
电子图书
信息技术的结晶
人类文明的载体
网络的基本资源

电 脑 先 驱 者 的 足 迹
（上卷）计算机史

第一章　早期的计算工具

一、算筹与算盘

全世界都公认，在世界计算工具的早期发展史上，东方的炎黄子孙所作出的贡献尤为突出。难怪有人说：“在古老计算工具的宝库中，最古老的藏品属于古老的中国。”

早在商代，中国就开始使用十进制记数法了，领先世界长达一千余年。

周朝，算筹问世了。算筹是中国独特的一种计算工具。算筹是一种竹制、木制或骨制的小棍，在棍上刻有数字。把算筹放在地面或盘中，就可以一边摆弄小棍，一边进行运算，“运筹帷幄”中的“运筹”就是指移动筹棍，当然运筹还含有筹划的意思。

用筹进行计算（筹算）很方便，在古代中国使用得也很普遍，秦始皇及张良等政治家都亲自进行过布筹计算。

算筹是当时世界上最先进的一种计算工具。筹算使我国数学家创造出了卓越的数学成果，使我国古代数学曾长期处于世界领先地位。

筹算的规则得到了发展，同时算筹本身的缺点也暴露出来了。为了便于使用，人们尽管对算筹作了改进，把它从圆柱形变为方形，但形式上的一些改良，仍不能适应运算步骤的发展，念歌诀摆弄算筹时，往往能“得心”但不“应手”，特别是当计算较为复杂时，算筹摆弄既不方便又会弄得十分繁乱，因此这种计算工具到非改革不可的时候了。

算筹最终被新一代计算工具——珠算盘取代了。

在人类以往所用过的计算工具中，珠算盘是一种既古老，又仍充满青春活力的计算装置。

在世界文明的四大发源地，即黄河流域、印度河流域、尼罗河流域及幼发拉底河流域，都曾经出现过形式各异的“算盘”。但沿用至今的，却只有这一种“珠算盘”了，这种计算工具目前在我国及亚洲一些国家仍然较为流行。

珠算盘是计算工具史上的第一项重大变革。它最早可能萌芽于汉代，到南北朝时已定型。

珠算是由算筹演变而来的。在筹算时，上面每一根筹当五，下面每一根筹当一，这与珠算盘上档一珠当五，下档每一珠当一完全一致，由于在打算盘时，会遇到某位数字等于或超过十的情况，所以珠算盘采用上二珠下五珠的形式。珠算利用进位制记数，通过拨动算珠进行运算，而且算盘本身能存贮数字，因此可以边算边记录结果。打算盘的人，只要熟记运算口诀，就能迅速算出结果，进行加减比用电子计算器还快。

由于珠算盘结构简单，操作方便迅速，价格低廉又便于携带，在我国的经济生活中长期发挥着重大作用，并盛行不衰，在电子计算器出现以前，是我国最受欢迎、使用最普遍的一种计算工具。

在电子计算器日益普及的今天，美国、日本等国有远见的数学教育家，念念不忘中国的珠算盘，在不少地方的小学开设了珠算课。他们认为，算盘不仅是一种计算工具，还是开发儿童智力的教具。打算盘时既动手指又动脑，能促进儿童思维能力的发展。

现在，合珠算盘与电子计算器于一体的电子算盘也早已问世，古老的算

盘，在现代社会的发展中，仍在继续发挥它应有的作用。在计算工具的大千世界里，算盘这一中国古老的算具，仍占有一席之地。

二、铺地锦与纳皮尔算筹

1617 年，因首先提出对数概念闻名的英国数学家纳皮尔在他所著的一本书中，介绍过一种计算工具，后来人们把它称为纳皮尔算筹。它是根据一种称为“格子乘法”的原理制成的。

“格了乘法”是用笔算进行乘法时使用的一种方法。它又称为“写算”，据说最早起源于印度，后来传到中亚细亚，到 15 世纪传到我国，由于格子及斜线组成的图象犹如织锦，在中文书中亦称为“铺地锦”。

后人对纳皮尔算筹在各方面加以改进，例如 1668 年，德国一位信仰基督都的数学家加斯帕特·朔特，为了便于使用，提出采用刻有数字的圆柱形棍来代替棒形的纳皮尔算筹。据说他就是把纳皮尔算筹传到中国的两名基督教徒之一。

我国清朝康熙年间，制造过一些筹式计算机，在它们的圆柱形筹滚上、贴有用象牙制的中式纳皮尔算筹，筹上每一竖行的数字，正好能从一个矩形孔中露出来。看来，这种圆柱形筹滚，与朔特的圆柱形筹棍有异曲同工的作用。

纳皮尔发明（纳皮尔）算筹的目的，是使乘法、开平方、开立方，甚至一些三角计算实现机械化。在很长一段时间里，一些国家把它作为一种计算工具，许多学者多次加以改进。后来奥特雷德研究出更加方便、实用的计算工具——计算尺，纳皮尔算筹就逐渐被人冷落了。

当纳皮尔算筹刚流传到我国时，曾引起过一些学者的兴趣，还有人使用过并进行了研究。但是由于它操作起来不如算盘方便，因此，在中国广泛流行的计算工具，仍然是算盘。

三、对数与计算尺

15 世纪以来，随着经济、贸易事业的发展，及金融业和航运业的繁荣，需要进行大量、繁重的复杂计算，这就迫切需要改进数字计算的方法。

许多数学家还曾设法创造先进的计算装置，来完成令人烦恼的计算任务。

那时大量的计算问题，与天文、航海和占星术有关，这些问题促使 16 世纪的许多数学家，专心致力于三角学的研究。

苏格兰数学家纳皮尔，在探索新计算方法方面取得了引人注目的成就。这就是，在 1614 年他提出了对数概念，并发表了一个对数表。

1614 年，纳皮尔的著作的《奇妙对数表的说明书》出版了，书上发表了对数概念，公布了由他编制的正弦函数的对数表。

除了纳皮尔之外，还有其他学者也提出过对数概念，例如瑞士的数学家、天文学家比尔吉，也曾独立发现了对数，时间也许还早于纳皮尔，可惜他迟于 1620 年发表，而那时纳皮尔早已因提出对数慨念，在欧洲名噪一时了。

对数表对当时科学的冲击，就如同电子计算机对现代科技的冲击一样。对数与电子计算机有类似的作用，能大大简化例行的计算，从而使人们在进

行计算时所花费的大量繁琐、重复的劳动大大减轻。

纳皮尔发表对数概念后，立即引起了伦敦格雷沙姆学院数学教授布里格斯的重视。他最先意识到对数是一个非常重要的概念。1616 年，他专程前往苏格兰，拜访纳皮尔，并向纳皮尔建议改用以十为底的“ 常用对数 ”，以便于计算。

不幸在第二年纳皮尔溘然长逝，于是年过半百的布里格斯，竭尽晚年的全部精力，独自编制出从 1 到 2 万，从 9 万到 10 万的十位常用对数表，并于 1624 年公开发表。

布里格斯的工作，很自然地引起同校一位同事冈特的兴趣。冈特是一位非常注重实际应用的数学、天文学教授。

冈特 1581 年生于英国哈福德郡，1605 年在牛津大学获得硕士学位，1619 年在格雷沙姆学院任教授。

冈特对天文、航海和日晷制造等感兴趣，这些领域都需要大量的三角计算。由于布里格斯所编制的对数表还不能满足需要，于是冈特亲自完成相隔为（角度）一分的七位正弦对数表和正切对数表，并于 1620 年出版。这本数表的问世，使在进行与航海有关的三角计算时，工作量大大减少。

冈特早年还研制过计算装置，当时常用的一种计算装置是比例规，他曾为改进这种装置的主要设计作出过努力。

比例规是利用比例线段及比例规的尺身上的各种刻度，进行乘除、求比例中项、开方、开立方等运算的一种数学仪器，外形同两脚规相仿。

冈特经常用两脚规在比例规上测量长度，这些经验促使他萌发出对数进行相加的一种革新办法。1621 年，他在一根长约 60 厘米的木尺上，标上对数刻度（对数坐标纸上所用的就是这种刻度）制造出第一把对数刻度尺。冈特是这种刻度尺的首创者，因此后人把它称为冈特尺。利用两脚规，就可以在冈特尺上实现对数的加减，从而实现数的乘除了。使用冈特尺，给数的乘除带来了方便。这样既可免去查对数表的手续，又能够不用花时间口算来作加减。他的这种巧妙方法很快传遍了英伦三岛。由于数学家温盖特（1596—1656）的宣传，而闻名于全欧洲。

奥特雷德（约 1574—1660）是英国当时第一流的数学家。他在剑桥大学毕业后，先后担任过牧师、主教等宗教职务，但是他只顾钻研数学，几乎把可以利用的全部时间都花在数学上了，有时甚至一个晚上只睡两、三个小时。

按现在的说法，奥特雷德应该算是一位基础数学家。他虽然不大重视计算，但对当时流行的数学仪器却很熟悉。在 1610 年他访问过布里格斯。他还与冈特会见，并同冈特一起对数学仪器进行过仔细的探讨。1631 年，他编写了一本后来广为流传的算术和代数教科书，书中首先倡导用“ × ”作为乘号，并一直沿用至今。

奥特雷德了解，在使用冈特的对数刻度尺进行乘法时，刻度尺上的长度要用一把两脚规去测量。不久之后，在 1621 年的一天，奥特雷德突然萌发起一个念头，要是做出两根对数刻度尺，让它们相互滑动，不就省得用两脚规去一一度量了吗！于是使乘除计算实现“ 机械化 ”的直尺型计算尺就这样问世了。以后，他又灵机一动，想出另一种办法：做两个圆盘，一个比另一个稍大些，再沿每个圆盘的边缘标上对数刻度，在圆心处把它们固定起来，然后让它们相互转动，这样也能取得与两根相互滑动的，直线形对数刻度尺同样的效果。

需要全本请访问 www.ertongbook.com

但是这位热衷于纯理论的数学家，对数学仪器不屑一顾，认为公开去说明怎样把冈特的对数刻度尺改进为计算尺，费时又费力，是不值得的。然而，他却把自己的想法透露给自己的一个学生德拉曼。

在 1630 年，奥特雷德的另一名学生福斯特偶尔提起，在使用冈特的对数刻度尺时，为了达到高的精确度，他曾改用一根长约 2 米的刻度尺，这样测量长度就得选用长脚规了。

奥特雷德建议，只要改用两根彼此滑动的对数刻度尺，就可以不用长脚规了。奥特雷德还向这个学生展示了自己在 1622 年发明的“比例圆”，——一种在圆盘的一个个同心圆上，刻有对数刻度的数学仪器。

福斯特觉得老师的这些设想和发明很有价值，恳切请求老师发表这些发明，但是奥特雷德觉得，对于一个真心搞数学的人来说，重要的是研究数学理论，为这些雕虫小技去费心是不值得的。因此最初他并不理会福斯特的请求。但是在 1632 年他听说，学生德拉曼发表了著作，并在书中自为圆盘形计算尺发明者的时候，奥特雷德才决定公开自己的发明，他正式利用两根相互平行滑动的对数刻度尺做出了能进行计算的装置，这就是计算尺的雏形。奥特雷德还要福斯特把自己所写的拉丁文著作译成英文，以便能让书中的内容更广泛地传播。

以发明蒸汽机闻名于世的瓦特，在 18 世纪末期成功地制造出一把名符其实的计算尺。他原来是一名仪器匠，精通在仪表上准确标示刻度的技术。他在蒸汽机工厂投产后，迫切需要一种计算装置，来迅速算出蒸汽机的功率和气缸体积。

当他设计计算尺时，在尺座上增加了一个滑标，以便用来“存贮”计算的中间结果，使计算更迅速、更方便。他所发明的这种滑标，长久地为后人沿用。由于瓦特的刻度十分准确，因此其他制造厂纷纷要求瓦特为他们复制。为此瓦特曾有过几年从事计算尺生产的经历。

计算尺的制造业，到 1850 年才迅速发展。当时 19 岁的法国炮兵军官曼海姆设计出一种很简单的，类似于瓦特所设计的单面计算尺。曼海姆所作的改进，是增加了可移动的双侧滑标，成为后来流行计算尺的不可缺少的部件，它使相当复杂的计算，在一把做工精巧的计算尺上就能很方便地完成。曼海姆的这种设计，曾被法国炮兵选定为计算尺的规范。几年之后，曼海姆式的样尺已流传到国外好几个国家。在欧洲流行了较长一段时间后，直到 1888 年才传入北美，此后才逐步在北美流行起来，但到 1901 年，美国普及计算尺的工科院校仍然只有一半。此后，许多不同型号的计算尺，由一些工厂制造出来。其中最重大的进展，是在 1891 年开始使用双面标尺，计算尺最终具有了后来流行的形式。后来尽管计算尺的构造再也没有发生什么改变，但标尺的数量却与日俱增。质量上乘的计算尺，竟发展到备有 18 至 20 条不同的标尺。这种计算尺两面都能使用，滑尺也可以更换或翻过来使用，非常灵活，经过组合能实现更多的功能，各种专用计算尺也层出不穷地涌现。

有人为了提高计算尺的精确度，甚至还改变了计算尺的模样。他们把对数刻度等刻在圆柱体上，或螺旋线上。1879 年，英国发明家富勒试制出一咱具有螺旋状刻度的圆柱形计算尺，后来人们把它称为富勒计算尺。这种能握在手中的计算尺，虽然体积不大，但相当于一把尺身为 25 米的直尺形标准计算尺，精确度可达到 4 位，有时甚至高达 5 位。

进入 20 世纪后，计算尺曾经被看作为是 20 世纪技术进步的一种象征。

在 20 世纪上半叶，它是工程师必不可少，随身携带的一种计算工具，还曾是 50 年代、60 年代工科大学生身份的一种标志，不过它只是一种短暂的标志。因为，当 70 年代中叶袖珍电子计算器出现之后，计算尺的身价就一落千丈了。

计算工具有两种，一种是模拟式，即通过长度、面积、电流强度等物理量来表示数值，因此它的准确度依赖于模拟物理量的精确度。另一种是数字式，即以数字表示数值，因此它的准确度取决于计算工具所能处理数字的数量。计算尺属于前面那种，是一种模拟计算装置；而算盘则属于后面那种，它是一种数字计算工具。

模拟计算装置，由于在通用性和精度方面有很大的局限性，最终必然被数字计算装置取代。20 世纪中叶，数字计算机取代了模拟计算机。最终，计算尺也未能逃脱被电子计算器取代的命运。

四、税务官之子的杰作

首先成功地利用齿轮传动原理，实现加法运算的计算机，是由法国科学家帕斯卡研制成的加法机。

帕斯卡 1623 年生于法国克莱蒙费朗。他的父亲是一名税务官，而且博学多才，与当时著名的物理学家、数学家联系很密切。

由于父亲的悉心指导，帕斯卡的才能很早就显示出来了，他 16 岁就写出了一本名为《圆锥曲线论》的书。此后在数学、流体力学等很多领域中又作出了重大的理论贡献，流体力学中著名的帕斯卡定律就是由他首先提出来的。

帕斯卡还在计算工具的改革上作出了重要的贡献。1640 年，他的父亲继续担任税务方面的职务，计算税款的工作十分繁重，为了减轻父亲在计算上的辛劳，他决心研制出计算机来报答父亲的养育之恩。在 1642 年，即他 19 岁时，世界上第一台机械式数字计算机——加法机设计出来了。帕斯卡为了制作这台机器，总共花了三年时间，到 1645 年才完工。在研制过程中，他夜以继日地埋头苦干，以致使他的健康过早地受到了损害。

这台加法机的外壳是一个不大的黄铜盒子，内部是齿轮传动装置，通过手工操作，能进行加减运算。

这种加法机是怎样进行加法运算的呢？原来，机器中有一组轮子，在每个轮子上各自刻着从 0 到 9 的 10 个数字。右边第一个轮子上的数字表示个位数字，第二个轮子上的数字表示十位数字……依此类推，在两数相加时，先在加法机的轮子上拨出第一个数，再按照第二个数在相应的轮子上转动对应的数字，最后就会得到这两个数的和，如果某一位两个数字之和超过了 10，加法机就会自动地通过齿轮进位，计算所得的结果在加法机面板上的读数窗上显示，计算完毕要把轮了逐个恢复到零位。

帕斯卡的加法机，虽然只能做简单的加、减运算，但是这一项发明当时却在法国国内引起了轰动。在机器展出时，前往卢森堡宫参观的人川流不息，观众异口同声地称赞这位文武双全、年轻有为的科学家的杰作。法国为帕斯卡的这项发明而自豪，这种加法机的五台样机，至今仍保存在巴黎国立工业学院内的艺术和手工艺品博物馆里。

五、关心实用技术的哲学家

帕斯卡的加法机，曾引起许多人的兴趣。德国著名数学家、哲学家莱布尼茨，就是其中之一。在他闻讯后，就立即写信给他在法国的一个朋友，询问加法机的详情。这位后来与牛顿共同为微积分奠基的科学家，对计算设备这一项实用技术也十分关注。

莱布尼茨在 1646 年生于德国的莱比锡，他的父亲是一位伦理学教授。在莱布尼茨 6 岁时，他的父亲就不幸去世了。在母亲的精心培育下，莱布尼茨从小养成了勤奋好学的良好习惯，他父亲遗留下的丰富藏书，开阔了莱布尼茨的眼界。拓莱布尼茨本人后来回忆，他在 10 岁之前，就已把家中的几乎全部藏书都阅读过了（他的童年似乎是在图书馆里度过的）。通过博览群书和悉心钻研，为他后来在学术上取得卓越成就，奠定了坚实的基础。

莱布尼茨 15 岁时，进入莱比锡大学学习法律，但课余还涉猎自然科学、哲学等方面的名著，还攻读了欧几里得的《几何原本》和亚里士多德的逻辑学。他 17 岁时就从大学毕业了。20 岁那年，莱比锡大学以他年龄太小为理由不肯授予他博士学位。1666 年 2 月，他的法学论文在附近的阿尔特多夫大学获得通过，取得了博士学位。

1672 年 1 月，莱布尼茨用一个木制的机器模型，向英国皇家学会会员们进行了演示，这个模型只能说明原理，但不能正常运行。莱布尼茨许诺在技术上作一些改进，使它能够正常运行后，再在下次会议上进行展示。但是，皇家学会的秘书后来并未向他发出参加下一次会议的邀请，而写信建议莱布尼茨为他们提供一台能操作的样机来进行演示。

1672 年，莱布尼茨以外交官的身份出使巴黎，当时巴黎是欧洲科学文化的中心，在那里他结识了许多著名科学家和哲学家，吸收到最新的科学思想。由于在当时的德国难于找到手艺高超的工匠和制造计算机的理想材料，他为了加快研制计算机的进程，从 1672 年起在巴黎定居四年。在巴黎，莱布尼茨物色到一位手艺精湛的、著名钏表匠奥利韦。莱布尼茨只需对奥利韦作一些简单的说明，实际的制造工作就全部由这位钟表匠独自去完成。最后定型的那台机器，就是由奥利韦一人装配而成的，这台机器在 1674 年夏天安装完毕，现在仍存放在德国汉诺威的国立图书馆里。

1673 年，莱布尼茨设计的样机，先后在巴黎、伦敦展出。由于他在计算设备上的出色成就，同年被选为英国皇家学会会员，1700 年被选为巴黎科学院院士。 1673 年他构思出一种微积分体系，但直到 1684 年才发表。

莱布尼茨对计算机发展还作出了另一项更重要的贡献，这就是系统地提出了二进制数的运算法则。他是第一个认识到二进制记数法重要性的学者。二进制对二百多年后计算机科学技术的发展，产生了深远的影响。

六、早出世一百年的鼻祖

在计算机发展的历史长河中，有一位名垂青史的风云人物，他就是计算机先驱者的鼻祖之一巴贝奇。早在现代数字计算机问世之前一百年，他就对这种计算机的主要组分部分和它们的功能提出了卓越的预见。尽管他的先进思想在一百多年后才得以实现，但他的这一预见对以后计算机的研制产生了深远的影响。

巴贝奇在 1791 年 12 月 26 日生于英国伦敦市郊的一个小镇,他以孩提时体弱多病，但好奇心强，富于创造精神。1810 年 10 月他考入剑桥大学三一学院攻读数学与化学。

巴贝奇是一位在学术上有很深造诣的数学家,在 1828 年他荣获剑桥大学卢卡斯讲座数学教授的职位。他是这个讲座继巴罗（牛顿的老师）、牛顿之后的第三任教授。

巴贝奇又是一位具有广泛兴趣的学者，但是自从他立志建造计算机之后，就把自己的全部精力集中在计算设备的研制上了。

他是一位完美主义者，他首先关心的是计算结果的准确无误。他认为为此必须对当时机械式计算机的性能加以改进。因此，他长期冥思苦想，对新颖计算机进行周密的考虑和构思，甚至达到了入迷的程度。

1812 年后不久，巴贝奇就开始走上设计制造差分机的生涯。

当时人们在编制数表时是利用所谓的“ 差分表 ”来进行的。利用差分表，就可以把多项式数表的计算，化为一系列简单的加法。而任何比多项式复杂的“ 函数 ”都可以用多项式来近似，因此利用差分，可以编制任何函数的数表。

巴贝奇从用差分表计算数表这种做法中得到启发，想到设计出一种代替人工进行加减计算，来完成数表编制的自动计算装置的，因此他把这种计算机称为差分机。他不仅设计出供计算数表（首先是航海中用的数表）用的小型差分机，在 1822 年还试制出一台样机。

这台差分机可以保存 3 个 5 位的十进制数并进行加法运算，还能打印结果。虽然它只是一种特地供制表人员使用的专用机，但是它能按照设计者的控制自动完成一连串的运算，这实际上是“ 程序设计 ”思想的萌芽。

巴贝奇用这台样机计算平方表及其他一些表格取得初步成功，证明了这种差分机对编制天文和航海表来说是很适合的。就在当年的 6 月，巴贝奇正式向皇家天文学会提出要制造一台更大的差分机，用于计算天文学、导航方面数表的建议，同时他还向政府申请研制经费。由于这种机器对政府（特别是海军）很有实用价值，政府决定提供资助。

到 1842 年，政府终于决定停止资助，第 2 年（1843 年）巴贝奇这台未完工的机器，连同全部图纸，只好被送进伦敦的皇家学院博物馆去保存。

巴贝奇试制大型差分机的失败，并不仅仅是由于技术条件不完全具备所造成的。因为当时有一个与巴贝奇同时代的瑞典人塞尤茨，他对巴贝奇差分机的设计略加改进后，在瑞典科学院的资助下，从 1852 年起只化了两年时间就制造出了一台差分机，并在 1855 年巴黎博览会上荣获金奖。

巴贝奇的首创精神有目共睹，但他在工程方面的组织能力略为逊色。然而尽管他在研制过程屡经挫折，试制差分机的愿望最终未能实现，但他追求自己预定奋斗目标的热情丝毫没有减退。在差分机的研制工作不得不终止时，他的心又飞向另一个更引人入胜的目标—设计一种可能控制运算程序的通用数字计算机。

至今，差分机还陈列在伦敦南肯辛顿科学博物馆里。

七、现代通用数字计算机的前身

1834 年，巴贝奇完成了一项新计算装置的构思。他考虑到，为了能使这

需要全本请访问 www.ertongbook.com

种装置有广泛的应用，计算装置应该具有通用性，能解决数学上的各种问题。利用它不仅可以进行数字运算，而且还能够进行逻辑运算，巴贝奇把这种装置命名为“分析机”，它是现代通用数字计算机的前身。巴贝奇曾为他的分析机先后提出过大约 30 种不同的方案，并对各种方案都绘制出了图纸，图纸上零件的个数多达几万。

为了集中全部精力投入到分析机的研制中去,巴贝奇在 1839 年毅然辞去了剑桥大学卢卡斯讲座数学教授的职务。

1840 年，巴贝奇前往意大利，向人们介绍分析机的设计思想。意大利政治家梅纳布雷亚对他的创见非常赞赏。当时对巴贝奇事业的意义充分理解的只有三个人，除了梅纳布雷亚（他在 1867 年当选为意大利总理），他的儿子亨利·巴贝奇外还有著名诗人拜伦的独生女艾达（Ada）·拜伦。

艾达既是一位作家，又是一名卓越的数学家，她自从在 1833 年结识巴贝奇后，始终对巴贝奇的研究工作给予支持。

梅纳布雷亚为了使人们了解巴贝奇在计算机设计方面的思想，把巴贝奇的演讲和谈话记录编辑成书，在 1842 年用法文出版。

在这本书出版后，艾达为了“使人们知道怎样命令分析机做事”，告诉巴贝奇她打算把书译成英文。巴贝奇建议她，除了把书稿译成英文外，最好再写一些有独创见解的文章。按照巴贝奇的建议，艾达在 1843 年把 245 页的原稿译成英文，连同她自己所写的 297 页评注，汇集成书在英国出版了。

艾达的评注指出了分析机的结构特点和功能，还阐述了自己在计算机理论方面的精辟见解。

这本书可以称为程序设计的第一本专门著作，她的思想为现代计算机的程序设计奠定了基础。她还亲自为分析机编制造函数表的计算程序，并建议分析机由十进制编码改为二进制编码。她作为世界上第一位程序设计师，是当之无愧的。为了纪念她的功绩，在 1978 年美国国防部把选定的一种通用程序设计语言命名为“Ada 语言”。

遗憾的是，分析机到巴贝奇于 1871 年去世时始终也未能完成。在他逝世后，他的儿子亨利·巴贝奇还为分析机奋斗了好多年。现在，分析机的一部分仍陈列在伦敦科学博物馆里。

巴贝奇的理想当时未能实现，其原因除了在技术上不能满足巴贝奇所设想的要求，而电子学又尚未形成等之外，更重要的是由于在那时社会对高速计算机的需要还不很迫切，巴贝奇几乎完全是在孤军奋斗。因而人们认为，由于巴贝奇这位天才生不逢辰超前了 100 年，因此未能取得成功。直到他去世之后 70 年的 20 世纪 40 年代，由于马克一号和 ENIAC 等计算机相继问世，巴贝奇的预言才得以实现，他的天才思想也终于得到了公认。

第二章　来去匆匆的过客——机电计算机

在本世纪 30—40 年代，由于在穿孔式计算技术主面取得的重要进展，以及在某些技术领域（例如在电话自动交换设备的研制中）使用继电器的成功经验，一些科技人员，提出了几种可以完成复杂计算工作的通用机电计算机的研制方案，巴贝奇分析机中由蒸汽驱动的齿轮，已被继电器取代。从而使巴贝奇未能实现的理想，在这时变成了现实。

尽管机电计算机的研制在计算机发展史中仅占了短暂的一页，但这些计算机的研制者们为现代计算机的发展，揭开了序幕。他们以自己的聪明才智和坚强毅力；为电子计算机的发展铺平了道路。

一、自费研究起家的发明家

最早的用继电器进行程序控制的机电计算机,在 40 年代上半叶由德国和美国几乎同时制成。

这些计算机的主要研制者，在德国是楚泽，在美国是艾肯和斯蒂比兹。楚泽的工作稍早于美国学者，但在当时美国的学者并不了解。他们是各自相互独立地完成研制工作的。

楚泽研制了一系列令人惊奇的计算机，与同一时期美国同行们制造的计算机相类似，而且有许多性能还超过了他们。

楚泽在 1910 年生于维尔梅斯多夫，在东普鲁士受到早期教育。东普鲁士是一个比较保守的地方，为了离开这个闭塞的环境，楚泽进入了一所比较开放的学校。

在十几岁时，楚泽就被工程科学迷住了。17 岁时，他进入柏林工业大学，经过预科和本科八年的学习年，取得了土木工程学士的学位。

大学毕业后，楚泽在柏林的一家飞机工厂中找到了工作，他的任务是对飞机强度进行分析。这项工作需要反复进行冗长且令人生厌的计算，于是他产生了设法制造出一台机器来自动进行计算的念头。楚泽后来回忆说，当时的辅助计算工具只有计算尺，而计算任务日益繁重，要费很多的时间。因此，我想改变这种状况。

1934 年，楚泽开始拟订研制计划，并于 1936 年开始执行。他预料，重要的问题并不在于计算（加减等）本身，而是在于中间步骤，也就是中间结果的记录和传送，正像人工计算时，人脑“ 计算机 ”必须把它们记在纸上一样。

楚泽意识到，他必须找到一种传送中间结果的方法。最初，他想到利用一种穿孔卡系统来进行传送，但是由于这种系统安装起来太费劲而放弃了这种打算。

在楚泽设计的计算机中，有存贮单元、运算单元，连接这两个单元的选择单元，以及利用穿孔带来指挥的指挥单元。控制单元能通过传送指令来选择机械动作并控制运算单元的工作。

1936 年，当楚泽对这些设想觉得很完善时，他就决定全力以赴，使这项研制计划付诸实施。

1937 年楚泽为自己设计的计算机制造出一种可存贮 64 位数的机械存贮单元，在这个单元中，采用在细孔中移动针尖位置来指明数字 0 或数字 1 的

方法，从而把二进制数表示出来，这样就使楚泽制造出的存贮器非常紧凑，体积大约只有 1 立方米。

在 1938 年，楚泽设法把这个存贮器同一个机械运算单元连结起来。为此，他用钢锯把圆钢锯成数千片薄片，然后用螺栓把它们拧在一起，一台机器就安装起来了。这就是楚泽在朋友协助下试制成功的第一台二进制计算机——Z—1 型计算机。但 Z—1 型仍然是一种纯机械式的计算装置，不仅运算速度慢，可靠性也差，始终未能投入使用。

由于 Z—1 号性能并不理想,随后楚泽就立即开始设计机械部件与电磁继电器混用的计算装置。

楚泽的第二台计算机在结构上又朝前迈进了一步。他的朋友帮助他储存了一批从电话公司更换下来的继电器,于是这台命名为 Z—2 型的计算机很快就在 1939 年完工了。

由于使用了继电器，Z—2 型的可靠性比 Z—1 型要差些，但是运行却很正常。

这时楚泽被应征入伍，研制工作面临中断的处境。他的朋友和合作者施赖尔博士向军方提交书面材料，推荐楚泽研制工作的重要价值，使楚泽免服兵役。而同时楚泽的研究成果引起了德国飞机实验研究所的注意。这个研究所迫切希望消除飞机在飞行时机翼出现的颤振，这需要进行一系列十分复杂的运算，他们看出计算机能促使解决机翼颤振问题所需要的大量计算快速完成，因此决定为楚泽计算机的研制提供经费。但是战争期间工厂从不休假，楚泽只能利用晚间进行研制。

楚泽在得到资助后，就立即投入到新型的继电器计算机——Z—3 型计算机的研制中去，不过试制工作仍在家里的客厅中进行。在第二次世界大战期间的 1941 年，楚泽的 Z—3 型计算机开始运行。Z—3 型计算机是世界上第一台采用电磁继电器进行程序控制、穿孔带作输入的通用自动计算机。

Z—3 型计算机工作了三年。在 1944 年美军对柏林的一次空袭中，楚泽的住宅和 Z—3 型机都被炸毁。这时离德国法西斯的灭亡只有几个月的时间了。到 1945 年，楚泽又完成了 Z—4 型机的研制，Z—4 型机是一种比 Z—3 型机更先进的机电式计算机，曾在 V—2 型火箭的研制中发挥过作用。为了避免 Z—4 型机被炸毁，楚泽三番五次在柏林把 Z—4 型机搬来搬去。在德国战败后，楚泽飘泊到瑞士的一个荒凉的村庄。他一度对软件很感兴趣，最早提出了“ 程序设计 ”的概念，这对后来软件的发展有重要的影响。

1949 年楚泽创办了“ 楚泽计算机公司 ”，计算机研制工作不断取得进展。许多大学和科研机构订购楚泽研制的计算机。Z—4 型机于 1949 年在瑞士苏黎世综合技术学院安装完毕，由于它的可靠性好，一直工作到 1958 年。1954 年前在苏黎世综合技术学院运行，1955 年到 1958 年为法国国防部效劳。

楚泽公司最初研制的计算机是 Z—22 型，1958 年制造出电子管通用计算机 Z—22R 型。

到 60 年代初，楚泽公司已成了有千名雇员的大公司。但楚泽认为“ 计算机的发展速度越来越快，我们跟不上发展的步伐 ”。1966 年，他主动退出竞争，把自己创办的公司出售给西门子公司。楚泽至今健在，仍以顾问的身份为西门子公司服务。

早在 1938 年研制出计算机的楚泽,被人遗忘了几乎二十年才被公认为计算机的发明者，1956 年被柏林工业大学授予名誉博士。现在他同夫人生活在

一幢简朴的住宅里，安贫乐道，计算机的发明并没有使他富起来。在回忆他当年的发明动机时，他说："我只是希望我的机器能够减轻人们的繁琐工作。"但是世人不会忘记他的历史功绩。

二、斯蒂比北和继电器计算机

在 20 世纪 30 年代中叶，至少有三个利用继电器的功能来构思和研制计算装置。他们就是德国的楚泽，纽约的斯蒂比兹和麻省理工学院的艾肯。

尽管他们的研制工作，是在各自的环境中相互独立地进行的，所研制的机器，在许多方面都有很大的差别。但是有趣的是，他们三人所设计的这些机器，使用的元件和性能等方面有许多类似之处。每一种机器都是由控制的二进制继电器，和一些进行数的存贮和运算以及程序输入的穿孔带机电设备组成。而且每一种机器都能完成一系列的四则运算，还能按照计算的需要自动存贮和取出中间结果。

他们的研究成果，实现了巴贝奇建造分析机的理想。而使这个理想成为现实的条件，就是继电器技术的运用。

继电器是一种电磁装置，它利用一个电路的电流变化，去对另一个（继电器）电路的电流进行遥控或自动控制。利用它能使一个回路保持接通，而使其他回路断开，因此它是一种"开关装置"。

最初，继电器用来对电报收报机的电路进行控制，后来又用于电话中继接线。当电流切断，电磁消失，继电器就"闭合"，一个闭合的断电器就能让一个电话接通；而一个"断工"的继电器，就不能接通电话。

斯蒂比兹对继电器具有的逻辑功能很感兴趣。他发现继电器的闭合或断开的"开关"操作，与二进制数之间有平行的对应关系，于是想到，可以用继电器的上述"开关"操作来实现二进制数的加减运算。而一个用继电器装配的机器如果能进行加减，那么它就能进行乘除，这是因为乘或除，能分别转化为一系列的加或减，斯蒂比兹认为这非常有趣，于是决定用继电器来试装计算装置。

在早期的机电式计算机中，继电器用来作为一种开关装置。但继电器的开关速度大约为 1／100 秒，使计算机的速度受到很大的限制。后来用电子管取代继电器，所制成的就是电子管计算机。

1937 年，在贝尔实验室工作的数学家斯蒂比兹，制造出一种复数计算机，称为 K 型计算机。由于这台机器在厨房的餐桌上装配起来的，而在英语中，"厨房"的第一个字母为 K，因此斯蒂比兹的妻子把这项小发明称为 K 型机。斯蒂比兹把 K 型机中的继电器与电池接通后，发现确实能进行二进制的加法。不过在当地他本人并没有意识到他的这一项发明居然是促使计算机时代到来的前奏。

可是，当斯蒂比兹把自己研制的 K 型机带到贝尔实验室向同事们演示时，所得到的却是同事们的暗自发笑。当他提出整个计算机都能用继电器制造出来的想法时。他的同事认为这个主张是荒诞不经的，对他使用古老的、令人费解的二进制表示法来搞这一项发明，觉得简直不可思议。而且认为，即使它能制造出来，就需要几百个继电器，这与当时实验室中所用的台式计算机相比，既庞大又昂贵，毫无可取之处。

但是斯蒂比兹本人并不认为自己的想法是荒谬的。后来他又花了几个星

期来进行周密的考虑和改进，从而使他的 K 型机更加完善了。

但是，促使斯蒂比兹的发明成为正式产品的推动力，是贝尔电话公司本身对“ 复数 ”进行大量、复杂、准确计算的需要。

在 30 年代的贝尔实验室，为了满足电路计算的需要，配备了满房间的女计算员，她们成天用台式计算机来计算复数的乘积和商。两个复数相乘，大约需要进行 6 次四则运算，而两个复数相除则大约需要 12 次运算。而且每次运算都需要暂时存贮许多中间结果，麻烦得很。

在 1938 年初，计算任务越来越繁重，贝尔实验室的工作人员提议，把两个台式计算机用机械方式连接在一起，来简化复数的计算。在理论上，这样确实能节省计算员的时间和劳动，但这样组合成的大型计算机，不仅难于制造，操作起来也不容易，正是在这种情况下，人们才想起了斯蒂比兹设计的用继电器控制的 K 型机。

1938 年夏天，斯蒂比兹所在数学室的主管试探地向他询问，他设计的那种小巧的继电器计算机能否进行复数的运算？斯蒂比兹肯定地回答说，可以作复数运算，并说他已经对这种计算机的大部分电路进行过研究。

斯蒂比兹很快就采用标准继电器和一些通用元件，为这种能进行复数运算的计算机画出了电路图。他的初步设想是别出心裁，与众不同的。一位电路专家看了他的电路图后，肯定它们确实是有应用价值的。于是这位电路专家对图纸作了一些必要的修改，研制工作很快就于 1938 年 9 月正式开始了。经过一年的努力，这一台后来称为贝尔实验室 M—1 型机，在 1939 年 9 月制造成功。

这台计算机开始只能作复数的乘除，因为这两种运算最费时间，而且这种计算机本来就是为了处理这种运算而特意制造的。用 M—1 型机进行一次复数乘法大约只要花 45 秒钟的时间。

贝尔实验室计算机小组的人员在实践中发现，用计算机进行复数乘除果然十分方便，于是就决定立即对 M—1 型机加以改进，因为他们还想利用计算机进行复数的加减。经过两天的艰苦努力，他们终于如愿以偿，这样，M 型计算机就能进行复数的四则运算了。

1940 年 9 月，美国数学会的一次地区性会议在新罕布夏州汉诺威的达特默思大学举行。会议邀请贝尔实验室把他们的 M—1 型机向与会人员作演示。

在会议举行前，电报线架设工使用电报线把 M—1 型机所在地纽约与达特默思校园相连。

在会议上，贝尔实验室人员用 M—1 型机进行了出色的表演。在会上当场把一个数学问题打印出来并传输纽约，不到一分钟，电传打字机就开始打印出结果来了。

M—1 型机安放在贝尔实验室的一个房间里，人们在使用计算机时，可以在很远的地方利用与它相连的三台电传打字机中的任何一台进行操作。斯蒂比兹把早年对农场火炉进行遥控的设想进一步应用到计算机上来了。演示结果表明，M—1 型这种复数计算机，它的运算功能令人满意，给人们留下了深刻的印象。

M—1 型机在达特默思大学成功的表演，是计算机发展史上一件大事，它开创了人类——对计算机进行远距离控制的先河。至今，计算机远程通信已成为现实，远隔万里的人们可以相互利用对方的计算机设备和所存贮的信息。

达特默思校园的这次会议特别引人注目，还因为它的参加者中有不少是美国最著名的数学家和后来一些重要计算机研制项目的带头人，如冯·诺伊曼，莫奇利和维纳等人。

尽管复数计算机 M—1 型只能对复数进行计算,但是在贝尔实验室里却使用了好几年。M—1 型机的成功，鼓励斯蒂比兹制订出进一上的研制计划，其中包括用穿孔带设备来改进计算机的性能。

M—1 型机是这一系列中 5 种型号的第一种。它是唯一由贝尔实验室独立设计和制造的机器。

在它制成后，贝尔公司的负责人猛然发现它的全部试制费用竟高达 2 万美元，大吃一惊，决定不再研制其他计算机了。

但是在 1941 年 12 月美国投入第二次世界大战后，贝尔实验室的研究转入军事项目，这些项目比和平时期的研究要涉及更多的计算。他们在战时研制的大部分计算机，是模拟计算机。但是还制造了 5 台军用的数字继电器计算机，再加上 M—1 计算机和战争结束后自用的另一台计算机，总共有 7 台数字计算机。

在 5 台军用数字计算机中,第一台是 1943 年安装在华盛顿特区的一种继电器数字计算机，称为 M—2 型机，它主要用来解决与防空高炮火力指挥有关的问题。

M—2 型机主要用于“ 内插 ”，由于“ 内插 ”是解决科学、工程问题一种很有用的数学运算，所以在战争结束后仍忙于为其他部门服务，它直到 1961 年才被拆除。M—2 型机是最早的可编程的计算机之一，它还能进行误差检测，这是现代微电脑所具有一项标准功能。

在 M—2 型机开始投入运行之前，斯蒂比兹及同事们就着手准备研制新的、更大的、功能更强的机器——M—3、M—4 型机了。

M—3 与 M—4 型机是性能基本上相同的两种计算机,先后于 1944 年、1945 年完成。它们与 M—2 型机相类似，不过存贮器容量更大，除了能进行“ 内插 ”外，还能把描述目标飞机和一些防空火包炮弹轨迹的弹道方程计算出来。虽然它们不是通用计算机，但在编程能力上已经具有一定程度的通用性。它们还具有搜索信息的功能，正如现代微电脑能搜寻磁带或磁盘上所存放的特定数据和程序一样。M—4 型机比 M—3 型机的功能稍多一些，例如它能计算某些三角函数等。

由于斯蒂比兹卓有成效的努力，在不到十年的时间里，总共推出了 M 系列的 5 种型号的计算机。其中最大的一种计算机是 M—5 型机。贝尔实验室为军方制造了两台 M—5 型机。一台是为美国航空局设计的，另一台则是为阿伯丁弹道实验室而设计。

三、艾肯和马克型计算机

在德国的楚泽开始研制机电计算机之后不久，美国也有人开始进行类似的工作，除了前面介绍过的斯蒂比兹外，还有一位，他就是麻省理工学院的物理学家艾肯。1944 年，由艾肯主持研制的马克 1 号问世了。马克 1 号及后来研制成的马克 2 号，在计算机发展史上曾占有相当重要的地位。

在计算机先驱者的行列中，艾肯要算是大器晚成的了。艾肯在 1900 年出生于美国新泽西州的霍博肯。由于家庭贫困，他在上职业高中时就不得不半

工半读，以减轻家庭的负担。毕业后他在麦迪逊煤气公司找到一份工作，并争取到一个进入威斯康星大学学习的机会，在大学里他仍然坚持一面工作，一面刻苦读书。 1923 年他从大学毕业后，被麦迪逊公司任命为总工程师，工作之余，仍不忘继续学习新知识。到 35 岁时，他毅然辞去待遇丰厚的工作，再次到大学去深造，先在哥伦比亚大学攻读，后来又进入哈佛大学物理系当博士研究生。他的博士论文的课题是有关电荷在空间传播问题的研究。为此需要大量繁琐的计算。正是由于这个原因，使艾肯在 1937 年就提出了研制新型自动计算机的备忘录，但是当时的哈佛大学对这类应用研究不感兴趣。

哈佛大学商学院建议艾肯同 IBM（国际商用机器）公司联系。这家公司的一名经理曾经看过麻省理工学院香农的博士论文，对香农在文中所提出的，利用开关电路模拟布尔逻辑的方法颇感兴趣，因此认为艾肯的设想很有价值。这时哈佛大学的两位著名教授对艾肯的备忘录也非常重视，并多方设法为艾肯争取经费。最后，IBM 公司的董事长老沃森同意向艾肯提供资助。

IBM 对这一项有希望取得成功的研究项目很感兴趣。虽然并不指望通过艾肯的研制计划得到直接的经济利益，但它希望通过对这一项研制工作的资助，为 IBM 公司获得赞助美国最有名望大学的美名。

艾肯在各方面的支持下，把自己原来的初步设想，逐步形成为完善的设计方案。

1939 年近 40 岁的艾肯取得了博士学位。这一年他与 IBM 公司正式签订研制合同，由美国海军提供经费。IBM 公司委派了 4 名有经验的工程师与艾肯合作，“ 马克 1 号 ”的计算机正式开始研制了。经过四年坚持不懈的努力，在 1943 年，这台程序控制的自动计算机终于完工，1944 年于哈佛大学投入运行。

马克一号是一种完全机电式的计算机。它长 15 米，高 2.4 米，大约同小火车头那么大。看起来有点像图书馆中大书架，不过在架子上放的不是书，而一排排继电器。在它运行时会发出咔嚓咔嚓的响声。

马克一号有 15 万个元件，其中许多是可以移动的，此外还有 800 千米的导线。

马克一号是世界上最早的通用型自动机电式计算机之一，其中用电话继电器代替了齿轮传动的机械机构，一共使用了 3 千多个继电器。机器采用十进制，对 23 位的数加减，一次需要 0.3 秒，乘法则需要 6 秒。指令通过穿孔纸带传送。

马克一号在入场多方面可以说是巴贝奇分析机现代化的翻版，所不同的只不过用电来代替了蒸汽传动，但马克一号的问世却标志了现代计算机时代的开始。

马克一号每秒只能进行 3 次运算。因此艾肯在 1947 年又研制出了速度较快的马克二号计算机。它同马克一号一样，仍是一种机械——继电器计算机，但马克二号中的继电器体积很大而且特别贵（当时每个要 15 美元）。

马克二号每秒能进行 8 次加法运算，如果开平方或求对数就要 12 秒钟的时间，这同电子计算机相比是太慢了，但毕竟比马克一号要快些。

正当艾肯和他的资助人在剪彩仪式上引起激烈冲突之时，制造更好计算机的同样愿望，也激励着德国的工科大学生楚泽。楚泽在制造他的 Z—4 型机时听到有关马克一号问世的消息。

虽然楚泽的 Z 型系列机要早于马克一号、二克，但由于美、英两国对德

国同行的工作毫无所知，因此马克一号、二号对美、英等国后来计算机的发展产生了重要的影响，并在计算机发展史上占有重要的地位。

直到马克二号研制成功以后，艾肯才开始制造电子管计算机，为什么艾肯转入研制电子计算设备拖了这么长的时间呢？

这是由于艾肯是一位非常小心谨慎的工程师，他最初对电子元件的可靠性没有把握。尽管电子技术在迅速发展，但艾肯仍决定通过降低速度来增加可靠性，因此他早期的目标是使计算设备实现机械化，虽然他那时已意识到计算设备实现电子化是必由之路。直到他看到在一些设备中电子元件能可靠地工作时，才决定他也要来搞电子的（设备）。

在 1949 年 9 月，艾肯研制出使用电子管的计算机——马克三号。马克三号并没有完全实现电子化，在最后定型的样机中，不仅包含 5000 个电子管，还使用了许多机械部件——2000 个继电器。

马克三号是艾肯研制的第一台内存程序的计算机，并在其中首先使用磁鼓作为数与指令的存贮器。从此以后磁鼓成为第一代（电子管）计算机中最广泛使用的一种存贮器。

在马克三号中，8 个磁鼓能存贮 16 位的“ 字 ”4350 个，另一个磁鼓能存贮 40000 条左右的指令。

在最初，马克三号的可靠性不够理想，运行时经常发出咔嚓咔嚓的声音。后来研制人员采取了一些措施，它就能很好地运行了，从而使它的可靠性与马克一号二克不相上下。

在马克三号的基础上，艾肯主持研制的马克四号在 1952 年完工，被广泛地用于工程和科学方面的计算。

在马克四号完工后，艾肯不再研制新的计算设备，转而培养训练计算机人才，其中有些人后来成为美国研制第二代（晶体管）电子计算机方面的科学家。在 1961 年艾肯辞去教职后开办了艾肯实业公司，但在工作之余仍热心从事教学工作，并帮助大学建立计算中心。直到 1973 年去世前，还始终为计算机事业的发展贡献自己的力量。

艾肯的主要贡献不仅在于研制出马克系列计算机，而且把哈佛大学变成一个著名的计算机培训基地，从而对二次大战后计算机的发展产生了重大影响。而且他研制马克型计算机的成功，激发起人们的创造热情，使人们制造更多更好计算机的愿望更强烈了。

需要全本请访问 www.ertongbook.com