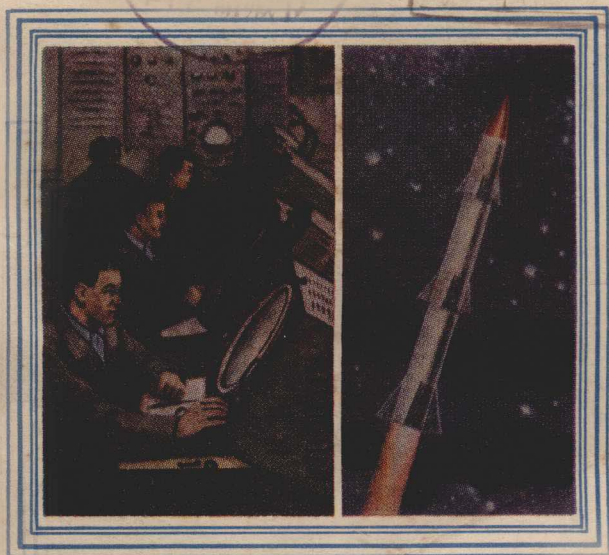




电子计算机 在军事技术中的应用

黃国仁、秦若川 編譯



國防工業出版社

电子计算机在军事技术中的应用

黄国仁、秦若川 編譯

張元坡 校

*

國防工業出版社 出版

北京市书刊出版业营业许可证出字第 074 号

新华书店北京发行所发行 各地新华书店經售

国防工业出版社印刷厂印装

*

787×1092 $\frac{1}{32}$ 印張 $2\frac{3}{8}$ 50千字

1964年8月第一版 1964年8月第一次印刷 印数: 0,001—3,650册

統一书号: 15034·740 定价 (科六) 0.34 元

目 录

緒 論	3
电子计算机在軍事技术上的应用	14
电子数字计算机在防空系統中的应用	24
飞机运行控制用計算裝置	32
飞机数字计算机	34
火箭控制系統中的計算裝置	51
计算机在控制部队方面的应用	56
计算机在后勤工作中的应用	62
电子计算机的发展远景	65

出版者的話

为了解决現代化軍事技术发展中的許多重大問題，勢必要进行大量而繁雜的計算。其計算量之大，远非一般手搖計算机、計算尺或算盤等工具所能完成的。快速电子計算机的出現，已使得用数学求解現代化軍事技术以及其他科学技术发展的最重大問題发生了一次革命。現代化的通用电子計算机，每秒钟能完成千万次算术运算，能代替上万个計算員的劳动量。电子計算机的高速运算，使得計算導彈飞行軌迹的速度超出了導彈本身飞行的速度，以致对導彈的控制极易实现。

由于电子計算机具有极大的快速性、通用性，目前各国已将之大規模的应用到各軍事部門，作为作战仪器、試驗設備和教練裝置。本书較系統地讲述了电子計算机在軍事技术中的应用，列举了在防空系統中、飞机和火箭的控制系統中以及控制部队和部队后勤工作中应用的实例，并提出了电子計算机的发展情况和发展方向。

本书系根据苏联 Ф. В. Майоров 編 “Электронные вычислительные машины и их применение” 一书編譯而成。苏联的这本书是根据 1958 年以前的資料編写的，許多資料已显得陈旧。鉴于电子計算机在軍事方面应用的书籍我国尚未出版过，我們把其前半部讲述电子計算机一般原理部分刪掉了，把电子計算机的实际应用，主要是軍事上的应用加以改編出版，介紹給讀者。

本书可供具有电子計算机一般知識并对其軍事应用有兴趣的讀者參閱，也是一种普及性参考讀物。

目 录

緒論.....	3
电子计算机在軍事技术上的应用.....	14
电子数字计算机在防空系統中的应用.....	24
飞机运行控制用計算裝置.....	32
飞机数字计算机.....	34
火箭控制系統中的計算裝置.....	51
计算机在控制部队方面的应用.....	56
计算机在后勤工作中的应用.....	62
电子计算机的发展远景.....	65

緒 論

快速电子計算机的問世，是本世紀卓越成就之一。随着科学技术的发展与工业生产范围的扩大，有必要进行大量而繁杂的計算，需要人們付出成百上千小时的劳动。因此研制了具有快速和高准确度的电子計算机，这些机器能解复杂的数学問題，而花費的时间很少。

远在电子計算机問世之前，在十九世紀末和二十世紀初，研制了加速會計和統計計算速度的第一架計算机，随后又制成了炮火控制仪器用解算装置和数学机。1911年苏联 A. H. 克雷洛夫研制成一架解微分方程的計算机模型，其中采用了机械加法器、乘法器和积分器。

由于二十世紀 30~40 年代电子学和无綫电技术的蓬勃发展，誕生了新型的电子計算机。与上述机械式和机电式計算机相比較，电子計算机的准确性更高，通用性更大。

1945 年在美国制成了一架电子数字計算机，随后又接着出現了几十种不同类型的电子数字計算机。这些計算机能解任何数学問題；因为任何数学問題的求解均可归之为一系列的基本算术运算。要进行高准确度（6~10 位以上的十进制数）的計算，必須采用这些电子数字計算机。

用电子計算机解任何数学問題均必須預先編制計算机將順序进行算术运算的詳細程序，这种程序的編制要花費很长的时间；为了簡化計算机的結構、减少电子管数量、提高計

算机工作的可靠性并减少程序編制所需的时间，常采用专用数字计算机来解某一类問題。

通用数字计算机主要用于解算需要大量計算、高准确度的各种数学問題。这些問題的求解，在各种科学技术领域中进行科学研究时是必需的。例如：在无线电工程方面，在设计天线和波导管时，必須求解电磁能的空間傳播方程。導彈和火箭高速运行的研究，与描述阻抗介质（气流）中物体运动方程及运动的“流綫性”微分方程的求解是分不开的。为了預报天气，就需要在短時間內解出大量具有許多未知数的代数方程或微分方程。許多实验观测与統計数据的处理，以及数字表的編制等，也需要作大量的、高度准确的計算。所有这些問題，都可以用电子数字计算机順利地求解。

通用数字计算机能按照任一給定程序进行大量計算，其結構很复杂，包含有几千个电子管、几万甚至几十万个无线电零件（电阻器、电容器和整流器等），整个設備要占用一間很大的机房。例如，在美国有一架通用电子计算机，由十一个部件組成，包括 4000 多个电子管和 12000 多个半导体二极管，总重达 12 吨；此外，工作时所需的冷却設備重达 80 吨，放置机件的机柜高达 2 米，占用机房面积为 100 平方米，要消耗很多的电能。这部计算机可进行原子能釋放时輻射作用的計算、飞机与導彈空气动力学特性的計算、結構零件强度与振动的分析以及其他方面的計算。它用十位十进制数进行操作，每秒钟能进行 16666 次加法或减法运算，或 2192 次乘法运算。一个計算員用普通的手搖计算机进行計算，如果每天不超过 1000 次算术运算的話，那么这部电子计算机就能代替 300000 多个計算員的劳动。

又如苏联科学院 1955 年研制的 БЭСМ 型快速电子计算机 (图 1), 占用机房面积达 100 平方米, 有 5000 个左右的电子管。它用于求解各种科学技术领域中需要进行大量计算的问题。全部算术运算均由计算机中一个通用并行运算器进行, 运算器系由电子继电器 (触发单元) 组成的。计算机平均每秒钟能进行 7000~8000 次加法运算。为了存储计算过程中所用的数, 采用了能存储 1024 个代码的专用电子射线管[●], 还采用容量为 8192 个代码的磁鼓作磁性记录。计算的结果记录在磁带上, 然后借助于照像印刷装置印在胶片上; 印刷速度为每秒 200 个数。

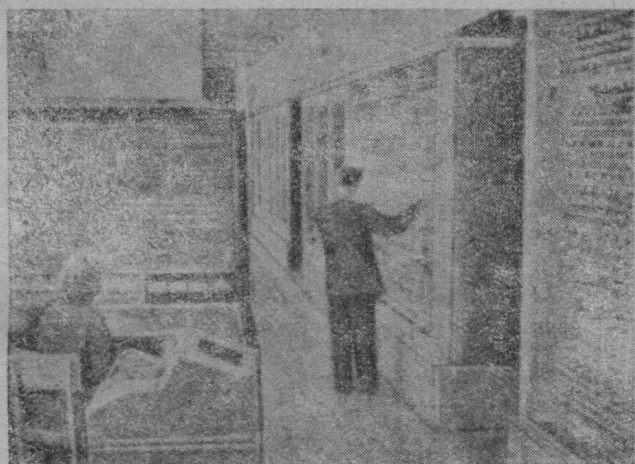


图 1 БЭСМ型电子计算机。

苏联科学院动力研究所研制了 M-2 型通用电子计算机 (图 2), 其体积小, 工作速度较低。它包含 1670 个电子管,

● 近来已采用由铁淦氧磁心构成的、容量为 1023 个代码的磁存储器代替电子射线管, 此种存储器包含 800 个电子管。

所占机房面积为 22 平方米。运算速度为每秒钟 3000 次加法运算。采用容量为 512 个代码的普通电子射线管构成存储器。消耗功率 29 千瓦。

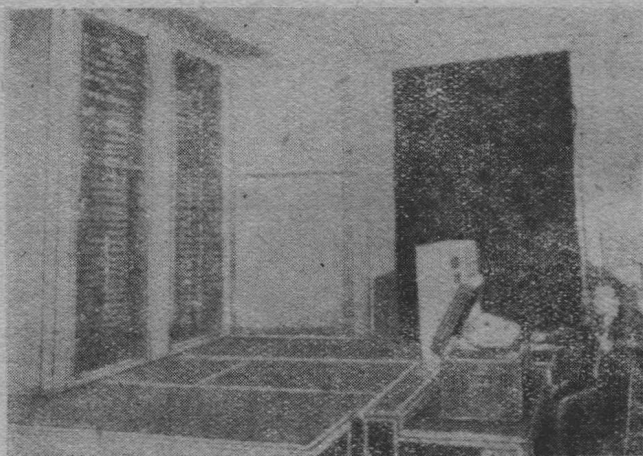


图 2 M-2型电子计算机。

除上述通用电子计算机外，还研制了一些小型专用计算机，其存储器的容量较小，计算速度较低，用以进行算术运算的数位也较少。它们用来解算某一类问题或控制某种对象。

按照解数学问题的原则来分，计算机可分为三类：

1. 连续作用式计算机或模拟机；
2. 数字计算机；
3. 数字积分机或数字微分分析器。

连续作用式计算机利用连续变化的物理量（电压、转轴的角位移等）进行代数运算。例如，要将 A 、 B 两数相加，可用等于此两数或与之成比例的两个电压来表示，两电压相加，即得到等于此两数之和的电压。以转轴的角位移表示两数之和，也是用将机械运动相加的方法进行的。

在模拟计算机中必须完成的全部代数演算，均借助于按相应比例“模仿”给定量的电压来进行，电压可随时間連續变化，计算机将連續給出解算結果。电压电路用来模拟被解方程式或以此方程式描繪的物理过程，这种物理过程如摆的摆动、热随時間的扩散以及管道中液体的流动等等，均可用确定参与該过程的所有各量間一定关系的数学方程来表示。这些方程式往往是极其复杂的，在模拟计算机中，这些方程式以电路的结构形式表示，电路中电压变化的情况与实际物理过程中的变化完全一样。因而，如果以相似的电压过程来“模仿”，就有可能詳細研究瞬变的物理过程。电压的变化过程借助于各种电气仪表来記錄和观测，电气仪表可将被研究过程随時間变化的情况用曲綫或图象的形式表达出来。

由上述可以看出，就研究物理現象來說，在科学技术中模拟计算机具有十分重大的意义。模拟计算机广泛地用来研究和計算飞机的运动，水輪发电机和噴气发动机的振动，发动机、自动駕駛仪和核反应堆控制等調整时瞬变过程的分析。模拟计算机的迅速、簡單和直观的解題能力十分重要，这些可保証对实际物理过程有較好的理解。所以，模拟计算机是許多工程計算用的基本的和重要的工程仪器。

模拟计算机的主要部件是：电压相加与积分用运算放大器，表示非綫性量用的乘法装置和函数装置。现代模拟计算机約有 40~50 个标准加法器和积分放大器、5~10 个乘法器和函数装置、2~6 个記錄仪器和 1 个观测瞬变过程曲綫用的电子射綫管。曲綫是解算的結果。总共有数百个电子管，全部設備均放在一个大机柜中，約消耗 10 千瓦以上的电能。

模拟计算机的优点是解題速度快，一秒钟可得出 50~

100 个以上复杂问题的答案；对给定问题计算机调整的简便性和解题结果的明显性都是其广泛应用的原因。

模拟计算机的缺点是：计算准确度有限；通用性很小。对于许多工程应用来说，其计算准确度是够用的。模拟计算机中，代表被解方程某项的每一个数，均以电压量解出。电压、角位移或其他量的测量准确度取决于部件的制造工艺、所采用的公差和外界因素（温度、电源电压的变化、偶然误差和其他系统的误差）对测试结果的影响。因此，只有加大计算机零件和部件的尺寸并使装置复杂化，才有可能获得高的准确度，这就会导致重量和体积的增大以及成本的提高。但是，增加重量常常是不合理的，特别是在航空方面，设备减少一公斤的重量也是十分重要的。模拟计算机通用性小的缺点，在解算装置中表现得特别严重，它只能按一定的公式解某一个问题，要转换到解另一问题是不可能的。所以，电子数字计算机的出现，就意味着向前迈进了一大步。

数字计算机以二进制代码表示数的一定顺序的电压脉冲进行运算，将解数学问题归结为四则运算——加法、减法、乘法和除法，按预先给定的程序进行运算。进行运算的顺序和人们作这些运算时一样，将计算结果记在纸上，将得到的数相比较并据此进行下一步运算。为使计算机以所需的次序自动地完成运算，应编制好程序，送入相应的指令，每条指令要指明计算机用什么数进行何种算术运算，这些数取自哪些“存储”单元，计算的结果记录在何处。借以完成所需运算的指令和数的综合编称为程序设计。程序以指令的形式用一定的代码记录在磁带或其他设备上。

电子数字计算机的结构方框图如图 3 所示。它由下列六

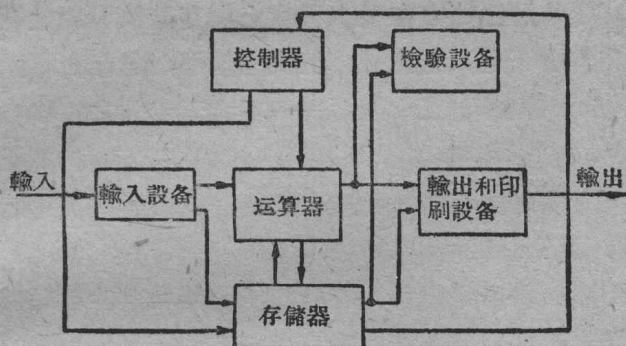


图3 电子数字计算机的方框图。

个部件組成：

1. 輸入設備 借助于輸入設備，將原始數據和由個別指令與數編成程序的指令輸入到計算機中。這些數據記錄在磁帶、穿孔紙帶或照相膠帶等上。

2. 运算器 由运算器進行初等算術运算及邏輯操作——加法、減法、乘法和除法。後兩種运算可借助於加法和減法進行，所以运算器基本上是由一個部件——將數相加或相減的加法器組成的。

3. 存儲器 存儲器用來存儲數碼和指令，中間計算結果也寫入存儲器。存儲在存儲器內的數碼或指令可由所需的存儲單元選出，並送到計算機的其他部分。為了從存儲單元中選出所需數碼和指令，在指令中表明存儲單元的地址，即該單元號碼的代碼（在二進制中）。例如，若完成兩數 A 及 B 相加，在指令中應給出三個地址：選取數 A 並將已送往运算器的單元地址，數 B 的單元地址（數 B 也由存儲器選出，並送到运算器按“加法”指令與數 A 相加）以及存儲下一步計算所需的相加結果 $A + B$ 的存儲單元地址。

計算機的計算能力在很大程度上由存儲单元的數量或存儲器的容量來決定。為使計算機快速作用，自存儲單元取出數或指令所需的時間應十分短——不大於千分之幾秒。

4. 控制器 控制器保證按給定的程序自動完成所有各種計算，它控制由存儲單元選取數碼，給出所需算術運算指令，向存儲單元傳送計算結果，選擇下一指令，輸出計算結果等。由控制器給出信號，使計算機元件和組件自動進行必要的連接，以保證所需指令和算術運算的順序。

5. 檢驗設備 在計算過程中，檢驗設備可從控制台上檢查整個計算機、計算機個別環節甚至单个元件的工作情況。控制台上有所謂的信號來顯示計算機中發生的錯誤。為了發現計算的偶然錯誤，有各種按專門程序檢查計算的方法。

6. 輸出和印刷設備 這種設備用來將所得計算結果記錄在磁帶或照相膠片上，以便使用電傳打字機依次打印出計算結果數據表；也可以將所得結果印成曲綫圖。

數字計算機中採用二進計數制的優點是數的每一位都用 1 或 0 表示，使得計算機可以使用按“是”、“非”原理工作的元件。電子管、晶體管均只有兩個工作狀態——導電或截止，是數字計算機的基本元件。此外，二進制使得有可能用最簡單的方法——加法來進行乘法運算而無需使用乘法表。為了讀數簡便，通常在輸入端將十進制數換算成二進制數，而在輸出端則將二進制數換算為十進制數。

數字積分機用脈沖進行操作，每個脈沖是給定量的一定增量，在電子計數器中累加之後形成數碼，此數碼即給定物理量的積分。因此，數字積分機與數字計算機不同之處在於：數字積分機的全部計算均歸結為積分運算，積分運算由

数的加法和减法运算来完成。

数字积分机具有連續作用的特点。解数学問題的連續过程可借助于同一积分器用連續积分法来完成[●]，这种方法之所以可能，是因为在数字积分机中設有存儲器。数字积分机中也采用模拟计算机中所应用的解題电路，这就保证了动作連續、工作速度高和調整簡單。采用数字积分机能大大提高計算准确度，提高灵活性及通用性，并使結構更为簡單、經濟。

在数字积分机中解題时，不需要像数字计算机中那样編制复杂的程序，可利用轉換事先編好的程序或調整电路来迅速換接。一般运用六位十进制数进行操作，其計算速度較高，整个解題時間只取决于所要求的准确度，要求的准确度愈低，解題所需時間就愈短。通常解題准确度可达6~7个十进位数。

数字积分机的优点是所需电子管或其他无綫电零件的数量較少，使用时极其輕便、可靠，制造也較簡單，且具有足够高的准确度。

数字积分机首先被用来求解微分方程，故在文献中常称之为数字微分分析器，其次，数字积分机也用于軍事技术中求解控制对象的問題。例如，已制成一种解微分方程用数字积分机（图4），共用約400个电子管和几百个鍺二极管，其体积与一般写字台相似，重量仅160公斤，消耗功率为3千瓦。它用六位十进制数进行运算，計算速度很高，每秒钟可

● 为串行积分机。此外，尚有由一些单独数字积分器組成的并行积分机。

进行約 5000 次加法或减法运算。用来求解各种物体在阻 抗 介质中运动的空气动力学方程（描述飞行軌迹）和求解积分方程、代数方程等。

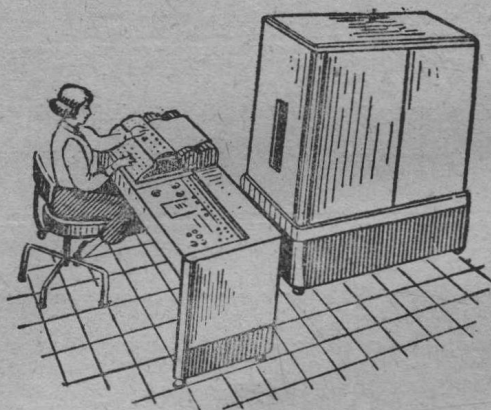


图 4 数字积分机。

已制成另一种数字积分机，用十进制数进行运算，具有 60 个积分器，每一积分器的容量为 7 个十进位。积分器的数碼分置在直径为 280 毫米的磁鼓上，磁鼓的轉速为 4000 轉/分。积分的最高速度为：用 60 个积分器的算題每秒钟解題 100 个，只用 30 个积分器的算題每秒钟解題 200 个。可以采用矩形公式或梯形公式的积分方法。解題的原始数据、程序以及图表資料均由穿孔卡片送入数字积分机，自动完成解題过程中所需的各種邏輯运算，如根据积分結果自动改变初始条件；当条件已知和自变量符号改变时，自动在任一点停止；計算解題結果时，将某些系数自动轉換为另一些系数等等。

目前还研制出一种科技計算用台式数字积分机（图 5），其輸入装置与普通打字机一样大小。积分器的容量为 20 个

数，其解微分方程的准确度达5个十进位。它有一个不大的磁鼓存储器、14个电子管和180个晶体二极管。可用来求解描述化学反应动力学的微分方程，微分方程组解算的时间为6~12分钟，准确度为0.1~0.05%，视解题的速度而不同。

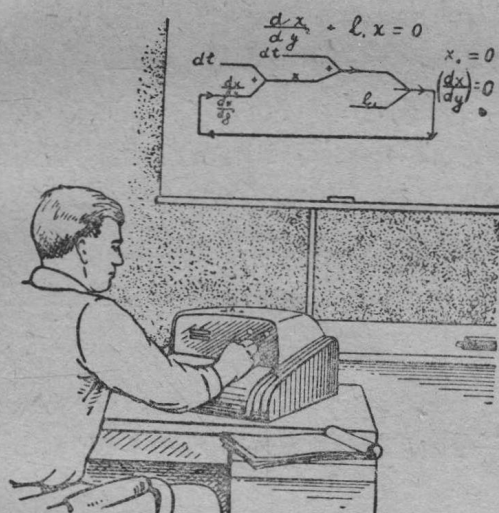


图5 台式数字积分机。

数字积分机的输入值以单个脉冲形式输入，其连续解题的延迟时间极小，约为几毫秒，甚至可达几微秒。每次解题时，均用各数值增量来操作，并将之与以前得到的数相加，这是其高速计算的原因，每秒钟能解出1000个以上的算题，或每秒钟能得出1000个未知关系曲线点。

目前，几乎所有的新型电子计算机都采用半导体元件和磁性元件。已制成一种飞机用数字积分机，采用1000个结式半导体三极管，3500个半导体二极管，总重只56.7公斤，

体积仅为 0.085 立方米；与同样技术性能的电子管计算机相比，其重量减少 $3/4$ ，体积减少了 $6/7$ 。包含有 93 个数字积分器，可用来求解复杂的问题。采用磁盘存储器，其容量为 20000 个二进制码。由于采用了半导体元件和印刷电路，所消耗的功率只 100 瓦，比同类电子管计算机减少约 $29/30$ 。

在通用数字计算机中，也开始采用半导体管来代替电子管，一部采用 2165 个半导体三极管和 3600 个半导体二极管的数字计算机，与电子管计算机相比，电能的消耗减少了 90% 以上，体积也减小数倍，工作更加可靠，且轻便、耐用。

由于电子计算机能解出科学技术进一步发展所产生的特别复杂且须大量计算的数学问题，其应用范围必然会大大地扩大。电子计算机在和平建设和军事技术方面的应用，具有很大的意义。

电子计算机在军事技术上的应用

现代军事技术在很大程度上是用自动化或半自动化的方法进行控制的，人的职责只是作出决策和在控制过程中进行尽可能简单的操作，这是由于现代化飞机、导弹和火箭的运行速度极高的原故。控制过程中对象运行的速度要求人们极度紧张的工作，且人们也不能足够快地反应各种外部因素的变化，所有这些都使得更加需要进行自动控制。

由于电子计算机能按照一定的信息作出逻辑推断，并能“存储”大量的信息，因此提供了将之应用于军事技术装置中的极大可能性。其中，最重要的应用是：