



国家出版基金项目
NATIONAL PUBLISHING FUND PROJECT

新闻出版总署社会主义核心价值体系
建设“双百”出版工程重点出版物

巅峰 决战

中国“天河”超级计算机问鼎之路



◎ 白瑞雪 / 著

CTS

PUBLISHING & MEDIA

中国出版集团

湖南科学技术出版社

全面再现新中国超级计算机从无到有、从弱到强的
发展历程。新中国几代超级计算机领域科技工作者奋发
图强的真实写照。



新闻出版总署社会主义核心价值体系
建设“双百”出版工程重点出版物

巅峰 决战

中国“天河”超级计算机问鼎之路



◎白瑞雪 / 著

CBS

湖南科学技术出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

巅峰决战 / 白瑞雪著. — 长沙 : 湖南科学技术出版社, 2014. 1

ISBN 978-7-5357-7998-4

I. ① 巅… II. ① 白… III. ① 计算机科学—技术史—中国 IV. ① TP3-092

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 300962 号

巅峰决战

著 : 白瑞雪

责任编辑: 林澧波 王 斌

出版发行: 湖南科学技术出版社

社 址: 长沙市湘雅路 276 号

<http://www.hnstp.com>

湖南科学技术出版社天猫旗舰店网址:

<http://hnkjcbbs.tmall.com>

印 刷: 长沙超峰印刷有限公司

(印装质量问题请直接与本厂联系)

厂 址: 宁乡县金洲新区泉洲北路 100 号

邮 编: 410600

出版日期: 2014 年 1 月第 1 版第 1 次

开 本: 710mm×1020mm 1/16

印 张: 9.5

字 数: 134 000

书 号: ISBN 978-7-5357-7998-4

定 价: 30.00 元

(版权所有·翻印必究)



“爱情能计算吗？”中国第一台千万亿次计算机“天河一号”诞生的2009年秋天，我问国防科大的一位计算机科学家。

他用长长的一段话作答：“辩证法认为，世界是有规律的。但还有很多问题比如爱情，人类尚未发现其中的规律，而已经发现的规律中也有可计算的和不可计算的。换句话说，只要人类能够发现规律，并且找到方法把规律变成可计算的问题从而建立起物理和数学模型，计算机就能够替代人类在这些问题中的劳动。”

转眼5年。

2014年6月23日，在德国莱比锡召开的ISC国际超算大会（ISC14）宣布，位于国家超级计算广州中心的“天河二号”几无悬念地名列第43届TOP500排行榜榜首。这是天河系列超级计算机获得的第4枚“金牌”，也让“天河二号”实现了珍贵的“三连冠”。各国最强超级计算机没能赶上2014年11月之前完成疯狂开放的话，不出意外，即将在美国揭晓的第44届TOP500排行榜上，“天河二号”仍将蝉联冠军。从而将中国的超算“金牌”增加至5枚。

“天河二号”主任设计师、一袭红衣的卢宇彤仪态万方地走上舞台领取奖牌那一刻，我想起了当年的问题。在升级速度比我用的手机还快的天河系列计算机上，“规律”无处不在：计算机科学家们造出速度更快、应用环境更好的机器，有助于进一步揭示世界的规律；各行各业的用户通过发现更多规律，建立数理模型从而写出应用软件，才能把超级计算机抽象的计算能力转化为具体的计算成果。

发现规律既是科学探索的目的，也是科学探索的基础。

我有一帮哥们儿，五音不全但极热爱歌唱事业。每每与之K歌，我的价值观都会受到颠覆性的冲击。他们的演唱，突破了音符存在的意义，突破了曲与词的对应关系，突破了此歌与彼歌的界限。他们在一个八度与另一个八度之间、在说与唱之间毫无过渡地来回切换，如入自由之境。作为听众，我永远无法预测他们下一句将要神身上天还是蛟龙潜海，无法预测他们能在同一首歌里开辟出怎样一

种自主创新百家争鸣的局面，但我被他们的快乐深深感染。

你看，虽然人类早已从基因中发现了生命的部分密码，虽然美国科学家正在试图通过声波破译海啸踪迹，虽然国足在输球问题上从不让我们意外，世上还真有些问题是难循规律的。即使是我们以为有规律的事，放在不同的人身上，也可能显得没了规律。因此，探寻规律是一个极为艰难的过程。

对于“近代科学为何没能产生在中国”的“李约瑟难题”，李约瑟认为，中国古代缺乏自然规律观念，阻碍了近代科学技术在本土成长。

实际上，中国古人是有明确规律观念的。西周先人问：“悠悠苍天，曷其有常？”老子把“道”提升到宇宙和人生之巅。孙臆总结：“天地之理，至则反，盈则败。”天行有常，天地有道，万物有理。这“常”、“道”、“理”，就是隐藏在宏观世界与微观世界、物质世界与精神世界中的规律。

一个广为接受的解释是：中国古人并不是没有自然规律意识，但其追寻规律的行为是实用性的。他们更关心科学活动的用途——比如天象变化与皇帝娶媳妇的关系，而不是探究天象背后的物理原理。

就在中国固守“老中医”式传统经验科学的17世纪，英格兰的一个苹果砸出了牛顿的万有引力定律。建立在系统观察基础上的实验开始与严密的逻辑体系结合，形成了系统的科学理论。以伽利略和牛顿为代表的科学家对科学方法论进行了重大变革，使得理论和实验成为人类探索科学的两种基本手段。

伴随着科学前进的步伐，科学问题越来越复杂，这两种方法显示出局限性。20世纪40年代，电子计算机的发明大大提高了人类的计算能力，科学计算从此成为探寻世界的第三种方式。

错过近代科学的中华民族，在新中国成立后才加入国际科技竞赛。对于科学计算这一新兴工具，从“银河”到“天河”，中国的超级计算机由“中国创造”走向某些领域的“中国领先”。

追赶与竞争也许提供了最初的理由，但科学永远是最大的动力。

“天河二号”工程副总指挥李楠说：“赢得竞争只是我们发展超算的副产品，更重要的是考虑怎样把机器用好，获得更多的科学发现。”

这话真牛——拿第一是个撸草打兔子的事儿，科学家们不太在意，咱媒体也



别起哄得太厉害。至于外界“唱衰”或是“捧杀”，难扰我心。

从一个积贫积弱的国家发展为世界第二大经济体，占地球五分之一人口的中国人终于可以摆脱实用主义的桎梏，把目光从脚下投向头顶的星空，在对人类未来命运的关注中施展更为远阔的抱负。

安装在国家超级计算天津中心的“天河一号”已有用户600多家，每天运行的计算任务超过1000个，催生了一大批科学和产业成果。国家超算广州中心的“天河二号”也正式投入运行，为120多家用户开展了300多项典型应用计算，取得了显著的经济效益和社会效益。

开始对本书进行修改时，我正在搜救马航MH370飞机的中国海军舰艇上见证这场跨越半个地球的世纪大搜索。

这不仅仅是一次搜索行动，这更是一次规模空前的世界各国科技实力协作与比拼。

搜救的艰难远远超出预期。南印度洋风浪渐甚，而动用了各种高技术设备的各国搜救力量，至今没能找到那架飞机的蛛丝马迹。

今天人类的科技成果无论如何丰厚，对于牛顿所言的浩瀚海洋，也不过是贝壳一枚。谁也不知道，超级计算机还会引领我们通向一个怎样充满答案以及更多问题的新世界。

本书的完成，离不开前辈的帮助。感谢中科院计算所张云泉老师在多次采访中给予的教诲与启迪。他来自“天河”夺冠现场的每一次“报道”，让我们这些职业记者顿生失业危机感。

杨学军、廖湘科、刘光明、李楠、卢凯、胡庆丰、刘波、卢宇彤、朱小谦……感谢国防科大计算机学院诸位教授和学校政委王建伟、学院政委刘学民、主任杨一艺多年来的循循善诱春风化雨，促我这样一个无知的文科生爱上计算机。

感谢指导我在国防科大人文与社会科学学院攻读博士学位的导师刘戟锋教授和院长曾华锋教授。在他们的启发下，我正在试着把对于科学技术的原始兴趣上升为较为系统的逻辑思维，并有意识地摆脱记者职业琐碎记录所带来的负面影响。

感谢国防科大校报编辑龚盛辉老师和摄影师何书远老师。龚老师为我无私提供了大量关于“银河”往事的珍贵史料，而本书中多数照片来自何老师。

感谢湖南科学技术出版社林澧波、王斌两位老师自2012年以来的催促和对本书的精心编辑。没有他们的鞭策与宽容，很难想象我能克服自己的犹豫、胆怯、愚钝与懒惰。

感谢每一位热爱科学的读者。这本书也许过于严肃，那么下一次，我会努力让它更好看。



北京时间2014年6月23日下午，第43届ISC国际超算大会发布新一届TOP500榜单，“天河二号”排名第一，主任设计师卢宇彤和国家超算中心广州中心的郑毅共同领奖。在随后发表的获奖感言中，卢宇彤向英特尔和浪潮公司对“天河二号”研发的支持表示感谢。



目 录

001

目
录

第一章 科学之翼 /003

1. 那些古老的计算工具 /004

2. 大科学催生利器 /010

3. 时势论英雄 /015

4. 安全感、战争与沉寂的近代中国 /023

附录一：2014年6月世界超级计算机第43届TOP500排行榜前10名 /027

附录二：2014年6月第43届TOP500排行榜各国机器数量百分比 /028

附录三：1993年以来排名世界第一的超级计算机 /028

第二章 银河之光 /031

1. 军令状与沸腾年代 /032

2. 向上的阶梯 /038

3. 没有什么能够阻挡 /043

4. 不能忘记的名字 /048

附录四：中国超级计算机发展大事记 052

第三章 天河问鼎 /057

1. 山在那里 /058

2. 狂飙东来 /064

3. “天河”震惊世界 /074

附录五：对话张育林：“中国在高科技领域迈向世界一流水平” /082

附录六：“天河”大事记 /085



第四章 国家重器 /091

1. 走出象牙塔 /092
2. “中国制造”到“中国创造” /099
3. “天河”人的差距观 /108
4. 中国的理由 /115

附录七：2013年11月中国超级计算机TOP100排行榜前10名 /120

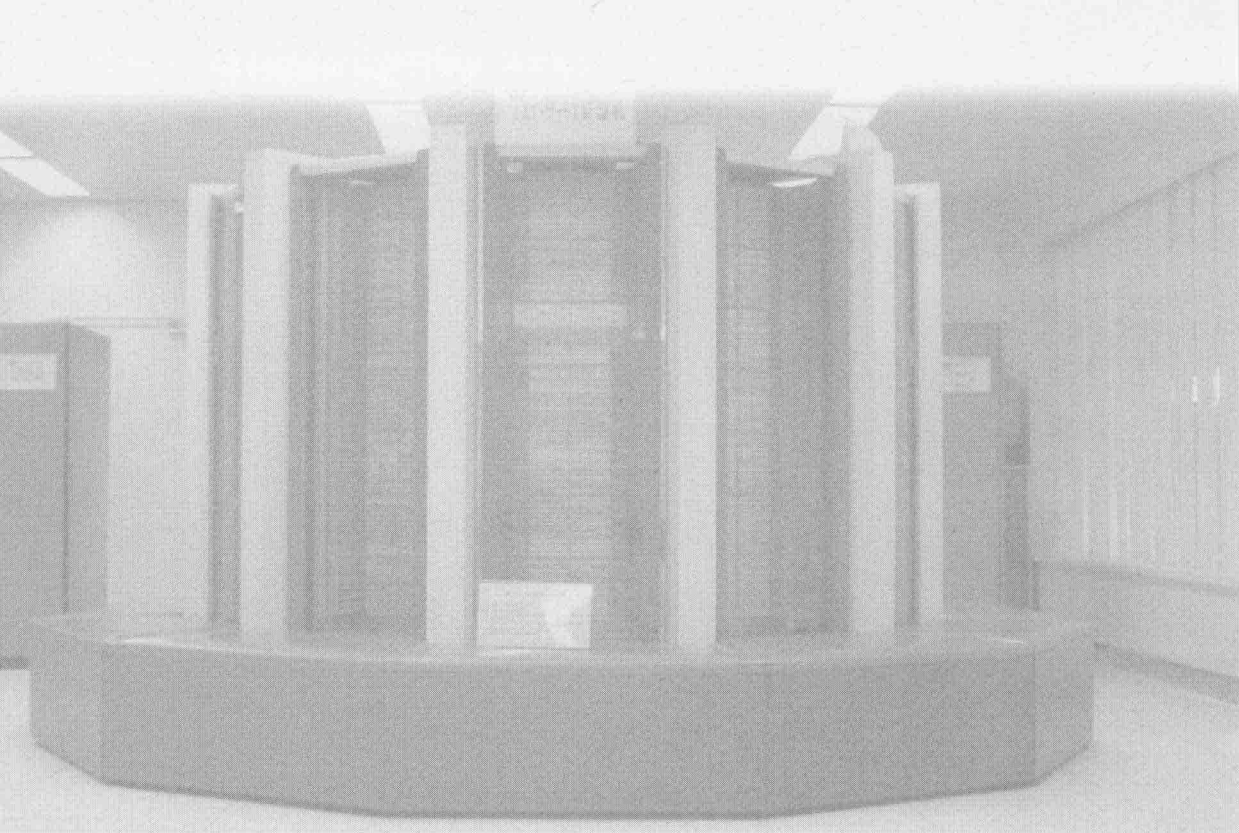
附录八：中国超级计算机谱系表 /122

第五章 乘风而行 /125

1. 百万万亿次的呼唤 /126
2. E级计算的挑战 /129
3. 相信未来 /134

附录九：对话杰克·唐加拉：世界超算与“天河二号” /137

代后记 地球历险记 /142



第一章 科学之翼

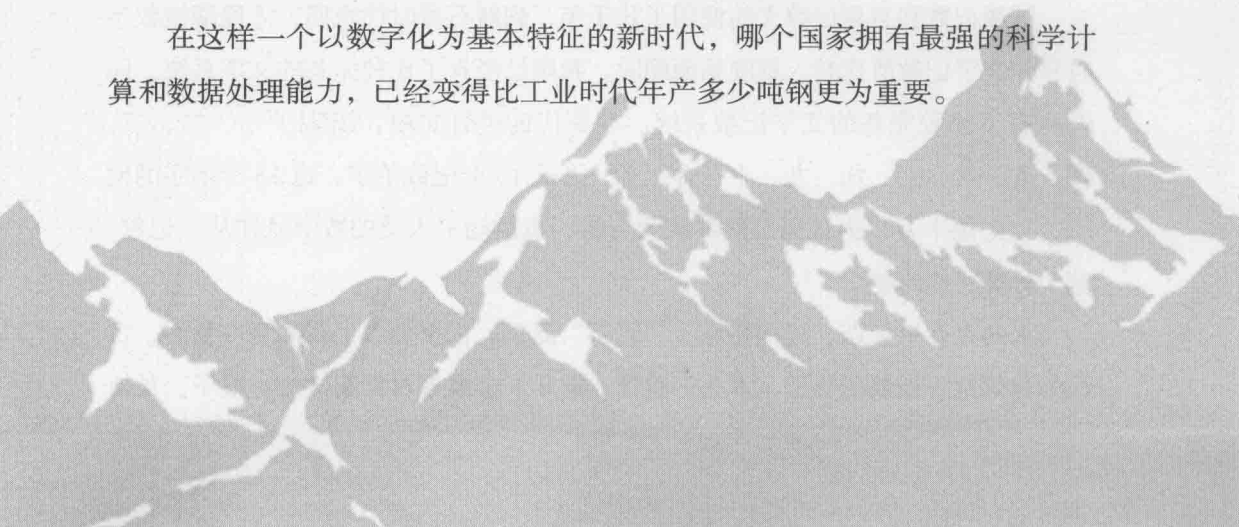
我们永远不可能知道，第一个仰望星空的人类成员在抬起头颅的那一刻，那比地球历史久远得多的银河在他内心激起了怎样的涟漪。

好奇心是人类的本能，尽管在被傲慢与偏见占据的岁月里，我们曾为这一点付出巨大代价。第一个证实太阳是宇宙中心的哥白尼生前始终没有机会出版自己的作品，他的学生布鲁诺被烧死在罗马的鲜花广场上，被誉为“现代科学家之第一人”的伽利略大半生在教会监视下度过，质疑“上帝造人”的达尔文在每个讲台上都被当作人类公敌而谩骂。

这一切，无法阻挡科学浩浩荡荡的前行。对于从宇宙到微观世界、从远古历史到未来社会的一切，我们像先驱者们一样充满好奇，并努力创造条件满足好奇。于是，在漫长的科技发展进程中，实验和理论成为探索世界的两种基本方式。随着科学问题越来越复杂，电子计算机的诞生又为人类提供了科学发现的第三种手段——计算。

作为珠算这一古老计算工具的发明地，中国见证了人类不断加速计算的历程。发展速度超级快、存储容量超级大、耗电超级多的超级计算机，无疑是众多计算工具中的“珠穆朗玛峰”。建设创新型国家的巨大驱动下，中国这个世界第二大经济体正在迎来大力发展科学计算的新时代。

在这样一个以数字化为基本特征的新时代，哪个国家拥有最强的科学计算和数据处理能力，已经变得比工业时代年产多少吨钢更为重要。



1。那些古老的计算工具

几根木头一把木珠，默念口诀噼噼啪啪上下拨动，就拨出了答案。这一将计算过程形象化的工具叫作算盘，中国人再熟悉不过。作家谢尔顿（Sidney Sheldon，1917—2007）在小说《假如明天来临》里讲有人兜售袖珍计算机，声称“价格低廉、绝无故障、节约能源、10年中无须保养”，买家打开包装盒一看，原来是一把来自中国的算盘。

2013年12月4日，联合国教科文组织保护非物质文化遗产政府间委员会第八次会议在阿塞拜疆巴库通过决议，正式将中国珠算项目列入教科文组织人类非物质文化遗产名录。联合国教科文组织介绍说，珠算伴随中国人经历了1800多年的漫长岁月，它以简便的计算工具和独特的数理内涵，被誉为“世界上最古老的计算机”。

发明珠算的中国，见证了人类不断寻求更快、更方便计算工具的历程。

中国最早的记数方法是结绳，通过在一根绳子上打结来表示事物的多少。稍晚一些，古代先民发明了契刻记数，即在骨片、木片或竹片上用刀刻上口子，以此代表数目。现代社会仍在使用的画“正”字方法简单、直观，与古老的记数方式异曲同工。

结绳记数和契刻记数大约使用了几千年，到新石器时代晚期，才逐渐被数字符号和文字记数所代替。最晚到商朝时，我国已经有了比较完备的文字系统，同时也有了比较完备的文字记数系统。在商代的甲骨文中，出现了一、二、三、四、五、六、七、八、九、十、百、千、万这13个记数单字。这13个单字的发明，让记录十万以内任何自然数成为可能，也推动了人类的数字认知从“记数”到“计算”的跨越。

大约在春秋晚期、战国初年，“算筹”诞生。根据史书记载和考古发现，古代的算筹是一根根用竹子、木头、兽骨、象牙、金属等材料制成的小棍子，长短



和粗细一致如中国人吃饭离不开的筷子，二百七十几枚为一束放入布袋，系在腰间随身携带——由此可见，古人的记数和计算需求就像我们现代人的移动通信一样，是便携式的、随时随地的。

在算盘发明、推广之前，算筹一直是中国最重要的计算工具。古代科学家祖冲之（429—500年）正是在算筹的辅助下不可思议地最先算出了圆周率小数点后第6位。随着手工业、商业的发展，数学计算日益复杂，拨珠的速度远比摆弄算筹棍子更方便、快捷，于是有了珠算。关于珠算最早的文字记载来自汉末三国时期徐岳（？—220年）撰《数术记遗》：“珠算，控带四时，经纬三才。”取代了算筹的算盘15世纪起普遍应用，成为阿拉伯数字20世纪初在中国推广使用之前最常见的计算工具。

算盘从中国流传至朝鲜、日本、越南等亚洲国家，后来又被商人带到西方。很多文明古国都曾出现过类似的计算工具，如古罗马算盘、日本算盘和俄罗斯算盘。算盘帮助中国古代数学家取得了不少重大的科技成果，对中国文化的影响同样是巨大的，以至于我们今天形容心思繁多者时仍然会说，他在打什么小算盘？

世界各国还发明过各种各样的计算工具，例如古希腊人的“算板”，印度人的“沙盘”，英国人的“刻齿本片”等。它们的原理大致相同，都是以某种物件来代表数字，并通过对物件的机械操作来进行运算、得出结果。这一原理包含了把抽象事物形象化的思维过程和解决方案。

15世纪以后，随着天文、航海的发展，计算工作日趋繁重，迫切需要改进工具。很快，“格子算法”在中亚细亚及欧洲流行起来。这种把格子和数字刻在竹片或木片上、进而根据需要进行组合的计算方法，能够把乘法运算转为加法、把除法运算转为减法，甚至可以开平方根。

在约翰·纳皮尔（John Napier, 1550—1617）对数概念发表后不久的17世纪二三十年代，牛津的埃德蒙·甘特（Edmund Gunter, 1581—1626）发明了一种使用单个对数刻度的计算工具，配合以其他测量工具，可以用来做乘除法。1630年，剑桥的威廉·奥特雷德（William Oughtred, 1575—1660）发明了圆算尺，可以视为现代计算尺的雏形。

战争放大了计算需求。第二次世界大战中，执行兵力投送、火力打击等任务

的人们拿计算尺快速计算武器射程、燃料使用或飞行器高度。正如显微镜代表了医学行业一样，计算尺成为工程师身份的象征。20 世纪五六十年代的专业人士常把这种工具穿在皮带上，跟手机流行之初把“大哥大”别在腰间的现代人一样，既方便使用，也是一种显摆。

机械式计算机几乎与计算尺同时出现。天才科学家帕斯卡（Blaise Pasca，1623—1662）在 1642 年成功研制第一台能计算加减法的计算机，并把机器复制了 50 台，其中的大多数成了富人家客厅里新奇的摆设。帕斯卡的机器是人类历史上第一台真正的计算机，其中保存至今的几台珍藏在法国巴黎工艺学校、英国伦敦科学博物馆等地。

德国数学家戈特弗里德·莱布尼茨（G.W.Leibniz，1646—1716）在 1671 年发明了一种能进行四则运算的手摇计算机，后用于人口计算。这位博学多才的科学家在当时已经认识到，人口红利是一个国家最重要的资源之一，而他“可以用机械代替人进行繁琐重复的计算工作”思想至今仍在激励着一代代后来者们不断探索研制新的计算机。

帕斯卡与莱布尼茨的发明并不是现代意义上的计算机，但它们点燃了人类计算机史上的第一支火炬。这一时期，计算工具的运行方式从手工摆弄进入机械操作，全世界出现了多种多样的手摇计算机，并在 17 世纪末传入中国。

实现“机械化”后，人们开始思考计算工具的“自动化”。1822 年，英国的查尔斯·巴贝奇（Charles Babbage，1792—1871）制成了一部能执行计算程序的差分机，并于 1834 年设计出完全程序控制的分析机。受当时的机械制造技术限制，这台分析机仅仅停留在图纸上，但它已经包含了现代计算机的基本思想。为计算机研制穷尽毕生财力、精力的巴贝奇离开人世后，有人把他的大脑用盐渍方法保存起来，希望经过若干年后，有更先进的技术能够研究、实现他大脑里的构想。

19 世纪初期，电力从一种神奇的自然力量逐渐走向人类应用。尽管早在公元前 600 年左右的古希腊，人们已经从吸附灰尘的琥珀上发现了“电”，直到 1800 年，意大利物理学家伏特（A. Alessandro Volta，1745—1827）才发明了世界上第一块电池，1821 年英国物理学家法拉第（Michael Faraday，1791—1867）发明了世界上第一台电动机。



在电力技术的推动下，电动式计算机逐渐取代人工动力计算机。1880年，美国的霍勒里斯（H.Hollerith，1860—1929）与比林斯（S.Billings，1838—1913）发明了电动穿孔卡片式计算机，这一机器在1890年的美国第12次人口普查中使用，实现了人类历史上第一次大规模数据处理。后来他们开创了第一家制造电子计算机的公司——国际商业机器公司即IBM。

进入20世纪，电子技术与数学的蓬勃发展为计算机的改进奠定了物质和概念基础，采用电子管和二进制研制电子计算机成为热门话题。

1941年，德国的楚泽（Konrad Zu Se，1910—1995）采用继电器制成第一部通用程序控制计算机，实现了100多年前巴贝奇的理想——电脑史学家认为，如果楚泽不是生活在法西斯统治下的德国，他可能早就研制出了电子计算机，从而改写世界计算机的历史。3年后，美国的艾肯（Howard Hathaway Aiken，1900—1973）也用同一方法制成了一台程序控制的自动数字计算机。在第二次世界大战迫切的军事需求推动下，美国宾夕法尼亚大学于1946年制造出ENIAC（Electronic Numerical Integrator And Computer）电子计算机。

这台庞大的机器占地面积170平方米，重约30吨，耗电量150千瓦，造价高达48万美元。它每秒能执行5000次加法或400次乘法，是继电器计算机的1000倍、手工计算的20万倍，它还能进行平方和立方运算，计算正弦和余弦等三角函数的值及其他一些更复杂的运算。

与今日超级计算机动辄每秒亿亿次的计算速度相比，这个庞然大物的能力似乎微不足道，但在当时已经是了不起的成就。ENIAC问世后立即投入美国军事应用，原来需要20多分钟时间才能计算出来的一条弹道只要30秒，极大缓解了计算速度大大落后于实际要求的矛盾。更重要的是，著名科学家冯·诺依曼（V.N Weumann，1903—1957）带着原子弹研制过程中的计算问题加入了这研制小组，因此可以说，ENIAC为世界上第一颗原子弹的诞生和战争的迅速结束也立下了功劳。

然而，ENIAC被称为世界上第一台电子计算机并不准确。早在它问世前两年，为破译德国“洛伦茨（Lorenz）”加密机密码而生的“科洛萨斯（Colossus）”电子计算机已经在英国投入情报工作。

这台计算机部署在英国军情六处密码破译中心，位于剑桥和牛津两大学府之间的布莱奇利庄园（Bletchley Park）。久负盛名的“恩尼格玛”（ENIGMA）密码被破译之后，采用更复杂密码算法、希特勒认为不可战胜的“洛伦茨”成为盟军在情报战线上的新对手。

使用了 1500 个电子管、质量约 1 吨的“科洛萨斯”，可谓雪中送炭。破译“洛伦茨”，其他手段需要 6~8 星期，而使用“科洛萨斯”计算机仅需 6~8 小时。1944 年 6 月，在诺曼底登陆前几天，它的升级版破译电文显示：希特勒认为盟军的登陆地点为加莱，盟军针对诺曼底地区的军事准备行动只是佯攻，因此德军不必增加诺曼底地区的兵力部署。

战争至此，胜负已定。立下赫赫战功的“科洛萨斯”在战争结束后拆卸销毁。作为最高军事机密，它所完成的历史使命直到 20 世纪 70 年代才为人们所知。被业内人士誉为现代计算机发源地的布莱切利庄园门前立了一块石碑，上面刻着丘吉尔向情报人员致敬的那句名言：“在人类历史上，从未有如此多的人对如此少的人亏欠得如此多。（Never in the field of human conflict was so much owed by so many to so few.）”

成也战争，误也战争。军事需求催生了电子计算机，但首先研制出计算机的英国人仅仅把它作为战争工具来使用，没能抓住大力推动计算机技术发展的契机，而是把历史机遇拱手相让给了美国人。

对于后者，一个属于 ENIAC 的时代很快到来了。不过，它的历史还必须追溯到 5 年前的 ABC 计算机。。

20 世纪 30 年代中期，美国艾奥瓦州立大学数学系和物理系教授约翰·文森特·阿塔纳索夫（John Vincent Atanasoff, 1903—1995）决定研制电子计算机。他的初衷很简单——教学上经常不得不进行大量复杂枯燥的计算，而当时最快的机械计算机还是太慢且误差偏大，他需要更好的计算工具。

阿塔那索夫的设计包含三个关键性设想：使用二进制代替十进制表示数据，以保证精度；使用电子器件取代机械部件进行计算操作，以保证计算速度；机器采用把计算功能和储存功能相分离的结构，这就是著名的“计算机三原则”。

这些设想渐渐成为现实。在工程师克利福特·贝瑞（Clifford E. Berry,