



计算机纵横谈

孙懋琮 孙健 纪素玲 编著



山东大学出版社

科学金钥匙

计算机纵横谈

孙懋琮 孙健 纪素玲 编著

山东大学出版社

走入计算机的世界

计算机日益广泛普及，改变了人类社会生活的面貌，计算机类图书也如雨后春笋，纷纷涌现。这本《计算机纵横谈》是科普读物，不介绍复杂的计算机原理或是操作技巧，只介绍计算机的发展与应用。其目的是让青少年朋友和其他对计算机感兴趣的读者走入计算机的世界，了解计算机的历史、未来及其广大的神通，认识它对生活和社会进步的重要作用，从而培养科学的精神和对计算机的爱好。

这本书共分为四篇。历史篇，主要回顾了从古代的原始计算方法到现代计算机的问世，人类如何一步步革新计算器具，力求脉络清晰；应用篇，广泛选择了社会上计算机应用中有代表意义的种种侧面，力求内容翔实；发展篇，我们和读者一起探讨了计算机在当代的主要发展趋势，力求条理分明；未来篇，我们以简明的语言展望那些原理复杂但具有革命性功能新型计算机，力求深入浅出。这中间，我们除了参考大量的资料外，还不断搜集当

前计算机研究的最新成果，不断加入最新信息，以求内容新颖。考虑到本书为科普读物，我们抛弃了全部数学公式，没有使用任何令人望而生畏的专业术语，以求通俗易懂。希望读者在读完这本书后对计算机产生更深的爱好，这是我们最大的心愿。

计算机知识博大精深，这本书又是在仓促中完成的，偏颇之处，在所难免，恳请读者予以批评指正。

作 者

1998 年 5 月

目 录

1. 历史篇	(1)
1.1 从远古走来的计算工具	(1)
1.2 五光十色的机械计算机	(6)
1.3 应运而生的电子计算机	(10)
1.4 步入社会的商业计算机	(14)
1.5 高歌猛进的四代计算机	(17)
1.6 新颖独特的计算机产业	(21)
2. 应用篇	(25)
2.1 工业控制称行家	(25)
2.2 飞入寻常百姓家	(29)
2.3 数据处理建奇功	(33)
2.4 电子医生诊病忙	(37)
2.5 信息领域显神通	(45)
2.6 教育有方 训练有术	(52)
2.7 艺术大师 设计专家	(56)
2.8 战争枢纽 突击尖兵	(61)

2.9 一卡在手 走遍天下.....	(65)
3. 发展篇	(72)
3.1 巨无霸的非凡本领.....	(72)
3.2 小小微机大有作为.....	(76)
3.3 架起光与电的天网.....	(82)
3.4 电脑与人脑.....	(90)
3.5 问题与对策	(102)
4. 未来篇	(110)
4.1 电子计算机	(110)
4.2 量子计算机	(113)
4.3 蛋白质计算机	(119)
4.4 神经计算机	(128)

1. 历史篇

人类社会发展的历史

人类社会发展的历史，就是征服自然、改造自然的历史。从远古到现在，人类制造石斧、木棍作为生产、生活的工具，后来又出现了铲、锹，直到当今的挖掘机、起重机，改造环境的能力大为提高；从手推车到汽车，负重的能力大为提高；从自行车到飞机，活动的的能力大为提高。这些，都是借助机械完成人的体力难以达到的工作。那么，是否也能够借助于机器去完成人的智力中难以完成的工作呢？答案是肯定的。从开始制造劳动工具的时候，人类就已经在考虑这个问题了。

1.1 从远古走来的计算工具

1.1.1 天然的计算工具

历史上，人类曾经利用各种各样的工具来帮助计数、计算。最早的计算工具之一是人本身的天然计算器——手指。即使今天，儿童认识数字仍然要用到它们。几乎百分之百的人在最初学习 1~10 这 10 个数字时都是掰着手指数出来的。我们的祖先也是从这

里认识了数字。这种计数方法极为简单，也很准确，弱点是对于稍大一点的数目就无能为力。古罗马和古巴比伦曾发明过一些计数方法，如利用手指的关节和弯曲来表示大一点的数字。但这不仅不精确，而且仍摆脱不了另一大弱点：只能短暂地显示计算结果，无法记录下来。我们无法想像自己的手指一天到晚地比划着一个数字而不做任何其他事情。所以，人类需要寻找自身以外的东西代替手指记数的功用。

最容易找到的替代品也是大自然提供的。在人类改造自然的能力还很弱的时候，只有求助于身边信手可得的東西——石子、树枝。这些东西看上去也很简单，但意义却非同寻常：人类要提高智力水平，拓展思维空间，就必须把思维过程的某些方面、某些环节用外物来代替。就是这种并不先进的做法，帮助人类进行记忆，使人的智力在某些方面得到了解放，真正驾驭了数字。除了石子、木棍，还有一种古老的计数方法：结绳，即用绳子上打的结来表示数字。据说，古代波斯王大流士派兵进攻斯基泰人时，曾授予留守的士兵一条结有 60 个结的绳子，命令他们每天解开一个，直到全部解完，就可以回家了。以上这些做法迈出了提高智力的第一步。在计算中，人们也意识到这些不加任何雕琢的天然物品太不规范，不能适应复杂的计算问题，必须转而研制较为科学的计数、计算工具。

1.1.2 算筹与筹算法

这时算筹出现了。中国的算筹是用竹、木或其他材料（比如骨）制成的小细条。使用算筹进行数值运算，称为筹算法。算筹的最大进步在于设定了数字表示法。一根小木条表示 1，但并不是说要用 10 根木条才能表示 10。事实上，4 以下的数字是用木条的数目表示，而到了 5，则将木条摆放的方向旋转 90 度，从而又用一根木条表示了 5。算筹还有位数之分。孙子在谈到算筹记数时

说：“凡算之法，先识其位。一从十横，百立千僵，千十相望，万百相当。”意思是说，计算时要先了解位数。个位是竖着摆，十位是横着摆，百位又是竖着摆，千位又是横着摆，千位与十位相同，万位与百位相同。这样，表示1、2、3等，只要竖着摆上相应的木条数即可；而到了6、7、8等，则是将一根木条转90度（即横过来）表示5，再加上下方竖摆着的1、2、3根木条来表示即成。到了十位，则是用横摆的1、2、3根木条来表示10、20、30等；而到了60、70、80等，则要先将一根转动90度（即竖起来）表示50，再加上下方横摆的1、2、3根木条来表示。图1—1给出了算筹记数的三个例子。这样，即使是很大的数目，也可以通过在不同位数上摆放不同数目、不同方向的木条来表示，并且可以精确到小数点以后若干位。筹算中的加减可以通过算筹的简单变化体现出来。对于复杂的乘除运算，人们在实践中创造了运算口诀，使它们的变化容易掌握。后来还出现了平方、开方等更为复杂的运算口诀。那时，人类的算术水平已经达到了相当高的程度。算筹最早出现于春秋时代，直到明代才完全为珠算所代替。

西方的筹码也是一种小木条，但与中国的有所不同。它们形状多样，有方的，有长方的，有圆的，分别用于不同目的：有的用来计算日期，有的用来计算产量，有的用来计算债务关系。西方筹码记录的数字主要通过刀刻的痕迹来表示，刀痕的深浅可以表示不同大小的数目。也有的把刀痕留在木条不同的侧面表示数目大小。还有的地方创造出不同形状的刻法，如直线、斜线、交叉线等，以区别不同的数目，也可以用来表示不同的使用目的。对比中外对于算筹的使用，我们可以发现，在算术方面古代中国远比外国先进——中国的算筹已发展为运算工具，而西方的筹码主要还停留在记录数字方面。当然，西方的筹码还发展成了具有各种各样功用的凭证：有的表示时间，有的表示货币，还有一种用来表示债务——在筹码上标明债务数目的大小，然后一分为二，分

别由债权人和债务人保管，结账时将两半筹码对起来，用来表明数字的刀痕应当吻合。西方的个别地区也发现过一些结构相当复杂的筹码可以进行简单的运算，但总起来比中国的筹算落后得多。

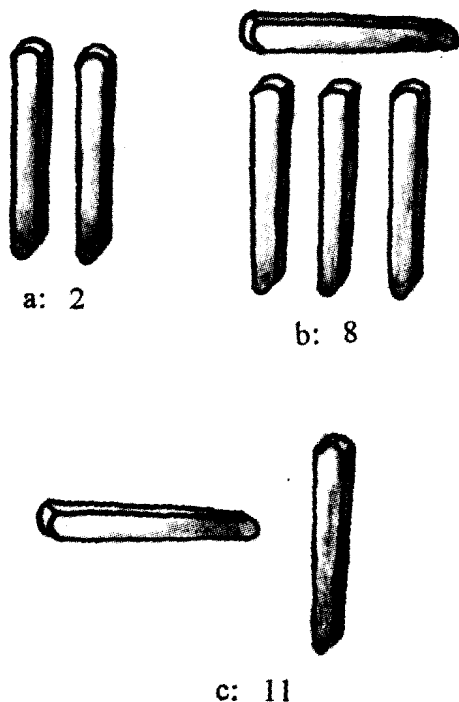


图 1—1 算筹记数

然而，中国的筹算也仍有不少弱点：大量的算筹移动不便，在使用时也难以避免摆放过程中木棍位置滑动造成计算结果错误。因此，计算工具的下一个主要发展方向就是要更加规范。

1.1.3 广泛使用的算盘

如果说筹算方面中国还只是稍稍领先的话，算盘的出现则是中国在计算工具改良上对世界的杰出贡献。

早期的算盘并不分成上下两个部分，而是将每一行分成 10 格，依次表示 9 到 0 这 10 个大小不等的数字。后来用黄黑两种不同颜色区别 0~4 和 5~9 两组数字，使算盘的尺寸减少了一半，每行只需 5 格就足够了。再后来，到了中唐时代（公元 10 世纪左右），算盘基本形成了现在的模式：中间以梁分成上下两部分，上方两个珠，每个表示 5，下方 5 个珠，每个表示 1，如图 1—2 所示。算盘先后传到了朝鲜、日本、东南亚、欧洲等地，在基本原理不变的同时形式上发生了少许变化。比如到了日本，梁上方只保留了一个算盘珠；而到了欧洲，算盘珠的运动方向由上下变成了左右，如图 1—3 所示。今天初级数学课上使用的算术显示器也是一种左右方向拨动的算盘。

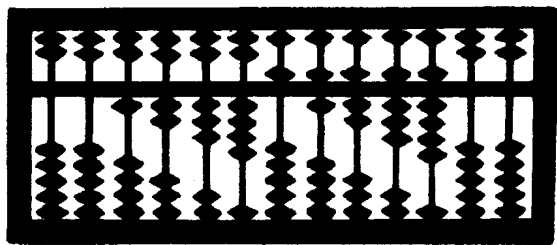


图 1—2 中国的算盘

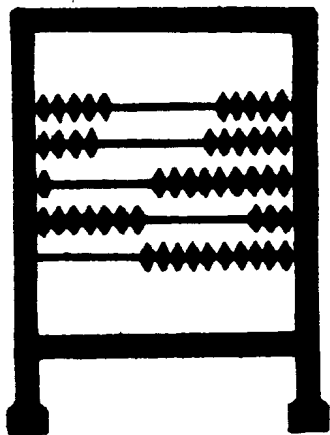


图 1—3 欧洲的算盘

1.2 五光十色的机械计算机

科学的发展是与思想的进步密切相联的。算盘的运算可谓精密，但每一个步骤都依赖于人手的操作。向机械过渡的思想正是由哲学家首先提出来的。欧洲中世纪的哲学家以及神学家最早寄希望于机械帮助完成人脑的部分功能，从一些基本条件出发，按简单、固定的法则推出一定的结论。在这种思路的启迪下，17 世纪科学家就开始研制机械传动的计算机了。

用机械进行运算，听起来似乎荒唐，实则不难理解。加减的原理是通过齿轮上相应数量的齿数转动来实现的。每一个齿都对应着一个数字，在表示不同位数的齿轮间进行连接的则是一个特殊的齿轮：这个齿轮只有一个齿。这样，表示较低位数的齿轮转

动一圈（数目增减量为 10）时，表示较高位数的齿轮才转动一个齿（也就是数目增减量为 1），从而实现逢十进一的计算原则。

1.2.1 早期的机械计算机——帕斯卡机和莱布尼茨机

历史上第一台机械式计算机是由德国数学家谢卡尔制造的。1623 年至 1624 年间，他给好友天文学家开卜勒写信，阐述了这种计算机的原理，画出了图形并作了说明。这台机器不仅可以进行加减，还可以进行乘除，是 6 位数的。

另一位制造早期机械计算机的杰出人物是法国数学家和物理学家布莱斯·帕斯卡。帕斯卡的科学贡献有很多。他在数学上首次提出并完善了数学归纳法。他的帕斯卡定理是投影几何学的基本定理。在气压研究方面，他发现空气密度随着高度增加而减少，并且空气温度和湿度的变化可以在气压计上体现出来，由此可以用气压来预报天气，他的名字成为大气压强的单位。用于运算的帕斯卡计算机外形是一只黄铜盒子，只能进行加减，不能乘除，实际上是一个加法机。它的设计主要是用于交易中账目的结算，所以不是十进位的。有的位数上是 20 进位，有的则是 12 进位，与当时货币体系完全一致，一共有 6~8 位。首台帕斯卡机的出现是在 1642 年，他自己对这台机器并不感到满意，直到 3 年后改进的机型问世，帕斯卡机才基本定型。

历史上，帕斯卡机的名声比在它之前由谢卡尔发明的计算机显赫得多。这一方面是因为帕斯卡在科学史上的地位远远超过谢卡尔；另一方面的原因是法国皇家为帕斯卡机授予了专利权，并且在当时造成了相当的轰动，以至于成为诗歌和故事所表现的内容，在卢森堡宫展出时它受到了广泛的注目。

此后，众多的科学家为计算机耗费了大量心血。与牛顿同时创立微积分的德国数学家莱布尼茨发明了梯形轴，第一次使齿轮带有可变齿数。他还将机械分成固定的和转动的两部分。以后，绝

大多数演算机都沿用了这一思路。

以上的这些机器，包括在这之后出现的汗思机、托马斯机等都不很完善。首先它们太复杂、太昂贵，并且经常损坏，需要维修，有的由于难以维修，所以一出故障即告报废；此外，它们使用不方便，速度慢。19 世纪，计算机朝着速度快、便于使用的方向发展，同时也出现了固定用于特定目的、结构简单、价格低廉的机器。

1.2.2 当今计算机的原型——差分机和解析机

机械计算机发展史上，有一位不可不提到的人物：巴贝奇。以前的计算机有一个共同特点：每一个步骤都要借助于人手的操作完成。巴贝奇这位杰出的数学家，却提出让机器不仅能完成一次操作的要求，还能执行预先设定好的完整的计算程序。他的这种想法源自普罗尼的改革。法国政府在确定“米”等一系列标准单位时，曾一度想把圆周由 360 度变成 400 度。这样一来，像三角函数等大量数学表需要重新编制。这是一项浩大的工程，单靠几个杰出数学家在短时间内完成是难以想像的。普罗尼改变了原先两部分人分别计算互相验证结果的工作思路，而分设了三个组。位于塔尖的数学家将任务分解，位于中层的数学工作者根据每个部分的公式编成一步步的算法，而最下面的工作人员只管运算。这些基础运算非常简单，因而可以调动大量的非专业人员参与。他们不需要问为什么，只需要报结果。这种管理方式使庞大的工作在短时间内高质量地完成了。由此，巴贝奇提出让机器完成那种并不需要思维而只需要不停运算的基础工作。这种机器被称为差分机，其最大优点在于可以不知疲倦地反复进行简单计算。事实上，巴贝奇经过了 10 年探索才在 1822 年制成了第一台可以运算 5 位数字、有 3 个寄存器的小差分机。即使是这台小差分机，也是令巴贝奇为之呕心沥血。由于这台机械结构非常复杂，巴贝奇不

得不自己动手来做某些零部件，甚至于为了造这些零部件还要自己动手来制作一些机器。之后，在伦敦皇家协会的帮助和政府的资助下，他又开始制作一台能处理 20 位数的大得多的差分机。巴贝奇曾以为再花上两三年功夫，用几千英镑即可大功告成。然而，十多年时间过去了，政府的 17000 英镑用尽了，他自己又投入了 13000 英镑，这种差分机也未能造成。直到 1853 年，它才由瑞典的乔治·舒茨制造成功。

巴贝奇虽然没有完成新型差分机，但在制造过程中却得到了新的思路，并把这一机型称之为解析机。解析机的设计受到了当时先进织布设备的启发。法国纺织工人雅各尔制造了大量穿孔卡片，来控制织布机织出复杂的图案。这一成功可以算得上是机器控制技术的一次革命：利用带孔的卡片或纸带就可以使机器精密地完成一系列的运动。机械计算机也可以根据这一原理按带孔卡片的指令顺序进行连续的运算。巴贝奇将解析机分成三个部分，一部分用来保存数字信息，另一部分可以进行各种运算，还有一部分专门控制操作、选择数据、输出结果。这三个部分相当于今天计算机的存储器、运算器和控制器。所以，巴贝奇的解析机已经成功地解决了计算机的理论架构问题。当今的计算机以电子设备代替了机械设备，却并未动摇其基本观点。

此后，机械式计算机经历了进一步的发展。俄国的奥德纳使用可变齿轮代替梯形轴，计算机的体积大为缩小；随后又引入了数字式键盘，制成了打字与计算一体化的计算机。然而，这种种计算机的动力都是用手来摇动转把，不仅费力，而且由于人的力量有限，运算速度不可能太快。这些形式各异、大小不同的计算器械虽然称为机器，但它们只是替代人手完成类似拨算盘珠的工作，因而任何一种机械式计算机，包括 20 世纪前期还在使用的那些大大完善了了的机型，都难以匹敌熟练的算盘使用者。这是因为，人的手指远比那些机械装置灵巧，涉及进位时更是如此。这种状

况一直维持到 20 世纪中叶第一台电子计算机的出现。当电作为新能源登上历史舞台改变人类生活时，它也改变了计算机发展的历程。

1.3 应运而生的电子计算机

科学的突破不是横空出世、孤立人间的，一项科技进步往往存在于时代的大发展中。

17 世纪创制机械式计算机，并非那个时代唯一的科技进展。恰恰相反，牛顿经典力学的奠基，微积分的创立，地心说的推翻，天文、物理学上的种种重大发现，使那个时代成为科技全面突破的时代。

19 世纪、20 世纪之交，电和相关的电灯、电话、留声机等电器设备相继发明和应用，其他科学方面的新突破也接踵而至。首先是爱因斯坦提出了相对论，创立了研究微观世界的光量子说；紧接着是无线电波的发现，从而创立了无线电电子学这一全新学科；1883 年爱迪生发现了热电子放射现象，3 年之后，德国物理学家布朗研制出了电子射线管。到 1904 年，英国人富列明首先将电子二极管用在无线电报接收器中检波，并获得了专利；仅过了两年，又发明了电子三极管。这些电子技术的快速发展为计算技术改革创造了条件。

1.3.1 机电计算机

早期使用电的计算机并非电子计算机，而是机电计算机。它采用的主要器件是继电器。继电器可以在电磁作用下控制电路的通断，起自动开关作用，计算上分别用来表示 0 和 1。因而，机电计算机是二进位的。

第一台机电计算机是德国年青的工程师朱斯制作的。1938年,他曾设计制造了一台全由机械组成的Z—1机,结果机器速度慢,还常出问题,这使他下决心采用继电器。在德国空军研究机构的经济支持下,朱斯于1941年制成了Z—3机,这是真正的第一台通用程序控制机电计算机。整机用了2600只继电器,全部运算采用浮点二进制。可惜这台机器毁于1944年的轰炸。后来他加以改进,制出了Z—4机,直到20世纪50年代末,法国国防部还在使用这种比较可靠的计算机。

几乎同时,美国哈佛大学研究生艾肯也提出用电器元件制造程序控制计算机,并在1939年得到了美国国际商用机器公司的支持和配合。他们的作品叫MARK—I,于1944年问世。MARK—I在结构上仍使用机械装置,只是部分采用了继电器,因而比Z—3机略显逊色,但它还是在哈佛大学使用了15年。正是这些机电式计算机,实现了前人巴贝奇的设计思想。

科学技术的发展对计算的需求愈来愈迫切。我们知道,天气预报的准确性很大程度上依赖于对极大量的数据进行快速处理,航空、航天等事业的发展很大程度上也取决于计算能力。机电式计算机虽说比机械式的前进了一大步,但比起使用电子元件的计算机,则是小巫见大巫了。

由于电子运动速度非常快,电信符号的传递异常迅速,因而使用电子元件可以使运算速度大为提高,可靠性也大为增强,避免了机械式计算机的种种失误。譬如,齿轮多次连续传递会“忙中出错”,有时碰巧会停在两齿中间等等。

1.3.2 第一台电子计算机——恩尼亚克

众所周知,世界上第一台电子计算机是1946年在美国宾夕法尼亚大学莫尔电器学院制成的恩尼亚克(ENIAC)。然而它的研制者莫希莱和埃克特却未能获得专利权。1973年美国法院判定约