储技术的快速发展，计算机的存储容量快速变大。目前，8GB 内存、1TB 外存的微型机是比较常见的，一本 1285 页的《计算机科学技术百科全书（第二版）》有近 300 万字，如果按纯文本方式存储，一个汉字占 2 字节的存储空间，1TB 的硬盘可以存储 16 万多部这样的大部头书籍。深蓝计算机中存储了近 100 年来的 60 万盘国际象棋高手的棋谱。

相对于人来说，计算机有着惊人的记忆力，其实计算机所表现出的智能，在一定程度上就是根据现场情况来从自己的记忆中搜索应对方案。由于计算机记忆力十分强大，可以把尽可能多的方案存储起来，所以计算机所搜索出的应对方案一般是比较好的。仍需要进一步研究解决的问题是以什么样的结构来存储这巨量的应对方案（也可以称之为知识）及如何快速找到最优方案。人工智能的学习和研究就着重解决这些问题。

4. 判断能力好

现在的计算机系统（包括硬件和相应的软件系统）具有比较好的逻辑判断能力，能够完成一些智能性工作。如深蓝计算机在和国际象棋大师对弈时，就需要根据对手的走步，判断出其意图，然后给出自己的走步，化解对方的威胁，增加自己的优势，直至获胜。智能机器人在足球比赛场上，也要根据千变万化的比赛格局，在正确判断的基础上完成自己的跑动、带球和射门等动作。

5. 按存储程序自动运行

作为一种工具，计算机的最大特点就是自动运行，可以在无人操作控制的条件下，自动运行数小时、数天以至更长的时间。计算机自动运行的依据是什么？计算机自动运行的依据是程序，是人们事先编好并存储在计算机中的程序。控制器从存储器中逐一取出程序的指令，并指挥计算机其他组成部分按指令要求完成相应操作，根据程序规模与功能的不同，计算机自动运行时间也不尽相同。也就是说，一旦程序编写完成（程序要正确）并开始执行，之后的计算机运行可以不再需要人的干预和控制，直至程序执行结束完成相应的功能。

1.2.9　计算机的应用领域

最初研制电子计算机的目的就是为了完成复杂的科学计算，这也是计算机名称的由来。但随着计算机技术的发展，特别是微型机、计算机网络和多媒体技术的出现和快速发展，计算机应用的深度和广度不断拓展，现在的计算机应用已经深入到人类生活的各个领域，可以归纳为 6 个方面。

1. 科学计算

科学计算也称为数值计算，科学计算的特点是数据量不大，但计算强度非常大。这是计算机应用最早也是最成熟的应用领域。随着人们对客观世界认识的日益深化，越来越多的工作需要定量计算，数学模型和计算规模也越来越庞大。因此，在现代科学研究和工程设计中，计算机已成为必不可少的计算工具。大型工程设计（如三峡工程）、人造卫星运行轨道计算、石油勘探、核能利用、地震预报与监测和天气预报等都是高强度计算领域，也都是计算机用于科学计算的用武之地。天气预报越来越准确，而且还能为卫星发射等大型活动提供特定服务，都是得益于超级计算机在科学计算领域的应用。

2. 信息处理

信息处理也称为数据处理。现代社会正在逐步进入信息化社会，各行各业积累了大量的信息，这些信息和能源、物资一样，也是社会发展和经济建设的重要资源。如何有效、充分地利

用信息资源就是信息处理要解决的问题，信息处理涉及的面很宽，政府部门及大大小小的企事业单位所用计算机大部分用于信息处理。信息处理的特点是数据量很大、访问量很大，但所需数学运算相对简单，主要是完成信息的输入、修改、删除、排序、查询、统计、分析和制表等工作，如铁路售票系统、医院管理系统、企业信息系统、财务管理系统、税务管理系统、人力资源管理系统和办公自动化系统等属于信息处理的范畴。

3. 过程控制

过程控制又称实时控制，在宇宙探索、国防建设和工业生产等方面有广泛的应用。例如，火星探测器的飞行、落地及自动拍照，宇宙飞船的飞行与返回；汽车自动装配生产线、数控机床；无人侦察机的飞行与返航，导弹的巡航飞行与目标锁定。这些都是计算机过程控制的典型应用。

4. 计算机辅助系统

计算机帮助人们做的工作越来越多，出现了各种功能的计算机辅助系统。计算机辅助设计(computer aided design，CAD)、计算机辅助制造(computer aided manufacturing，CAM)、计算机辅助测试(computer aided testing，CAT)、计算机集成制造系统 (computer integrated manufacturing system，CIMS)、计算机辅助软件工程(computer aided software engineering，CASE)、计算机辅助教学(computer assisted instruction，CAI)等在各行各业中发挥着越来越重要的作用，极大地减轻了从业人员的工作强度，提高了工作效率和学习效率。

5. 人工智能

随着计算机应用的不断深入，人们对计算机的功能也提出了更高的要求，要求计算机完成一些智能性工作，具有类似于人的判断、推理、决策等功能。指纹识别系统、智能家电、各种专家系统、各类智能机器人都是人工智能应用的实例，但最典型的代表当属 IBM 公司研制的专门用于国际象棋对弈的“深蓝”计算机系统，1997 年 5 月，在与俄罗斯的国际象棋特级大师卡斯帕罗夫的 6 局对抗中，“深蓝”以 2 胜 1 负 3 平的成绩战胜 1985 年以来一直占据世界冠军宝座的卡斯帕罗夫。

6. 网络应用

以上是计算机传统的应用领域，在国家的经济建设、国防建设和社会进步中发挥了巨大的作用。但真正与人们的日常生活密切相关、更多的普通人可以一试身手的是网络应用。微型机的快速发展使计算机进入了千家万户，以互联网为代表的网络技术的快速发展使计算机之间的相互通信与资源共享成为现实，多媒体技术的快速发展为人们提供了丰富多彩的网上资源。数亿人成了网民，上网成了一个最大众化的计算机应用领域。

根据中国互联网络信息中心(CNNIC)的统计，截至 2013 年 12 月，我国网民规模达到 6.18 亿人，居世界第一。

其实，有时一项计算机应用涉及多个领域。例如，火星探测器的设计、测试、发射、飞行、拍照与图像回传是综合运用了科学计算、信息处理、过程控制、计算机辅助设计与测试、人工智能和计算机网络等功能。

1.3 中国计算机发展简史

我国的计算机事业始于 1956 年。1956 年 4～6 月，时任国务院总理的周恩来亲自主持制定了《1956—1967 年科学技术发展远景规划纲要》，即人们通常所说的《十二年科学技术规

划》，在规划中把计算技术、半导体、自动化和电子学并列为当时必须采取的 4 大紧急措施。计算技术规划组组长，我国最早倡导研究计算技术的著名数学家华罗庚(1910—1985)教授起草了发展电子计算机的措施。

20 世纪 40 年代后期，华罗庚在美国普林斯顿大学做研究工作时，与冯·诺依曼和戈尔斯坦相识，经常在一起讨论学术问题，对 ENIAC 等计算机比较了解。

1956 年 8 月，成立了以华罗庚为主任的中国科学院计算技术研究所筹备委员会，并组织了计算机设计、程序设计和计算机方法专业训练班，首次派出一批科技人员赴前苏联实习和考察，引进了前苏联当时的 M-3 小型机和 БЭСМ 大型机。自此以后，国内计算机的研制、生产和使用逐渐广泛地开展起来，并且逐步形成了计算机工业。

1958 年 8 月 1 日，在参考前苏联的 M-3 小型机图纸资料的基础上，我国第一台通用小型电子数字计算机——103 机研制成功，也称为“八一型”计算机，这台运算速度为 30 次每秒的电子管计算机，填补了我国现代电子计算机的空白。增加了自行研制的磁芯存储器后，运算速度提高到 1800 次每秒。生产时定名为 DJS-1 型计算机。

1959 年 10 月 1 日，我国第一台大型通用电子数字计算机——104 机研制成功，运算速度为 1 万次每秒，接近当时英国、日本计算机的性能指标。生产时定名为 DJS-2 型计算机。104 机的研制依据的是前苏联 БЭСМ 大型机的资料。

1960 年，我国第一台自行设计的通用电子数字计算机——107 机研制成功，运算速度为 250 次每秒。

1964 年，我国第一台自行设计的大型通用电子数字计算机——119 机研制成功，浮点运算速度为 5 万次每秒。

1965 年 4 月，我国第一台自行设计的晶体管计算机 441-B 通过国家鉴定，运算速度为 1.2 万次每秒浮点运算，1965 年末，又研制成功 441-B-Ⅱ型计算机。多台 441-B 系列计算机装备到全国各重点院校和科研院所，是我国 20 世纪 60～70 年代中期的主流应用机型之一。

1967 年 9 月，大型通用晶体管计算机 109 丙研制成功，浮点运算速度为 11.5 万次每秒。为完成我国核武器的研制和东方红卫星的发射作出了重要贡献，被誉为“功勋计算机”。

1972 年正式交付使用的 111 计算机，采用小规模集成电路，是我国最早研制成功的第三代计算机之一。

1973 年 8 月，集成电路计算机 150 机研制成功，这是我国第一台自行设计的运算速度为 100 万次每秒的计算机，也是第一台配有多道程序和自行设计操作系统的计算机。

1975 年，江南计算机技术研究所研制成功 905 乙机，这是我国第一台双处理器大型电子数字计算机，单机速度 200 万次每秒，双机速度 350 万次每秒。

1977 年底，我国第一台全国产化 16 位大规模集成电路微型计算机 LS-77 研制成功。1985 年，电子工业部计算机管理局研制成功与 IBM PC 兼容的长城 0520CH 微机，并组建了长城计算机公司，批量生产长城 0520CH，这是国产商品化微型计算机的开始，之后，联想等公司也进入微型计算机市场。开发出了 286/386/486/奔腾等各个系列的微型计算机。

1983 年 11 月，中国科学院计算机技术研究所等单位联合研制成功我国第一台大型向量机-757 机，由一台向量处理机(主机)和一台外围机组成，16 台主存储体交叉并行工作，向量运算的平均速度为 1000 万次每秒，标量运算平均速度为 280 万次每秒，向量机字长和指令字长均为 64 位。

同样是在 1983 年 11 月，由国防科技大学研制成功我国第一台运算速度为 1 亿次每秒的

向量巨型计算机银河-Ⅰ，填补了我国巨型计算机的空白，使我国跨进世界研制巨型计算机的行列。1992年11月研制成功10亿次每秒并行巨型计算机银河-Ⅱ。1997年6月研制成功银河-Ⅲ并行巨型计算机，其峰值运算速度达到130亿次每秒浮点运算。

1993年10月，中国科学院计算技术研究所研制成功曙光一号智能化共享存储多处理机系统（简称曙光一号）。1995年5月研制成功曙光1000大规模并行计算机系统（简称曙光1000），实际运算速度达到15.8亿次每秒。1999年12月，曙光2000通用超级服务器系统（简称曙光2000）研制成功。2001年2月，曙光3000超级服务器（简称曙光3000）研制成功。2004年6月，曙光4000A超级服务器（简称曙光4000A），运算速度超过8.06万亿次每秒浮点运算，在2004年6月公布的国际500强超级计算机排行榜中名列第10。

2008年6月，超级计算机曙光5000A研制成功，使用了6600颗AMD巴塞罗那型4核处理器，浮点运算峰值速度为233万亿次每秒，内存122.88TB，在2008年11月17日公布的第32次国际500强超级计算机排行榜中，曙光5000A排名第10。2010年6月，曙光星云超级计算机研制成功，峰值速度达到3千万亿次每秒浮点运算。

1996年10月，国家并行计算机工程技术研究中心研制成功神威Ⅰ计算机系统，峰值运算速度达到3120亿次每秒浮点运算。2004年研制完成的神威-新世纪-256P集群，峰值速度达到1.2万亿次每秒。

2000年10月，中国科学院计算机技术研究所开始进行龙芯系列高性能通用处理器的研制。2002年9月，我国首枚具有自主知识产权的高性能通用CPU芯片——龙芯1号通过鉴定，最高主频达到266MHz，字长32位，定点和浮点最快运算速度均达到2亿次每秒。2005年1月，龙芯2号通过鉴定，主频达到500MHz，字长64位，支持多媒体指令扩展，定点和双精度浮点运算速度均达到10亿次每秒，单精度浮点运算速度达到20亿次每秒。2006年9月，增强型龙芯2号——龙芯2E通过鉴定，主频最高达到1GHz，定点运算速度达到20亿次每秒，双精度浮点运算速度达到40亿次每秒，单精度浮点运算速度达到80亿次每秒。2007年7月31日，龙芯2F流片成功。龙芯2F为龙芯第一款产品芯片。龙芯2F是一款低功耗、低成本、高性能的系统芯片。它采用90纳米工艺，片内集成了龙芯2号CPU核、DDR2内存控制器、PCI/PCIX控制器、Local I/O控制器等，集成晶体管5100万个。2009年9月28日，4核CPU龙芯3A流片成功。2012年10月，8核CPU龙芯3B1500流片成功。

2002年8月，联想“深腾1800”研制成功，实际运算速度超过1万亿次每秒浮点运算。2003年11月，又研制出运算速度超过4万亿次每秒的“深腾6800”超级计算机，在2003年11月公布的国际500强超级计算机排行榜中，“深腾6800”名列第14位。

2007年12月26日，花费不足80万元，占地只有一台家用冰箱大小的我国首台采用国产高性能通用处理器芯片“龙芯2F”的万亿次高性能计算机“KD-50-Ⅰ”在中国科技大学研制成功，它的理论运算峰值为10 080亿次每秒，集成了336颗“龙芯2F”处理器。

2010年8月，我国国防科技大学研制成功的“天河一号”超级计算机（二期系统），峰值运算速度达到4.7千万亿次每秒。2013年5月，我国国防科技大学研制成功的“天河二号”超级计算机（如图1.12所示）峰值运算速度达到5.49亿亿次每秒。在2010年11月公布的国际500强超级计算机排行榜中，“天河一号”名列第一，在2013年6月和2013年11月公布的国际500强超级计算机排行榜中，“天河二号”均名列第一。从1993年开始，国际上每年分两次（分别在6月和11月）公布500强超级计算机排行榜。

“天河二号”超级计算机包含16 000个运算节点，每节点配备2颗Intel Xeon E5 12核心

图 1.12　“天河二号”超级计算机

的 CPU、3 个 Intel Xeon Phi 57 核心的运算协处理器。共计包含 32 000 颗 Xeon E5 主处理器和 48 000 个 Xeon Phi 协处理器，共 312 万个运算核心。峰值运算速度为 5.49 亿亿次每秒，持续运算速度达到 3.39 亿亿次每秒。

“天河二号”每个节点拥有 64GB 内存，而每个 Xeon Phi 协处理器板载 8GB 内存，每节点共 88GB 内存，整台计算机的内存总计为 1.408PB(1408 万亿字节)。外存为 12.4PB(12 400 万亿字节)容量的硬盘阵列。配置的操作系统为具有自主知识产权的国产麒麟操作系统。

“天河二号”由 170 个机柜组成，包括 125 个计算机柜、8 个服务机柜、13 个通信机柜和 24 个存储机柜，占地面积 720 平方米。每个计算机柜容纳 4 个机架，每个机架容纳 16 块主板，每个主板设置有两个运算节点。由 280 人历时两年多研制完成，耗资约 1 亿美元。

“天河二号”的系统存储总容量相当于 600 亿册、每册 10 万字的图书。假设每人每秒钟进行一次运算，“天河二号”运算一小时，相当于 13 亿人同时用计算器算上 1000 年。使用“天河二号”可以模拟到 5000 年前甚至更远的气候变化；传统手段研发新车一般要经过上百次碰撞实验，历时两年多才能完成，而利用“天河二号”进行模拟只需 3 到 5 次实车碰撞，两个月即可完成。

1.5 著名的计算机科学家

计算机领域的伟大成就是和众多科学家的辛勤且富有创造性的工作分不开的，本节介绍几位国内外最优秀的代表。图灵和冯·诺依曼是国际上最著名的计算机科学家，分别在计算

机理论和计算机逻辑结构设计上作出了卓越的贡献，都被誉为“计算机之父”。吴文俊、王选和金怡濂是国内最著名的计算机科学家，都曾获得国家最高科学技术奖。《国家科学技术奖励条例》规定，国家最高科学技术奖授予在当代科学技术前沿取得重大突破或者在科学技术发展中有卓越建树，在科学技术创新、科学技术成果转化和高技术产业化中创造巨大经济效益或者社会效益的科学技术工作者。设立于 2000 年，每年不超过两名的国家最高科技奖，是中国科技界的最高荣誉。国家最高科技奖奖金为 500 万元，450 万元由获奖人自主选题，用作科研经费，50 万元属获奖人个人所得。

1.5.1　图灵

世界上第一台电子计算机 1946 年 2 月诞生于美国宾夕法尼亚大学莫尔学院。但电子计算机的理论和模型却是始于英国科学家图灵在 1936 年发表的论文“论可计算数及其在判定问题中的应用”(*On Computable Numbers, with an Application to the Entscheidungs Problem*)。因此，当美国计算机学会在 1966 年纪念电子计算机诞生 20 周年的时候，决定设立计算机界的第一个奖项，命名为“图灵奖”(Turing Award)，以纪念这位计算机科学理论的奠基人。

图 1.13　图灵

阿伦·图灵(Alan. M. Turing，1912—1954)，如图 1.13，1912 年 6 月 23 日出生于伦敦，上中学时数学特别优秀。1931 年中学毕业以后，图灵进入剑桥大学的国王学院(King's College)攻读数学，研究量子力学、概率论和逻辑学。1936 年图灵就概率论研究所发表的论文获得史密斯奖(Smith Prize)。

1935 年，图灵开始对数理逻辑的研究发生兴趣。数理逻辑(mathematical logic)又叫形式逻辑(formal logic)或符号逻辑(symbolic logic)，是逻辑学的一个重要分支。数理逻辑用数学方法，也就是用符号和公式、公理的方法去研究人的思维过程、思维规律，其起源可追溯到 17 世纪德国的大数学家莱布尼茨，其目的是建立一种精确的、普遍的符号语言，并寻求一种推理演算，以便用演算去解决人如何推理的问题。在莱布尼茨的思想中，数理逻辑、数学和计算机三者均出于一个统一的目的，即人的思维过程的演算化、计算机化，以至在计算机上实现。但莱布尼茨的这些思想和概念还比较模糊，不太清晰和明朗。两个多世纪来，许多数学家和逻辑学家沿着莱布尼茨的思路进行了大量实质性的工作，使数理逻辑逐步完善和发展起来，许多概念开始明朗起来。但是，“计算机”到底是怎样一种机器，应该由哪些部分组成，如何进行计算和工作，在图灵之前没有任何人清楚地说明过。正是图灵 1936 年发表的“论可计算数及其在判定问题中的应用”一文第一次回答了这些问题，提出了一种理想的计算机器的抽象模型，后人称作“图灵机”(Turing Machine)。图灵机的提出奠定了现代计算机的理论基础，也奠定了图灵在计算机发展史上的重要地位。

图灵机有多种形式，标准的确定型单带图灵机由一条双向都可无限延长的被分为一个个小方格的磁带、一个有限状态控制器和一个读写磁头组成，如图 1.14 所示。图灵机一步步地工作，机器工作情况取决于三点：

① 机器的内部状态；

② 读写磁头扫描在磁带的哪个方格上；

③ 被磁头扫描的方格上有什么信息。

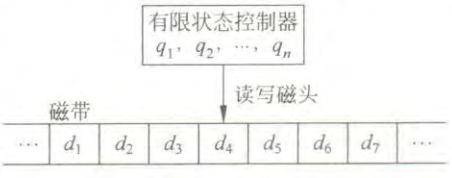

图 1.14　图灵机示意图

机器执行一步工作的过程如下：

① 读写磁头在所扫描的方格上写上符号，原有符号自然消除；

② 磁头向右或向左移动一个方格，机器由当前状态变为另一个状态，进入下一步工作；

③ 如此周而复始，除非遇到命令机器停止工作的状态。

从上面的简单介绍可以看到，结构及运行极为复杂的计算机，经过图灵的抽象，变得简单、清晰。这正是图灵机的意义所在。表面看来，图灵机的计算功能似乎很弱，实际上，只要提供足够的时间（也就是允许足够多的步数）和足够的空间（也就是磁带足够长），则图灵机的能力极强，足以代替目前的任何计算机。图灵自己就曾指出，凡是可计算的函数都可以用一台图灵机来计算。

第二次世界大战的爆发，打乱了图灵的研究计划。像许多同时代的科学家一样，图灵进入英国外交部下属的一个绝密机构中工作，主要任务是为军方破译密码。图灵的工作非常出色，曾研制出一台破译密码的机器，破译了德军的很多密码，为战胜德国法西斯作出了贡献。为此，1945年图灵退役时被授予最高荣誉奖章。战争结束后，图灵去了英国国家物理实验室（National Physical Laboratory，NPL）开始了研制电子计算机的工作。

图灵的另一个重大贡献是他在1950年发表的论文“计算机器和智能”（Computing Machinery and Intelligence）。在论文中，图灵提出了“机器能思维吗?”这样一个问题，并给出了测试机器是否有智能的方法，人们称之为“图灵测试”（Turing Test）。图灵预言，到2000年，计算机能够通过这种测试。现在已经过了2000年，有人认为，某些特定的领域，计算机已经通过了“图灵测试”，其明显标志是1997年IBM公司的“深蓝”计算机战胜国际象棋特级大师卡斯帕罗夫。也有人认为，计算机距离类似于人的“自主”智能还有不小的差距。

由于图灵在计算机科学理论与实践上的奠基性贡献，1951年当选为英国皇家学会院士。令人十分惋惜的是，1954年6月7日科学奇才图灵在不满42周岁时去世了，实在是计算机界的一个重大损失。

人们为纪念这位计算机科学理论的重要奠基人，2001年6月23日，在英国曼彻斯特的Sackville公园竖立了一尊和真人一样大小的青铜坐像，铜像是在有悠久铸造历史的中国铸造的。

1.5.2 冯·诺依曼

1944年夏的一天，美国弹道试验场所在地阿伯丁火车站，ENIAC研制组的戈尔斯坦看到冯·诺依曼正在等车，戈尔斯坦以前听过冯·诺依曼教授的学术报告，但一直无缘直接交往。机会难得，戈尔斯坦主动上前自我介绍，当戈尔斯坦讲到正在研制的电子计算机时，平易近人的数学大师顿时严肃起来。据戈尔斯坦回忆，此后的谈话好像在通过博士学位答辩。显然，ENIAC深深地打动了具有敏锐科学洞察力的冯·诺依曼教授，几天之后，他就专程到莫尔学院考察正在研制中的ENIAC，并参加了为改进ENIAC而举行的一系列学术会议。

图1.15 冯·诺依曼

这次偶然的车站相遇，对计算机的发展具有决定性的作用，既确定了现代计算机的基本逻辑结构，也奠定了冯·诺依曼在计算机发展史上的重要地位。

冯·诺依曼（John von Neumann，1903—1957），如图1.15，出生于匈牙利布达佩斯，中学时期他受到特殊严格的数学训练，19岁时就发

表了有影响的数学论文，在校期间他学习拉丁语和希腊语卓见成效，这对锻炼他的记忆力非常有帮助，他掌握了 7 种语言，成为从事科学研究强有力的工具。后来又游学于著名的柏林大学、洪堡大学和普林斯顿大学，成为德国大数学家戴维·希尔伯特(David Hilbert，1862—1943)的得意门生，1933 年，他被聘为美国普林斯顿大学高等研究院的终身教授，成为著名物理学家爱因斯坦(Albert Einstein，1879—1955)最年轻的同事。冯·诺依曼才华横溢，在数学、应用数学、物理学、博弈论和数值分析等领域都有杰出的贡献。他的数学功底为进行计算机的逻辑设计奠定了坚实的基础。戴维·希尔伯特于 1900 年8 月 8 日在巴黎召开的第二届国际数学家大会上，提出了 20 世纪数学家应当努力解决的23 个数学问题，对这些问题的研究有力地推动了 20 世纪数学的发展，产生了深远的影响。我们熟知的哥德巴赫猜想也是问题之一。

当冯·诺依曼从戈尔斯坦那里听说他们正在制造电子计算机的时候，他正参加第一颗原子弹的研制工作，遇到原子核裂变反应过程的大量计算的困难，这涉及数十亿次初等算术运算和初等逻辑运算。为此，曾有成百名计算员一天到晚用计算器计算，然而，结果还是不能满足需要。这使他马上意识到研制电子计算机的重要意义，决定参与到这一工作中来。

ENIAC 并不是存储程序式的，程序要通过外接线路输入，非常的不方便。1944 年 8 月到 1945 年 6 月，在莫尔学院定期举行会议，针对 ENIAC 遇到的问题，提出各种研究报告。冯·诺依曼与莫尔学院研制小组积极合作，经过 10 个月的紧张工作，提出了一个全新的存储程序通用电子计算机方案——离散变量自动电子计算机(Electronic Discrete Variable Automatic Computer，EDVAC)。人们通常称它为冯·诺依曼机，时至今日，所用的计算机都没有突破冯·诺依曼机的基本结构。EDVAC 方案的讨论过程与 ENIAC 的研制是同时进行的，再改动 ENIAC 的结构已来不及了，所以 ENIAC 仍是外插程序式计算机。

1945 年 6 月 30 日，莫尔学院发布了长达 101 页的 EDVAC 方案，这是冯·诺依曼和莫尔学院研制小组的专家们集体的研究成果，冯·诺依曼运用其非凡的分析、综合能力及深厚的数理基础知识，在 EDVAC 的总体结构和逻辑设计中起了关键的作用。

EDVAC 方案明确规定了计算机有 5 个基本组成部分：用于完成算术运算和逻辑运算的运算器，基于程序指令控制计算机各部分协调工作的控制器，用来存放程序和数据的存储器，把程序和数据输入到存储器的输入装置，以显示、打印等方式输出计算结果的输出装置。相对于 ENIAC，EDVAC 方案有两个重大改进：一是用二进制代替了十进制，便于电子元件表示数据，简化了运算器的设计，提高了运算速度；二是提出了“存储程序”的概念，程序和数据都存放在存储器中，实现了基于程序的计算机自动执行，实现了程序执行中的“条件转移”。

1945 年底，ENIAC 刚刚完成，设计组就因发明权的争执而解体，影响了 EDVAC 的研制进度。世界上第一台存储程序式计算机是英国剑桥大学研制的电子延迟存储自动计算机(Electronic Delay Storage Automatic Calculator，EDSAC)，使用水银延迟线作存储器，1949 年投入运行，EDSAC 的主要研制者莫里斯·威尔克斯(Maurice V. Wilkes，1913—2010)因此获得第二届图灵奖。而 EDVAC 直到 1952 年才研制完成。

1.5.3 吴文俊

吴文俊(1919—)，如图1.16，祖籍浙江嘉兴，出生于上海市，1940年毕业于上海交通大学数学系，1946年赴法国Strassbourg大学留学，获博士学位。现任中国科学院系统科学研究所研究员，中国科学院院士，2000年国家最高科学技术奖获得者。

图1.16 吴文俊

吴文俊教授的科学研究工作，可分为前后两个时期，研究工作涉及拓扑学、自动推理、机器证明、代数几何、中国数学史、对策论等多个领域，在代数拓扑和机器证明两个领域有重大的原创性贡献，影响深远。

前期(1947—1975)，以代数拓扑为主，为拓扑学做了奠基性的工作。他的贡献主要有两个方面：示性类研究和示嵌类研究，研究成果1956年获国家自然科学一等奖，被国际数学界称为“吴公式”、“吴示性类”，“吴示嵌类”。

后期始于1976年，从事机器证明与数学机械化的研究，与计算机密切相关。

我们在中学学习时，都体会过证明几何定理的巧妙与困难。要证明一条几何定理，往往需要清晰的推理，巧妙的思路，有时还需要添加一些奥妙的辅助线，经过冥思苦想才能获得定理的证明，这使几何定理的证明似乎更多地依赖于天才般的“灵机一动”。吴文俊教授在1977年提出了一种全新的几何定理证明方法。首先引进坐标，使待证定理的假设与结论都转换成多项式方程，这对于通常的情形都是成立的。然后依照某种确定的方式对代表假设的多项式方程进行处理，使其在有限步骤内到达代表结论的那一个多项式方程，或与之相反。这就给出了一个以机械方式进行的证明或否定一个几何定理的过程。这一方法还具有普遍适用的性质。即不论所考虑的定理出自何种初等几何，不论是欧氏的，还是非欧氏的，只要像通常出现的那样，假设与结论都可用多项式方程来表示，就可应用这同样的方法与过程进行证明。

他提出的用计算机证明几何定理的方法，在国际上称为“吴方法”，与常用的基于数理逻辑的方法根本不同，具有根本的创新性，被称为自动推论领域的先驱性工作，并因此获得Herbrand自动推论杰出成就奖。第14届国际自动推论大会对吴文俊的工作给予了高度评价：“几何定理自动证明首先由Herbert Gerlenter于20世纪50年代开始研究。虽然得到了一些有意义的结果，但在吴方法出现之前的20年里这一领域进展甚微。在不多的自动推理领域中，这种被动局面是由一个人完全扭转的。吴文俊很明显是这样一个人。”“吴的工作将几何定理证明自动推理的一个不太成功的领域变为最成功的领域之一。在很少的领域中，我们可以将机器证明归于一个人的工作。几何定理证明就是这样的一个领域。”

吴文俊引入的求解非线性代数方程组的“吴方法”是求解代数方程组精确解最完整的方法之一，已经被成功地用于解决很多问题，并实现在当前流行的符号计算软件中。欧共体资助的POSSO(POlynomial System SOlving)计划中也有“吴方法”的专用软件包。“吴方法”还被用于若干高科技领域，得到一系列国际领先的成果。包括曲面造型、机器人机构的位置分析、智能CAD系统和图像压缩等。20世纪80年代末，他提出了偏微分代数方程组的整序方法，是目前处理偏微分代数方程组的完整的构造性方法。该方法已被应用于微分几何定理机器证明和偏微分方程组求解。

1.5.4　王选

王选(1937—2006)，如图 1.17，祖籍江苏无锡，出生于上海市，1958 年在北京大学数学力学系计算数学专业毕业后参加工作。曾任北京大学教授，中国科学院院士，中国工程院院士，2001 年国家最高科学技术奖获得者。

图 1.17　王选

20 世纪 70 年代以前的相当长的时间内，印刷领域广泛使用的是铅字印刷，这和北宋时期毕昇发明的活字印刷没有什么本质的区别，排字工人的工作量非常繁重，排版效率低，印刷质量差，如何利用先进的现代技术改革排版和印刷模式是需要研究解决的重大课题。1975 年，一个偶然的机会，王选听说了国家“汉字信息处理系统工程”研究项目，这个项目于 1974 年 8 月立项，通称“七四八工程”，其中的“汉字精密照排系统”引起了他的浓厚兴趣。如果将计算机技术引入印刷行业，无疑将引起我国报业、出版印刷业等媒体传播领域一场深刻革命，更将对计算机信息技术在我国的普及应用起到推动作用。

当时日本流行的是光学机械式二代照排机，采用机械方式选字，体积大，功能差；欧美流行的是阴极射线管式三代照排机，对底片灵敏度要求很高，国产底片不容易过关；英国正在研制激光照排四代机，但还没有形成产品。当时国内从事汉字照排系统研究的单位，采用二代机或三代机的模拟存储方法，但由于与西文相比，汉字字形的信息量非常大(英文大小写一共才有 52 个字母，而汉字最少也得使用近 7000 个才能满足最基本的印刷需要)，难以解决存储和输出等技术难题。1976 年王选作出了一个大胆的科学决策：采取跨越式发展的技术路线，跨过第二代和第三代照排系统，直接研制第四代激光照排系统。

选择激光照排方案，需要解决汉字字形信息量太大的难题。王选在 1976 年决定使用“轮廓描述方法”描述汉字字形，为保证字形变大变小时的质量，还提出并实现了用“参数描述方法”控制字形变倍和变形时敏感部位的质量，而西方在大约 10 年后的 80 年代中期才开始采用类似技术。这些方法使字形信息量压缩约 500 倍，达到当时世界最高水平。

把汉字字形信息压缩后存入计算机，还必须将其快速还原和输出。当时小型计算机运算速度很慢，如果用软件实现压缩信息的还原，1 秒钟大约只能还原 1 个汉字。由于王选有多年的硬件实践经验，并懂得微程序，在 1979 年他提出了适合硬件实现的、失真最小的高速还原汉字字形算法，并编写微程序予以实现，使还原速度达到每秒 250 字。后来他又设计出一种加速字形复原的超大规模专用芯片，实现了高速和高保真的汉字字形复原和变倍、变形，使复原速度上升到每秒 710 字，达到当时汉字输出的世界最快速度。

在这些技术创新的基础上，1976—1993 年，王选先后主持设计并实现了六代汉字激光照排控制器，采用双极型微处理器与专用芯片相结合的技术，在计算能力和存储能力较低的计算机系统上完成了页面描述语言的解释处理，使我国的电子出版技术处于世界先进水平，共获得 8 项中国专利，1 项欧洲专利，成为我国第一位欧洲专利获得者。

1991—1994 年，王选率领他的团队不断创新技术，又引发了我国报业和印刷业的三次技术跨越。一是跨过报纸的传真机传版作业方式，直接推广以页面描述语言为基础的远程传版新技术；二是跨过传统的电子分色机阶段，直接研制开放式彩色桌面出版系统；三是规划和组织研制新闻采编流程计算机管理系统，使报社实现网络化生产与管理。这些电子出版新技术的应用，推动和促进了整个印刷行业的技术和设备改造，书刊和新闻出版业呈现空前繁荣。

现在我们都在享受着王选的研究成果，图书、报纸和杂志上的精美图片和文字都是通过激光照排系统印刷上去的。为了纪念王选“自主创新，锲而不舍”的精神，2006年10月，中国计算机学会的“创新奖”正式更名为“王选奖”，每年评选一次。

1.5.5 金怡濂

金怡濂(1929—)，如图1.18，原籍江苏常州，出生于天津市，1951年毕业于清华大学电机系，1956—1958年在前苏联科学院精密机械与计算技术研究所进修电子计算机技术。中国工程院院士，国家并行计算机工程技术研究中心研究员，2002年国家最高科学技术奖获得者。

图1.18 金怡濂

半个多世纪以来，金怡濂院士致力于计算机体系结构、高速信号传输和计算机技术等方面的研究与实践。20世纪50年代到60年代末，作为技术骨干、运控部分技术负责人，相继参加了我国第一台大型通用电子计算机——104机和多种通用机、专用机的研制。20世纪70年代初，他敏锐地认识到双机并行在性能、可靠性、可用性和可维护性上比单机将有较大提高，提出了双机并行计算设计思想和实现方案。70年代后期，与其他科学家一起，主持完成了多机并行计算机系统的研制，取得了我国计算机技术的新突破。他运用马尔可夫(Markov)链随机过程方法，提出了混合互联网络方案，解决了多机系统中拓扑结构的难题；运用叠堆原理，分析、解决了小信号高速传输问题；提出系统重新组合，运行、维护两个系统并行互不干扰的思路，提高了机器的可用性。

20世纪80年代中期，微处理器芯片发展迅速，金怡濂预见到大规模并行处理计算机将成为巨型机发展的主流，提出了基于通用微处理器芯片的大规模并行计算机设计思想、实现方案和多种技术相结合的混合网络结构，解决了240个微处理器互连的难题，研制出运算速度达到当时国内领先水平的并行计算机系统，实现了我国巨型计算机向大规模并行处理方向的发展，使我国巨型计算机研制进入与国际同步发展的时代。

20世纪90年代，他撰写了“大规模并行计算机的发展和我们的对策”等专论，倡议抓住机遇，发展大规模并行计算机，使我国赶上巨型机技术的国际先进水平。在西方强国对我国实行高性能计算机禁运的背景下，金怡濂受命主持研制国家重点工程——“神威”巨型计算机系统，担任总设计师。他提出了以平面格栅网为基础的“分布共享存储器大规模并行结构”的总体方案，提出了网上多种集合操作以及无匹配高速信号传送等技术构想和解决方案，均获得成功，使我国高性能计算机峰值运算速度从10亿次每秒跨越到3000亿次每秒以上。国家气象中心利用“神威”计算机精确完成极为复杂的中尺度数值天气预报，在国庆50周年和澳门回归等重大活动的气象保障中发挥了关键作用，“神威”计算机还为石油物探、生命科学、航空航天、材料工程、环境科学和基础科学等领域提供了不可缺少的高端计算工具，取得了显著效益，为我国经济建设和科学研究发挥了重要作用。

随后，金怡濂继续担任新一代超级计算机系统的总设计师。他提出以三维格栅网为基础的可扩展共享存储体系结构和消息传送机制相结合的总体方案，为系统关键技术指标进入国际领先行列奠定了基础；率先将消息传递、全局共享、规模可变的结点共享三种工作模式集于一体，能够适合不同用户、不同课题的需要，有利于不同模式的国内外已有程序的移植，扩展了使用范围；提出具有双端口异构访问的大规模共享磁盘阵列群的构想，提高了系统效率；针对巨型计算机规模庞大、功耗过高等难题，提出循环水冷却、分布式盘阵、透明的保留恢复和高

密度组装等创新构想。在研制人员的共同努力下，攻克了相关的技术、工艺难关，有效地提高了系统的可靠性，缩小了系统的体积并降低了功耗。

金怡濂由于主持研制了系列巨型计算机，为我国在世界高性能计算机领域中占有一席之地作出了重大贡献。

1.6　计算机学术组织

从事计算机领域的科研、教学和技术开发等工作，同国内外同行的学术交流是非常必要和有益的，既有利于个人的工作和学习，也有利于整个计算机领域的发展，各级学术组织为我们进行学术交流提供良好的平台和机会。

1.6.1　美国电气和电子工程师学会计算机协会

美国电气和电子工程师学会计算机协会的历史可以追溯到 1946 年。世界上第一台电子计算机 ENIAC 诞生之后，美国电气工程师学会(American Institute of Electrical Engineers，AIEE)在 1946 年成立了大规模计算分会。1951 年，美国无线电工程师学会(Institute of Radio Engineers，IRE)建立了电子计算机专业委员会。鉴于第二次世界大战以后电子学的迅速发展，以及电气与电子密不可分的联系。1963 年，AIEE 和 IRE 合并组成美国电气和电子工程师学会(Institute of Electrical and Electronic Engineers，IEEE)，AIEE 的大规模计算分会和 IRE 的电子计算机专业委员会合并成美国电气和电子工程师学会计算机协会(IEEE Computer Society，IEEE-CS)。

IEEE-CS 的宗旨是促进计算机和信息处理技术的理论和应用的发展，促进会员之间的学术交流与合作。为此，IEEE-CS 每年都要举办一系列的学术会议和讨论会，出版定期、不定期的刊物，成立许多地区分会和专题的技术委员会，其活动范围包括同计算机、计算和信息处理有关的设计、理论和应用的各个层面。IEEE-CS 是 IEEE 中会员最多的一个分会，也是计算机界影响最大的两个学术团体之一(另一个是美国计算机学会)。

IEEE-CS 设有几十个专业技术委员会(Technical Committees)，在各特定领域开展学术活动，专业技术委员会的设置是随计算机科学与技术的发展而变化的。列举部分如下：

- 计算复杂性(Complexity in Computing)；
- 计算机体系结构(Computer Architecture)；
- 计算机通信(Computer Communications)；
- 计算机语言(Computer Languages)；
- 数据工程(Data Engineering)；
- 数字图书馆(Digital Libraries)；
- 分布式处理(Distributed Processing)；
- 电子商务(Electronic Commerce)；
- 容错计算(Fault-Tolerant Computing)；
- 智能信息学(Intelligent Informatics)；
- 互联网(Internet)；
- 大规模存储系统(Mass Storage Systems)；
- 计算的数学基础(Mathematical Foundations of Computing)；

- 微处理器和微计算机(Microprocessors and Microcomputers)；
- 微程序设计和微体系结构(Microprogramming & Microarchitecture)；
- 多媒体计算(Multimedia Computing)；
- 操作系统应用和环境(Operating Systems Applications and Environments)；
- 并行处理(Parallel Processing)；
- 模式分析与机器智能(Pattern Analysis and Machine Intelligence)；
- 可视化和图形学(Visualization and Graphics)。

除了专业技术委员会以外，IEEE-CS还设有标准化委员会和教育与专业技能开发委员会，前者负责制定技术标准，后者负责制定计算机专业的教学大纲和课程设置方案以及发展继续教育。IEEE-CS是一个学术性组织，它所制定的标准和教学大纲是推荐性的而不是强制性的，但由于它们是集中了许多专家学者的智慧和工作经验制定出来的，因而往往受到工业界和教育界的重视。

IEEE-CS出版几十种杂志，列举几个如下：

- 《IEEE计算机学报》(*IEEE Transaction on Computer*)；
- 《IEEE软件工程学报》(*IEEE Transaction on Software Engineering*)；
- 《IEEE模式分析和机器智能学报》(*IEEE Transaction on Pattern Analysis and Machine Intelligence*)；
- 《IEEE知识与数据工程学报》(*IEEE Transactions on Knowledge & Data Engineering*)；
- 《IEEE移动计算学报》(*IEEE Transactions on Mobile Computing*)；
- 《IEEE并行与分布式系统学报》(*IEEE Transactions on Parallel & Distributed Systems*)；
- 《IEEE多媒体学报》(*IEEE Transactions on Multimedia*)；
- 《IEEE/ACM网络学报》(*IEEE/ACM Transactions on Networking*)。

发表在上述学报中的论文具有很高的学术水平，代表了各领域研究的国际先进水平。

1.6.2 美国计算机学会

1947年9月15日，美国计算机学会(Association for Computing Machinery，ACM)在位于纽约的哥伦比亚大学成立，当时的名称是东部计算机学会(Eastern Association for Computing Machinery)，1948年1月去掉了Eastern这个词。1949年9月通过了学会章程，学会的宗旨主要有3个：

(1) 推进信息处理科学和技术，包括计算机、计算技术和程序设计语言的研究、设计、开发和应用，也包括过程的自动控制和模拟。

(2) 促进信息处理科学和技术在专业人员和非专业人员中的自由交流。

(3) 维护信息处理科学和技术从业人员的权益。

ACM建立以来，积极地开展学术活动，目前已成为计算机界最有影响的两大国际性学术组织之一(另一个为IEEE-CS)。一些著名的计算机科学家，包括图灵奖获得者佩利、哈明和ENIAC的主要设计者之一莫奇利等都担任过ACM的主席。

和IEEE-CS类似，ACM也建立了几十个专业委员会(Special Interest Group，SIG)，列出部分如下：

- 算法和计算理论(Algorithms and Computation Theory)；
- 应用计算(Applied Computing)；
- 计算机体系结构(Computer Architecture)；
- 人工智能(Artificial Intelligence)；
- 嵌入式系统(Embedded Systems)；
- 计算机和社会(Computers and Society)；
- 数据通信(Data Communication)；
- 电子商务(Electronic Commerce)；
- 人机交互(Computer-Human Interaction)；
- 计算机图形学(Computer Graphics)；
- 信息检索(Information Retrieval)；
- 数据中的知识发现(Knowledge Discovery in Data)；
- 多媒体(Multimedia)；
- 操作系统(Operating Systems)；
- 程序设计语言(Programming Languages)；
- 软件工程(Software Engineering)。

几乎每个 SIG 都有自己的杂志，基本上覆盖了计算机科学技术的所有分支领域。

1.6.3　中国计算机学会

中国计算机学会(China Computer Federation，CCF)成立于 1962 年 6 月 4 日，1985 年 3 月 5 日被批准为全国一级学会，是国内计算机及相关技术领域的非营利学术团体，是中国科学技术协会(China Association for Science and Technology，CAST)的成员。

学会的宗旨是通过学会的活动，包括学术交流、学术评价、培训和职业资格认定、出版等，为计算机和信息技术领域有关的专业人士和学生的职业发展服务。学会倡导学术公正、独立和创新，致力于推动计算机和信息技术领域理论研究、技术、应用和产业的发展。学会的业务范围如下：

(1) 组织开展国内外学术交流。

(2) 组织开展对计算机科学技术和产业发展战略的研究，向政府部门提出咨询建议。

(3) 参加国家或政府部门有关计算机和信息技术项目的科学论证，提出咨询建议。

(4) 开展计算机技术培训和技术咨询，普及计算机知识，推广计算机技术，促进计算机技术在各个领域的应用，组织青少年计算机科技活动，开展计算机继续教育。

(5) 开展或接受委托承担计算机技术领域的项目评估、成果鉴定、学位论文评审和技术职务、职称的评审，以及计算机领域工程教育认证和职业资格认定等工作。

(6) 表彰和奖励计算机和信息技术领域优秀科技成果及有成就的专业人士。

(7) 组织计算机和信息技术的科技展览。

(8) 接受委托编辑、制定和审定有关计算机技术标准。

(9) 编辑出版计算机方面的学术刊物、科技书籍、报刊和多媒体制品。

(10) 促进民间国际计算机科技交流，和国际同类学术组织建立合作关系，参与相关的国际计算机学术活动，参加相关的国际组织。

学会是由从事计算机及相关技术领域的科研、教育、开发、生产、应用和服务的个人自愿结

成的学术团体，学会实行会员制，会员分为普通会员（简称会员）、高级会员和学生会员。

学会设有电子政务与办公自动化、理论计算机科学、人工智能与模式识别、多媒体、数据库、体系结构、软件工程、计算机安全、开放系统、计算机应用、虚拟现实与可视化、系统软件、中文信息技术、计算机辅助设计与图形学、网络与数据通讯、互联网、高性能计算、普适计算、教育等若干专业委员会。

学会会刊有《计算机学报》、《软件学报》、《计算机研究与发展》、《Journal of Compute Science and Technology》、《中国计算机学会通讯》、《计算机科学》、《小型微型计算机系统》《计算机工程》等。

1.7 计算机奖项

1.7.1 图灵奖

1966年是世界上第一台电子数字计算机诞生20周年，美国计算机学会（ACM）在这一年设立了图灵奖（Turing Award），专门奖励那些在计算机科学领域的学术研究中作出创造性贡献，对推动计算机科学技术发展具有持久作用的杰出科学家。图灵奖一般每年只奖励一名计算机科学家，只有少数年度有两人或三人共享此奖（在同一研究方向有重大贡献）。图灵奖是目前计算机界最崇高的荣誉，有“计算领域的诺贝尔奖”（Nobel Prize in Computing）之称。目前的图灵奖由Intel公司和Google公司资助，每年的奖金为25万美元。

也许是图灵偏重于计算机科学理论的研究，图灵奖偏重于在计算机科学理论与软件方面作出重大贡献的科学家。从1966—2012年的47届图灵奖，共计有60位科学家获此殊荣。在这60位获奖者中，除少数几位科学家是偏重于在计算机的研制及体系结构设计上的贡献而获奖外，其他绝大部分学者都是因为在理论研究和软件研发上的突出贡献而获奖。

60位获奖者的简要情况介绍如下。

1966年，艾伦·佩利（Alan J. Perlis，1922—1990），发明ALGOL语言的关键人物。作为第一届图灵奖的唯一获得者，佩利在ALGOL语言的形成与完善及编译器的构建上发挥了关键作用。ALGOL语言在我国曾得到广泛学习和使用，第一个面向对象语言Simula和风行一时的结构化程序设计语言Pascal都是在ALGOL语言的基础上发展而来的。

1967年，莫里斯·威尔克斯（Maurice V. Wilkes，1913—2010），研制出世界上第一台存储程序式计算机的英国科学家。虽然ENIAC是世界上第一台电子计算机，但ENIAC不具备存储程序的能力，威尔克斯于1949年研制成功的EDSAC是世界上第一台存储程序式电子计算机。

1968年，理查德·哈明（Richard W. Hamming，1915—1998），纠错码的发明人。网络中计算机之间的通信也好，计算机内部各部件之间的数据传输也好，都存在由于各种原因造成的数据传输错误问题。哈明设计了一种编码方法（哈明码），能够发现数据传输过程中的错误并加以纠正。哈明码对通信领域和计算机领域都是非常重要的。

1969年，马文·明斯基（Marvin L. Minsky，1927—），人工智能之父和框架理论的创立者。1956年和麦卡锡等人发起召开了关于用机器模拟人类智能的“达特茅斯会议”，会上首次提出了人工智能概念。明斯基提出的框架理论用于知识表示，在人工智能领域具有重要影响。

1970 年，詹姆斯·威尔金森(James H. Wilkinson，1919—1986)，数值分析领域杰出的英国科学家。把复杂的科学计算(求解方程与函数计算等)用数学方法转换成通过编写程序让计算机能直接完成的一系列算术运算，就是数值分析要完成的工作。威尔金森的研究工作有助于高速计算机在数值计算领域的应用。

1971 年，约翰·麦卡锡(John McCarthy，1927—2011)，人工智能概念的创立者和 LISP 语言的发明人。1956 年和明斯基等人发起召开了关于用机器模拟人类智能的“达特茅斯会议”，会上麦卡锡首次提出了人工智能概念。麦卡锡还发明了在人工智能领域得到广泛应用的 LISP 语言。

1972 年，埃德斯加·狄克斯特拉(Edsgar W. Dijkstra，1930—2002)，最先察觉“goto 有害”的荷兰计算机科学家。现在的程序员都知道，程序设计语言中的 goto 语句既方便于实现程序中的转移，也容易导致程序的混乱。但最先觉察“goto 有害”的是狄克斯特拉，并创立了结构化程序设计思想，为后来人们开发高质量的大型软件奠定了基础。狄克斯特拉在算法设计和操作系统等领域有重大贡献。

1973 年，查尔斯·巴赫曼(Charles W. Bachman，1924—)，网状数据库技术与标准的创立者。虽然现在人们使用的都是关系数据库，但最早的数据库产品是层次数据库和网状数据库，网状数据库的设计方案和技术标准对后来数据库技术的发展有重要影响。

1974 年，唐纳德·克努特(Donald E. Knuth，1938—)，经典巨著《计算机程序设计艺术》的作者。《计算机程序设计艺术》(The Art of Computer Programming)计划出 7 卷，到现在已出版了 3 卷，第 4 卷也以分册的形式在陆续出版。我国出版有中译本，对于计算机专业人员，特别是算法设计人员和软件工程师具有非常重要的参考价值。

1975 年，赫伯特·西蒙(Herbert A. Simon，1916—2001)、艾伦·纽厄尔(Allen Newell，1927—1992)，人工智能符号主义学派的创始人。西蒙是纽厄尔的老师，两人合作研究长达 42 年。两人与他人合作成功开发了世界上最早的启发式程序“逻辑理论家”，用该程序及其改进版本证明了《数学原理》第二章的全部 52 个定理。

1976 年，米凯尔·拉宾(Michael O. Rabin，1931—)、达纳·斯科特(Dana S. Scott，1932—)，非确定自动机理论的创立者。自动机理论在编译程序开发、机器翻译和文献检索等应用中具有重要作用。拉宾是以色列计算机科学家。

1977 年，约翰·巴克斯(John W. Backus，1924—2007)，FORTRAN 语言和巴克斯范式的发明人。FORTRAN 语言非常适合于编写科学计算程序，至今仍在科学计算领域得到广泛应用。巴克斯范式(BNF)是一种规范的标记工具，用于形式化描述上下文无关的程序设计语言，在编译程序的开发中有重要作用。

1978 年，罗伯特·弗洛伊德(Robert W. Floyd，1936—2001)，对设计高效可靠软件有重要贡献的科学家。弗洛伊德在语法分析理论、程序设计语言语义学、自动程序验证、自动程序合成和算法分析等领域也作出了重要贡献。

1979 年，肯尼思·艾弗森(Kenneth E. Iverson，1920—2004)，发明了 APL 语言的加拿大计算机科学家。APL 语言曾经在科学计算、统计分析、财会等领域得到应用，并对后来程序设计语言的发明与改进有重要影响。

1980 年，查尔斯·霍尔(Charles A. R. Hoare，1934—)，在程序设计语言的定义和设计上作出杰出贡献的英国计算机科学家。在数据结构课程中将会学到霍尔设计的快速排序算法——Quicksort，在程序设计课程中将会看到霍尔发明的多条件选择语句——CASE 语句的

使用。

1981年，埃德加·科德(Edgar F. Codd，1923—2003)，关系数据库理论的创立者。虽然数据库技术及产品始于层次数据库和网状数据库，但科德的关系模型及关系数据库理论出现之后，数据库技术和产品才得以快速发展和广泛普及，现在人们使用的数据库管理系统都是关系型的，关系数据库在信息管理领域发挥了非常重要的作用。

1982年，斯蒂芬·库克(Stephen A. Cook，1939—)，NP完全性理论的奠基人。库克在计算复杂性理论，特别是在NP完全性理论研究上有重大贡献，这一领域仍有许多问题需要研究解决。库克获奖时是加拿大多伦多大学教授。

1983年，肯尼思·汤普森(Kenneth L. Thompson，1943—)、丹尼斯·里奇(Dennis M. Ritchie，1941—)，发明C语言和开发UNIX操作系统的关键人物。C及C++是目前应用最为广泛的程序设计语言，UNIX是最流行的操作系统之一。两人因在通用操作系统理论，特别是在实现UNIX操作系统上的贡献而获得图灵奖。

1984年，尼克莱斯·沃思(Niklaus Wirth，1934—)，发明了Pascal语言的瑞士计算机科学家。Pascal语言是一种优秀的结构化程序设计语言，按照Pascal语法规则编写的程序具有良好的结构，Pascal语言能够培养编程人员良好的程序设计风格，在C语言出现之前，曾得到广泛学习和应用。

1985年，理查德·卡普(Richard M. Karp，1935—)，算法理论大师。卡普在算法理论，特别是NP完全性理论上有重要贡献。卡普的研究工作对于解决“组合爆炸”问题有很好的效果，能有效降低问题的复杂性。

1986年，约翰·霍普克洛夫特(John E. Hopcroft，1939—)、罗伯特·陶尔扬(Robert E. Tarjan，1948—)，算法设计与分析领域的开拓者。两人在数据结构和算法分析与设计领域取得了奠基性的成就，提出了在图论研究中有重要影响的深度优先搜索算法。

1987年，约翰·科克(John Cocke，1925—2002)，RISC体系结构的奠基人。科克在计算机体系结构和优化编译器设计上有重要贡献。精简指令集计算机(reduced instruction set computer，RISC)已成为最重要的一种计算机体系结构。

1988年，伊万·萨瑟兰(Ivan E. Sutherland，1938—)，计算机图形学发展的重要推动者。萨瑟兰在读博士期间研发的三维交互式图形系统Sketchpad，极大地促进了计算机图形学的发展，Sketchpad也被称为图形用户接口的先驱。计算机辅助设计(CAD)、虚拟现实和动画制作等都是计算机图形学的用武之地。

1989年，威廉·卡亨(William M. Kahan，1933—)，对浮点计算有重要贡献的加拿大计算机科学家。正是卡亨在浮点计算部件的设计和浮点计算标准的制定上的卓有成效的工作，才使计算机能够进行真正意义上的浮点计算。

1990年，费尔南多·考巴脱(Fernando J. Corbato，1926—)，分时操作系统开发的组织者。考巴脱主持了分时操作系统CTSS和MULTICS的开发，分时操作系统能够使多个用户共享使用同一台计算机，能够有效提高计算机的使用效率和效益。

1991年，罗宾·米尔纳(Robin Milner，1934—)，在计算机科学的多个领域有重要贡献的英国科学家。米尔纳在定理证明、程序验证、并发计算和通信系统演算等多个领域有开创性的研究工作。

1992年，巴特勒·兰普森(Bulter W. Lampson，1943—)，研制个人计算机系统的先驱。兰普森主持了Alto系统的研制，1973年诞生的Alto系统配置有全屏显示器、三按钮鼠标和图

形用户界面，被认为是第一台事实上的个人计算机。

1993 年，尤里斯·哈特马尼斯(Juris Hartmanis，1928—)、理查德·斯特恩斯(Richard E. Stearns，1936—)，计算复杂性理论的主要创立者。两人在前人研究工作基础上的创新性工作，建立了比较完整的计算机复杂性理论体系。

1994 年，爱德华·费根鲍姆(Edward A. Feigenbaum，1936—)、劳伊·雷迪(Raj Reddy，1937—)，设计和构建大型人工智能系统的先驱。两人分别开发的大型人工智能系统，展示了人工智能技术重要的实用价值和潜在的商业影响，极大地推动了人工智能理论和实践的发展。

1995 年，曼纽尔·布卢姆(Manuel Blum，1938—)，计算复杂性理论的主要创立者之一。布卢姆的主要贡献是计算复杂性理论的基础研究以及计算复杂性理论在密码学和程序检测中的应用。

1996 年，阿米尔·伯努利(Amir Pnueli，1941—)，以色列著名计算机科学家。伯努利把时态逻辑引入计算机科学进行程序和系统的验证，为软件工程的发展作出了重要贡献。

1997 年，道格拉斯·恩格尔巴特(Douglas Engelbart，1925—2013)，鼠标器的发明人和超文本研究的先驱。鼠标器的发明和图形界面软件的诞生，使人们对计算机的交互式操作变得非常简单和方便，设想一下，如果没有鼠标，将如何进行上网操作。

1998 年，詹姆斯·格雷(James Gray，1944—2007)，数据库领域事务处理研究和技术实现的开创者。事务处理理论的提出和技术实现有效地解决了大型数据库的安全性、完整性、并发控制和数据恢复等重大问题，保证了多用户对大型数据库的共享使用。

1999 年，弗雷德里克·布鲁克斯(Frederick P. Brooks，1931—)，研制 IBM 360 系列计算机和开发 OS/360 操作系统的负责人。IBM 360 系列计算机是第三代计算机的杰出代表，在计算机发展史上具有重要地位，实现了计算机生产的通用化、系列化和标准化。

2000 年，姚期智(Yao Chi-Chih，1946—)，计算理论领域的杰出科学家。姚期智是第一位获得图灵奖的美籍华人，在计算理论领域(包括基于复杂性的伪随机数生成理论、密码学和通信复杂性等)作出了根本性的贡献。姚期智教授现在清华大学理论计算机科学研究中心工作。

2001 年，奥利·约翰·戴尔(Ole-John J. Dahl，1931—2002)、克利斯登·奈加特(Kristen Nygaard，1926—2002)，发明了面向对象程序设计语言 Simula 的挪威计算机科学家。两人在开发面向对象程序设计语言 Simula Ⅰ 和 Simula 67 时，首次提出的对象、类、子类、继承等概念，对后来面向对象语言的发展有重要影响。

2002 年，罗纳德·利维斯特(Ronald L. Rivest，1947—)、阿迪·沙米尔(Adi Shamir，1952—)、伦纳德·阿德勒曼(Leonard M. Adleman，1945—)，公共密匙算法 RSA 的发明人。在 RSA(Rivest-Shamir-Adleman)算法中，加密密钥和加密算法公开，需要保密的是解密密钥，而通过加密密钥去破解解密密钥是非常困难的。RSA 算法在信息安全领域得到了广泛应用。

2003 年，艾伦·凯(Alan Kay，1940—)，面向对象程序设计思想的创立者之一。是发明面向对象的程序设计语言 Smalltalk 的关键人物。

2004 年，文登·塞夫(Vinton Cerf，1943—)、罗伯特·卡恩(Robert E. Kahn，1938—)，互联网通信协议 TCP/IP 的发明人。正是有了 TCP/IP 协议，才有了互联网的快速发展，使互联网应用成为目前最为普及的计算机应用领域，广泛应用于人们的工作、学习、生活和娱乐中。

2005 年，彼得·诺尔(Peter Naur，1928—)，改进了巴克斯范式和 ALGOL 语言的丹麦计算机科学家。诺尔的主要贡献是：在改进 ALGOL 58 的基础上形成了 ALGOL 60；改进和完善了巴克斯范式，称为巴克斯-诺尔范式。

2006年，弗朗西斯·艾伦(Frances E. Allen，1932—)，编译器优化领域理论与实践的开创者。弗朗西斯·艾伦是第一位获得图灵奖的女科学家，她的成就主要包括编译器的基本原理、代码优化和并行编译等，她不仅提出了许多优化理论和算法，而且还在实际的编译系统中实现了这些优化算法。

2007年，爱德蒙·克拉克(Edmund M. Clarke，1945—)、艾伦·爱默生(Allen Emerson)、约瑟夫·斯发基斯(Joseph Sifakis，1946—)，模型检测的开创者。三人的创造性工作将模型检测发展为软硬件中广泛采用的自动验证技术，是一套用于验证软硬件设计的规范化的方法。Intel研究中心一位副总裁的评价是：英特尔和整个计算机工业都从他们的贡献中直接获益。

2008年，芭芭拉·利斯科夫(Barbara Liskov，1939—)，程序设计语言领域的创新者。芭芭拉·利斯科夫是美国的第一位计算机科学女博士，第二位获得图灵奖的女科学家。她的创新性工作为目前流行的面向对象语言(C++、Java、C#等)奠定了重要基础。

2009年，查尔斯·萨克尔(Charles Thacker，1943—)，第一款现代PC的设计与实现者。萨克尔被誉为现代个人电脑之父，1974年发明了第一台现代个人计算机Xerox Alto，为PC机产业奠定了基础。

2010年，莱斯利·瓦伦特(Leslie Valiant，1949—)，对众多计算理论做出变革性贡献。瓦伦特的主要贡献之一是PAC模型(probably approximately correct，概率近似正确)，该模型可有效解决信息分类问题，对机器学习、人工智能等领域都产生了重要影响。

2011年，朱迪亚·珀尔(Judea Pearl，1936—)，通过概率论和因果推理在人工智能领域作出根本性贡献。珀尔是最早将贝叶斯网络和概率方法引入人工智能的先锋之一，也是在经验科学中数学化因果模型的先锋。他的研究为语音识别和无人驾驶汽车奠定了基础。

2012年，莎菲·歌德瓦尔赛(Shafi Goldwasser，1958—)、希尔维奥·米卡利(Silvio Micali，1954—)，在密码学和复杂理论领域做出开创性工作。两位教授开创了可证明安全性领域的先河，奠定了现代密码学理论的数学基础，其研究成果广泛应用于通信协议、网上交易和云计算等领域。