



上海出版基金项目
Shanghai Publishing Funds

王元 主编

改变世界的科学



计算机科学的足迹

沈富可 曹红霞 刘莉 胡杨 韩露 丁祎 · 著



中国科学院
白春礼院长
褚君浩院士

倾力推荐



上海科技教育出版社



上海出版资金项目
Shanghai Publishing Funds

王元 主编

改变世界的科学

计算机科学的足迹

沈富可 曹红霞 刘莉 胡杨 韩露 丁祎 · 著



上海科技教育出版社

图书在版编目(CIP)数据

计算机科学的足迹/沈富可等著. —上海:上海科技教育出版社,2015.11

(改变世界的科学/王元主编)

ISBN 978-7-5428-6200-6

I. ①计… II. ①沈… III. ①计算机科学—青少年读物 IV. ①TP3-49

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第057300号

责任编辑 卢 源

装帧设计 杨 静 汪 彦

绘 图 黑牛工作室 吴杨嬿

改变世界的科学

计算机科学的足迹

丛书主编 王 元

本册作者 沈富可 曹红霞 刘 莉

胡 杨 韩 露 丁 祎

出 版 上海世纪出版股份有限公司

上海科技教育出版社

(上海市冠生园路393号 邮政编码200235)

发 行 上海世纪出版股份有限公司发行中心

网 址 www.sste.com www.ewen.co

经 销 各地新华书店

印 刷 上海中华印刷有限公司

开 本 787×1092 1/16

印 张 14

版 次 2015年11月第1版

印 次 2015年11月第1次印刷

书 号 ISBN 978-7-5428-6200-6/N·936

定 价 49.80元



目录

- 公元前3世纪
二进制在中国萌芽 / 1
- 1642年
帕斯卡发明机械式加法器 / 3
- 1674年
莱布尼茨发明乘法器 / 4
- 1799年
贾卡发明提花机 / 5
- 1822—1834年
巴比奇设计差分机和分析机 / 6
- 1886年
霍勒瑞斯制造制表机 / 10
- 1935年
IBM公司推出穿孔卡片计算器 / 13
- 1936年
图灵机设想提出 / 14
- 1938—1945年
楚泽制造电磁式计算机样机 / 16
- 1938—1949年
斯蒂比兹研制电磁式计算机 / 18
- 1939年
阿塔纳索夫与贝利开发出真空电子管计算机 / 20
- 1943—1958年
研制第一代电子计算机 / 24
- 1944年
艾肯研制成大型通用电磁式计算机 / 26
- 1945年
冯·诺伊曼提出存储程序通用电子计算机方案 / 28
- 1946年
威尔克斯建造存储程序式电子计算机 / 32
- 1947年
肖克利等发明晶体管 / 34
- 1948年
王安开发磁芯存储器 / 36
- 1950年
中松义郎发明软磁盘 / 38
- 1950年
汉明码提出 / 40
- 1954年
巴克斯开发FORTRAN语言 / 42
- 1954年
贝尔实验室制成晶体管计算机 / 44
- 1955—1965年
第一代操作系统出现 / 46
- 1956年
麦卡锡提出人工智能概念 / 48
- 1956年
明斯基等发起人工智能学术会议 / 50
- 1958—1964年
研制第二代电子计算机 / 52





- 1959年
诺依斯与基尔比发明集成电路 / 54
- 1959—1960年
佩利等开发 ALGOL 60 语言 / 57
- 1960年
威尔金森提出向后误差分析法 / 60
- 1961年
考巴脱开发分时系统 / 62
- 1961—1968年
达尔与奈加特开发面向对象的编程语言 / 64
- 1962年
克兰罗克提出分组交换技术 / 66
- 1963年
萨瑟兰开发“画板”系统 / 68
- 1964年
恩格尔巴特发明鼠标 / 70
- 1964年
凯梅尼与卡茨开发 BASIC 语言 / 72
- 1964—1965年
哈特马尼斯与斯特恩斯提出计算复杂性理论 / 75
- 1964—1972年
研制第三代电子计算机 / 78
- 1964—1973年
中国研制大型数字计算机 / 81
- 1965年
摩尔定律发表 / 83
- 1965年
费根鲍姆开发出专家系统程序 / 86
- 1965年
科兹马与凯利提出计算全息技术 / 88
- 1966年
图灵奖正式设立 / 90
- 1966年
高锟提出用光导纤维作通信介质 / 94
- 1967年
大规模集成电路及大规模集成电路计算机问世 / 97
- 1967年
弗洛伊德提出用流程图描述程序逻辑 / 98
- 1967年
布卢姆发表有关计算复杂性的4个公理 / 100
- 1967—1968年
沃斯开发 PASCAL 语言 / 101
- 1968年
诺依斯与摩尔创办 Intel 公司 / 103
- 1968—1973年
克努特《计算机程序设计艺术》出版 / 106
- 1969年
ARPANet 问世 / 108
- 1969年
汤普森与里奇开发 UNIX 操作系统 / 110
- 1969年
霍尔逻辑提出 / 112





- 1970年
Intel公司推出DRAM芯片 / 114
- 1970年
科德提出关系模型 / 116
- 1970年
霍普克洛夫特与陶尔扬提出深度优先搜索算法 / 118
- 1970年代
Smalltalk 语言问世 / 120
- 1971年
Intel公司推出微处理器芯片 / 121
- 1971年
汤姆林森开发出电子邮件 / 122
- 1971年
库克提出NP完全性问题 / 124
- 1972年
里奇与汤普森开发C语言 / 126
- 1972年
卡普完善NP完全性理论 / 128
- 1972—2000年
研制第四代电子计算机 / 130
- 1973年
瑟夫与卡恩制订TCP/IP标准 / 133
- 1973年
兰普森开发出个人计算机系统 Alto / 136
- 1974年
科克提出RISC概念 / 138
- 1975年
盖茨与艾伦创办微软公司 / 140
- 1976年
沃兹尼亚克与乔布斯创办苹果计算机公司 / 143
- 1977年
美国、日本制成超大规模集成电路 / 146



- 1977年
伯努利把时态逻辑引入计算机科学 / 147
- 1978年
里维斯特等提出RSA公钥密码算法 / 149
- 1979年
王选研制成汉字激光照排系统 / 152
- 1980年
《信息交换用汉字编码字符集(基本集)》发布 / 154
- 1980年代
艾伦开创并行计算编译技术 / 155
- 1980年代
姚期智提出关于计算复杂性的一系列理论 / 156
- 1981年
微软公司发布MS-DOS 1.0和PC-DOS 1.0 / 158
- 1981年
IBM公司推出IBM PC / 160
- 1981年
卡亨开发出高速高效的浮点运算部件8087芯片 / 162
- 1983年
因特网正式问世 / 164



- 1983年
王永民发明五笔字型汉字编码 / 166
- 1983年
中国研制成功亿次巨型计算机 / 169
- 1983—1984年
采用图形用户界面的苹果Lisa、
Macintosh问世 / 172
- 1985年
CD-ROM问世 / 175
- 1985年
微软公司发布Windows 1.0 / 178
- 1985年
中国联机手写汉字识别系统
问世 / 180
- 1986年
东芝公司研制成笔记本电脑 / 182
- 1987年
CANET建成中国第一个因特网电子
邮件节点 / 184
- 1989年
计算机声卡问世 / 186
- 1989年
WPS文字处理软件问世 / 188
- 1990年
第一代多媒体个人计算机标准
发布 / 190
- 1991年
伯纳斯-李开发出万维网 / 192
- 1993年
安德里森等开发出浏览器软件
Mosaic / 194
- 1993年
博客原型问世 / 197
- 1995年
SUN公司推出JAVA语言 / 199
- 1996年
即时通信软件ICQ问世 / 201
- 1997年
游戏软件兴起带动图形加速卡
发展 / 203
- 1997年
“深蓝”计算机战胜国际象棋世界冠军
卡斯帕罗夫 / 206
- 1999年
第一届Linux World大会开幕 /
209
- 2000年
AMD公司打破Intel公司在微处理器
市场的垄断地位 / 211
- 图片来源 / 213





公元前3世纪

二进制在中国萌芽

卦爻是由阴爻和阳爻组成的，二进制数则是由0和1两个数码构成的。二进制与卦爻之间有着奇妙的联系。那么，卦爻是一套怎样的系统？古代的中国人又是怎样用卦爻研究万物的？

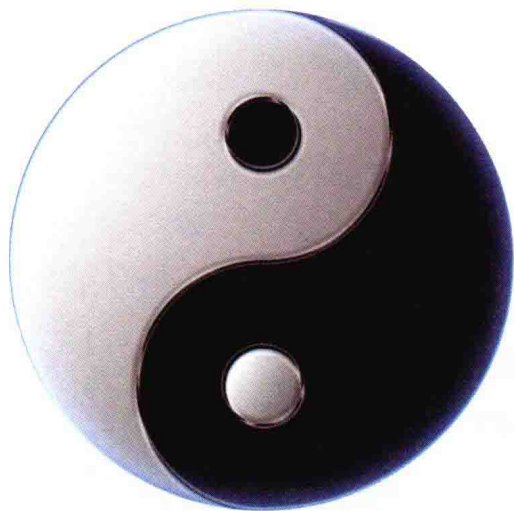
二进制数是用0和1两个数码来表示的数，它的基数为2，进位规则是“逢二进一”，由德国数学家、哲学家莱布尼茨发明。二进制是计算技术中广泛采用的一种数制。其实早在公元前3世纪，人们就能从《易传·系辞》中看到二进制的萌芽。

《易经》是一部研究事物变化的著作，它通过卦爻来说明日月轮回、明晦更替，以及人生与事物变化的大法则。《易传》是一部解说和发挥《易经》的论文集。《易传·系辞》总论《易经》大义，解释了卦爻辞的意义，书中表示阴阳的符号是爻。爻是一个只有两个元素的集合，分别称为阳爻和阴爻。阳爻(一)就是中文数字一，阴爻(--)则是一个断裂的一，表示一已经不存在或者一已虚无。八卦中的每一卦都包含三爻。如果把阳爻写成阿拉伯数字1，阴爻写成0，则八卦中的坤(地)、艮(山)、坎(水)、巽(风)、震(雷)、离(火)、兑(泽)、乾(天)即可写成二进制的000、001、010、011、100、101、110、111，再经过进制转换，八卦就变成了大家熟悉的十进制数字0、1、2、3、4、5、6、7。

坤☷	000—0
艮☶	001—1
坎☵	010—2
巽☴	011—3
震☳	100—4
离☲	101—5
兑☱	110—6
乾☰	111—7

八卦与二进制的对应关系





太极图①

《易传·系辞》上说：“易有太极，是生两仪，两仪生四象，四象生八卦，八卦定吉凶，吉凶生大业。”这里的太极是指宇宙最原始的秩序状态，两仪可理解为二进制的0与1，四象可理解为两位二进制组合的4种状态，八卦可理解为三位二进制组合的8种状态。可见，《易经》是采用类似二进制的方式来研究天地之间万物的。

对八卦进一步分析，可以发现，八卦里面暗含二进制的运算关系。如乾(111)和坤(000)、离(101)和坎(010)、艮(001)和兑(110)、震(100)和巽(011)分别形成了4组二进制的“反码”关系，即每个对应位置上的数码都不相同。在计算机系统中，数值是用“补码”来存储的。正数的补码与原码相同；负数的补码等于其绝对值的反码再加1。

由八卦中的两卦上下组合，即可形成八八六十四卦，六十四卦中的每一卦都有六爻。六十四卦如果进一步演变，还可以得出 $64 \times 64 = 4096$ 种状态。如此下去，通过卦象便可得出天地之间的各种状态，并由此对天地万物进行研究。

乾	坤	屯	蒙	需	讼	师	比
小畜	履	泰	否	同人	大有	谦	豫
随	蛊	临	观	噬嗑	贲	剥	复
无妄	大畜	颐	大过	坎	离	咸	恒
遁	大壮	晋	明夷	家人	睽	蹇	解
损	益	夬	姤	萃	升	困	井
革	鼎	震	艮	渐	归妹	丰	旅
巽	兑	涣	节	中孚	小过	既济	未济

六十四卦



1642年

帕斯卡发明机械式加法器

人类社会进入信息时代,计算机已经走进千家万户,成为人们的好帮手。你知道计算机的老祖宗是什么样子的吗?

人类有史以来第一台用于计算的机器是一种机械式加法器,1642年由法国数学家、物理学家帕斯卡发明。

帕斯卡1623年出生在法国克莱蒙,三岁丧母,由父亲抚养长大。1639年,帕斯卡的父亲受命出任上诺曼底大区的税务总监。帕斯卡看着父亲每天费力地计算税率税款,想到要为父亲制作一台可以帮助计算的机器。为了这个梦想,帕斯卡日以继夜地埋头苦干,耗费了整整三年时光,先后做了三个不同的模型。终于,第三个模型在1642年获得了成功,他称这架小小的机器为“加法器”。

帕斯卡加法器是一种由一系列齿轮组成的机械装置,以发条为驱动,可以做加法和减法。它外形是一个长方盒子,里面有一排轮子,分别代表个、十、百、千、万、十万等。面板上有一列显示数字的小窗口。顺时针转动轮子可以做加法,逆时针转动轮子则可以做减法。为了解决“逢十进一”的进位问题,帕斯卡采用了一种小爪子式的棘轮装置,当某位齿轮朝9转动时,棘爪便逐渐升高;一旦齿轮转过9,转到0,棘爪就“咔嚓”一声跌落下来,推动前一位数的齿轮前进一档。

帕斯卡总共制造了50台同样的机器,其中有两台至今还保存在巴黎国立工艺博物馆里。

帕斯卡加法器①



帕斯卡②





1674年

莱布尼茨发明乘法器



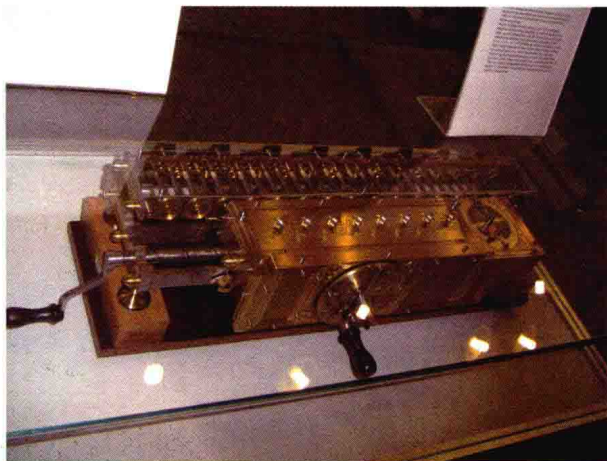
莱布尼茨⑧

人们在生活中广泛地应用数学，一直以来都希望能从繁重的数学计算中解脱出来。帕斯卡发明了可以做加减运算的加法器后，自然有人会想到：能不能发明一种可以做乘除运算的机器呢？于是，莱布尼茨登场了。

帕斯卡去世后不久，德国数学家莱布尼茨发现了一篇由帕斯卡亲自撰写的描述“加法器”的论文，勾起了他强烈的发明欲望，决心把这种机器的功能扩展到乘除运算。

1674年，莱布尼茨在法国物理学家马略特等人的帮助下，制成了一台能进行四则运算的机械式计算器，将它呈交给巴黎科学院审查验收并当众演示。他设计的这种新型机器叫“乘法器”，约1米长，由两个部分组成：第一部分是固定的，用于加减法，与帕斯卡先前设计的加法器基本一致；第二部分用于乘除法，是莱布尼茨首创的，他增添了一种名叫“步进轮”的装置，后人称之为“莱布尼茨轮”。

步进轮是一个长圆柱体，9个齿依次分布于圆柱表面；旁边另有一个小齿轮可以沿着轴向移动，以便逐次与步进轮啮合。小齿轮每转动一圈，步进轮可根据它与小齿轮啮合的齿数，分别转动 $1/10$ 圈、 $2/10$ 圈……直到 $9/10$ 圈，这样它能够连续重复地做加减法。在转动手柄的过程中，这种重复的加减运算就转变成为乘除运算。



莱布尼茨乘法器⑨

莱布尼茨的乘法器除了可以做四则运算，甚至还能够进行开方运算，其运算结果的最终长度可达16位，在当时是一种非常实用的机器。乘法器中的许多装置成为后来的技术标准，例如“莱布尼茨轮”。

莱布尼茨的乘法器除了可以做四则运算，甚至还能够进行开方运算，其运算结果的最终长度可达16位，在当时是一种非常实用的机器。乘法器中的许多装置成为后来的技术标准，例如“莱布尼茨轮”。



1799年

贾卡发明提花机

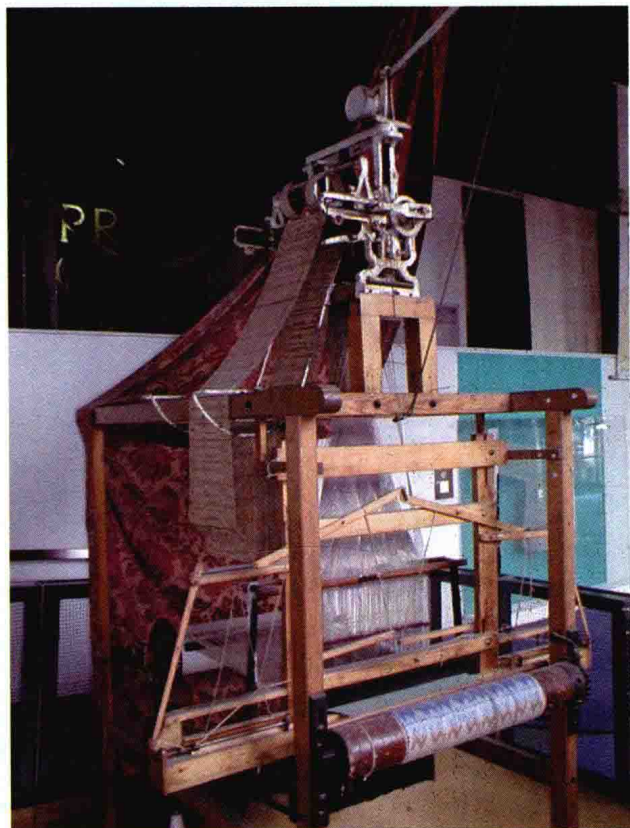
不管你信不信,最初的计算机系统竟然是受了提花机的启发进行研制的!
那么,提花机是一种怎样的机械呢?

18世纪初,法国工匠布雄根据中国古代挑花结本的手工提花机的原理创制了纸孔提花机,用纸带凿孔控制顶针穿入,代替花本上的经线组织点。经多人改进后,能织制600针的大花纹织物。

1799年,法国著名织机工匠贾卡综合前人的革新成果,制成首台由踏板控制的自动提花开口机械。每一次踏下与放开踏板会产生一个提花开口,全部的织造工作只要一个人就能完成。此发明大获成功,在1801年巴黎的工业展览会上获得了铜奖。到1812年,里昂大约安装了1.8万台这样的提花机,给这座城市带来了巨大的繁荣。



贾卡



1860年以后,提花机改用蒸汽动力代替脚踏驱动,便成为了自动提花机。自动提花机广泛传播于世界各国,后来又改用电动机驱动。为了纪念贾卡的贡献,这种提花机被称为贾卡提花机。

贾卡提花机的纹版类似于计算机中的存储器,而布料上的花纹则相当于输出的数据。这种机器尽管并不被认为是一台计算器,但是它的出现确实是现代计算机发展过程中重要的一步。

贾卡提花机

1822—1834 年

巴比奇设计差分机和分析机

在19世纪,由于数学的发展,人们需要进行规模越来越庞大而且越来越复杂的计算。当时,这种计算只能借助简单工具(如计算尺)依靠人工解决。但手工计算的结果往往有大量的错误,因此,人们急需一种高效且准确的计算工具来解决此类问题。在这种需求的刺激下,一位数学家先后设计了两台大型计算机,使之成为现代电子计算机的前身,另一位女士则在机器并没有制造出来的情况下就为它们编写了程序。这是两台什么样的机器?那位女士又是如何完成这看似不可能完成的任务的?

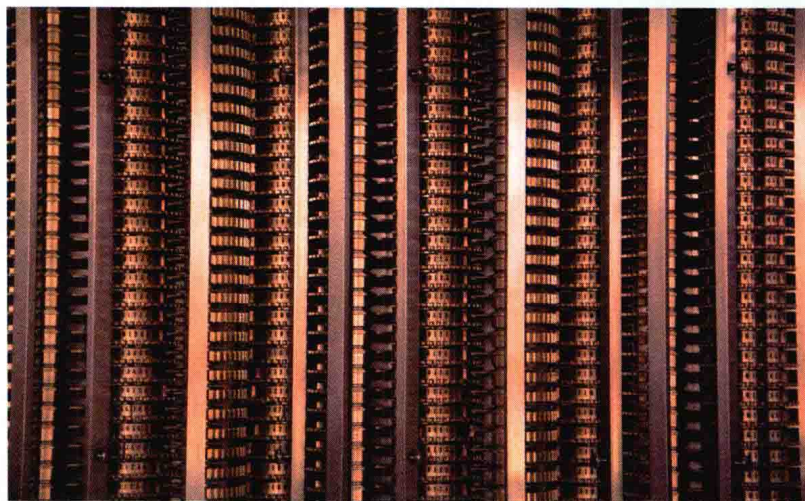


巴比奇^①

英国数学家、机械工程师巴比奇的父亲是银行家。父亲宽裕的资金,让他能够在初级教育阶段就接受几个学校和教师的指导。1810年10月,巴比奇进入剑桥大学三一学院,1812

年,他转学至剑桥大学彼得学院,并在那里成长为优秀的数学家。

为了克服手工计算的效率低、差错多等缺点,巴比奇开始尝试用纯机械的方式设计一台计算机。他的基本想法是利用机器将从计算到输出的过程全部自动化,全面去除人为疏失造成的计算错误、抄写错误、校对错误、印制错误等。



巴比奇从法国织机工匠贾卡发明的提花机和穿孔卡片上获得灵感,于1822年设计了第一台差分机。它能够按照设计者的指令,自动处理不同函

差分机局部^②

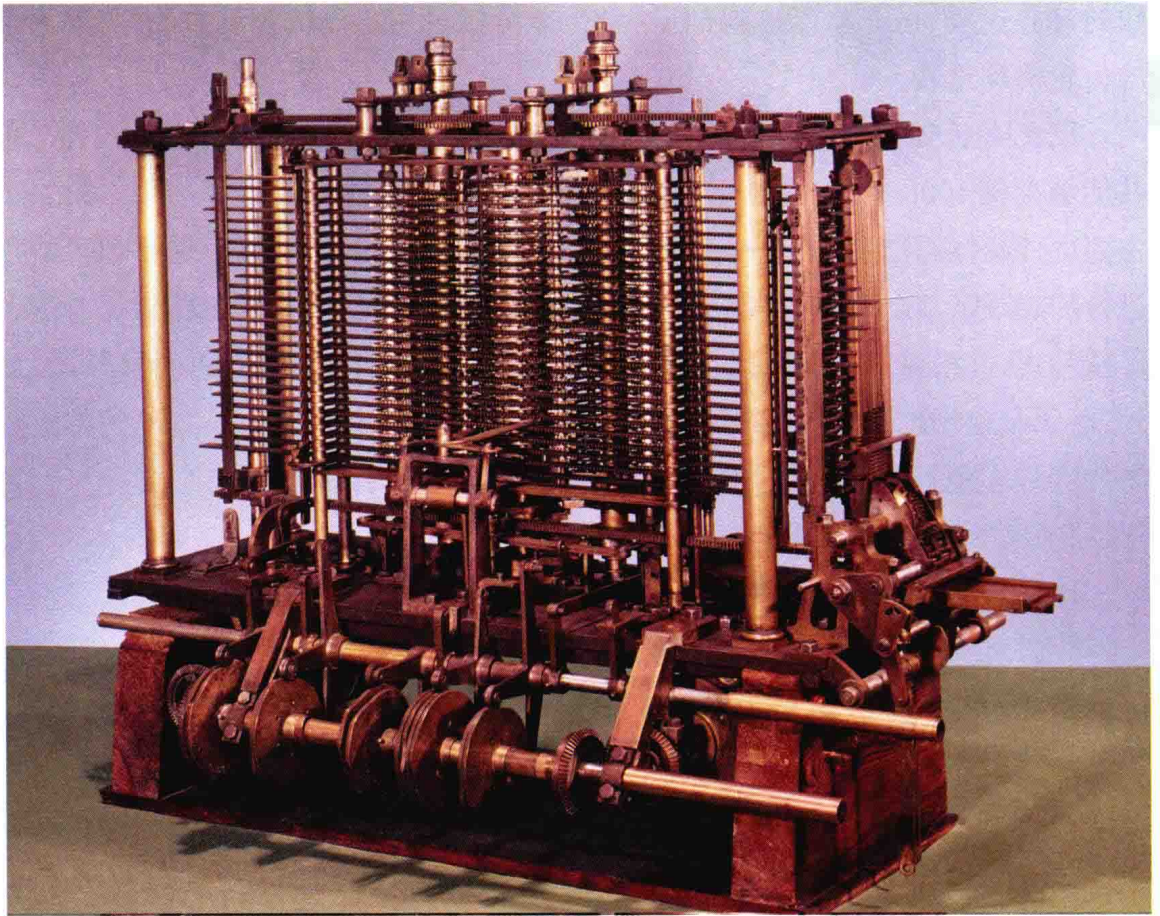


数的计算过程,运算精度达到6位小数。差分机采用蒸汽机为动力源,驱动大量的齿轮机构运转。

巴比奇首先构思了一种齿轮式的“存储库”,每一个齿轮可存储10个数,总共能够存储1000个50位数,且既能存储运算数据,又能存储运算结果。第二个主要部件是“运算室”,其基本原理与帕斯卡的转动齿轮相似,从存储库取出数据进行加、减、乘、除运算,其乘法运算是以累加的方式来实现的。巴比奇还改进了进位装置,使得50位数加50位数的运算可完成于一次转动齿轮的过程之中。此外,巴比奇也构思了送入和取出数据的机构,以及在存储库和运算室之间传输数据的部件。他甚至还考虑到如何使这台机器根据运算结果的状态改变计算进程,用现代术语来说,就是处理依条件转移的动作。

1823年,英国政府资助了他的工作,期望以此获得更高精度的导航、科学和工程数据。制造这台机器要求有较高的机械工程技术,预计需要25 000个零件,机器重达4吨。因为大量精密零件制造困难,加上巴比奇不停地边制造边修改设计,从1822年到1832年的10年间,巴比奇只能拿出完成品的1/7来展示。不过,差分机运转的精密程度仍令当时的人们叹为观止,标志了人类科技的一个重大进步。巴比奇的设计非常超前,特别是利用卡片输入程序和数据的设计被后人广泛采用。

巴比奇不断延后完成期限造成预算严重超支,加上制作过程中不断修改设计,时常与工程师发生冲突等诸多原因,这台差分机一直未能完成。英国政府终于宣布停止对巴比奇的一切资助,12 000多个精密零件被报废。



实验性的部分分析机©

失去了政府的资助后,巴比奇意识到需要设计一种更加通用的机器。他继续工作,于1834年设计了一台更为复杂的机械式计算机器——分析机。这台机器的设计逻辑非常先进,可以运行包含条件语句、循环语句的程序,还有暂存器用来存储数据。由于种种原因,直到他去世的1871年,这台机器也没有被真正制造出来。不过,一个多世纪后出现的现代电子计算机的结构几乎就是巴比奇分析机的翻版,只是主要部件被换成了大规模集成电路。因此,巴比奇当之无愧地成了计算机系统设计的“开山鼻祖”。

就在巴比奇的研究工作陷入困境时,本故事的女主角——数学家阿达·洛芙莱斯出场了。阿达是英国诗人拜伦勋爵的女儿。在她生活的那个年代,人们并不鼓励妇女接受教育,尤其是科学方面的教育。不过,由于家庭的显赫地位,阿达有机会同各种有才华的人相互交流,包括德·摩根、巴比奇和狄更斯等。

当时,英国杂志《泰勒的科学论文集》请阿达将一篇描述巴比奇的机器如何运行的法文文章翻译成英文。阿达发现那篇文章只介绍了巴比奇机器背后的数



学原理,于是决定加上自己掌握的一些知识,使文章内容更加丰富。

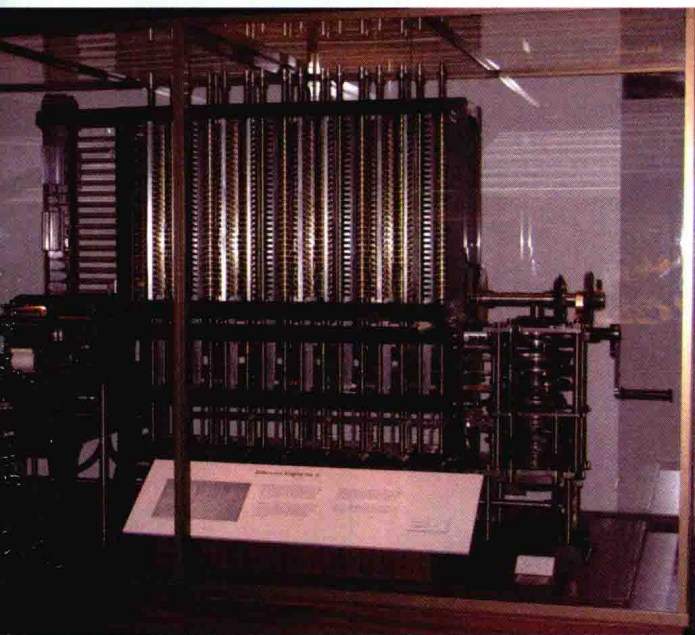
阿达对巴比奇的差分机和分析机的设计图样做了详细研究,弄清了其中的数学原理。在1843年发表的文章中,阿达不仅描述了机器的机制和用途,还解释了如何用机器来解决制作天文表、生成随机数、计算复杂数列等问题。她甚至编写了一个计算伯努利数的程序。这是一项令人钦佩的工作,因为阿达描述的是一台尚不存在的机器,而且她的许多见解连巴比奇都承认自己从未考虑过。

1970年代初,美国国防部为摆脱软件费用急剧增长的困境,提出设计研制统一的军用结构语言。1979年4月,由法国计算机科学家伊什比亚教授领导设计的“绿色语言”最终中标。为了纪念阿达对现代计算机与软件工程的重大影响,美国国防部将这种高级程序语言命名为Ada,以纪念这位世界上最早的有文字记载的计算机程序员。



阿达·洛夫莱斯^①

由于种种原因,可运行的差分机并没有在巴比奇和阿达手中诞生。然而,他们给计算机界留下了一份极其珍贵的遗产,包括30种不同的设计方案,近2100张组装图和50 000张零件图,以及那种在逆境中自强不息、为追求理想奋不顾身的拼搏精神。1991年,为了纪念巴比奇诞辰200周年,英国伦敦的科学博物馆根据巴比奇留下的图纸重新建造了一台真正的差分机。



伦敦的科学博物馆建造的差分机^②



1886年

霍勒瑞斯制造制表机



美国人口普查局徽标®

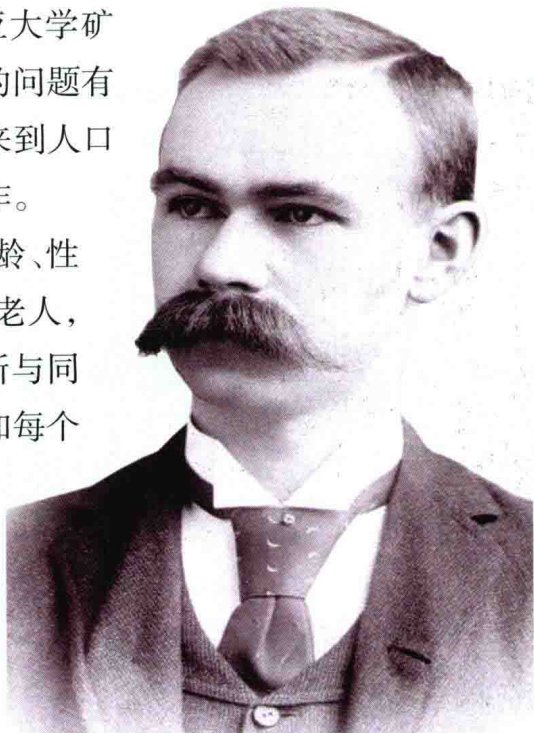
1880年,美国举行了一次全国性人口普查,为5000余万美国人口登记造册。当时,美国经济正处于迅速发展阶段,人口流动十分频繁。再加上普查的项目繁多,统计手段落后,从当年1月开始的这次普查,花了7年半的时间才把数据处理完毕。美国的法律规定,人口普查必须在10年内完成。人们意识到,按照当时的人口增长速度,若采用原来的统计手段,下一次1890年的普查在10年内不可能完成数据统计,于是,人口普查局公开招标寻求解决办法。

霍勒瑞斯在纽约城市大学和哥伦比亚大学矿业学院学习工程学,他对数学和机械方面的问题有着浓厚的兴趣。1879年毕业后,霍勒瑞斯来到人口普查局,参加了1880年的美国人口普查工作。

人口普查需要处理大量的数据,如年龄、性别等,还要统计出每个社区有多少儿童和老人,有多少男性公民和女性公民等。霍勒瑞斯与同事们一起深入到许多家庭征集资料,他深知每个数据都来之不易。完成信息收集后,霍勒瑞斯终日埋在数据堆里,用手摇计算器进行统计,但每天摇到满头大汗也完成不了多少张表格的数据。

这些数据是否可以由机器自动进行统计呢?霍勒瑞斯想到了织机工匠贾卡

在计算机发展史上,曾记载了一批业余发明家的丰功伟绩。他们既不是数学家,也不是专门从事电器设计的工程师。美国人口普查局的统计员霍勒瑞斯就是其中的代表人物。霍勒瑞斯发明的机器叫制表机,它在美国人口调查中起了什么关键作用?大名鼎鼎的IBM公司又与制表机有什么关系?



霍勒瑞斯®