



自然科学小丛书

电子模拟计算机



6.5
25

北京出版社

自然科学小丛书

电子模拟计算机

北京计算机一厂
星云仪表厂

北京出版社

编辑说明

为了帮助广大青年、学生和工农群众学习自然科学知识，更好地为社会主义现代化建设服务，我们编辑了《自然科学小丛书》。

这套小丛书是科学普及读物，它以马克思主义、列宁主义、毛泽东思想为指导，用辩证唯物主义和历史唯物主义的观点，结合生产斗争和科学实验的实际，介绍自然科学基础知识。在编写上，力求做到深入浅出，通俗易懂，适合具有初中文化水平的广大读者阅读。

由于我们水平有限，又缺乏编辑科学普及读物的经验，难免有缺点和错误，恳切希望读者批评指正。

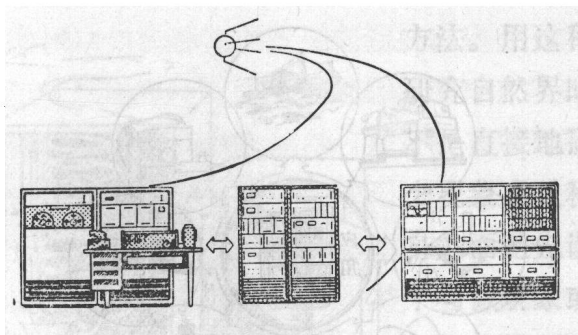
目 录

- 一 “模拟”和电子模拟计算机 (1)
 - “模拟”是怎么回事? (2) 两种模拟方法(5) 电子模拟计算机在迅速发展(7)
- 二 电子模拟计算机入门 (10)
 - 电子模拟计算机的组成(10) 电子模拟计算机的使用方法(13) 完全模拟和局部模拟(16)
- 三 电子模拟计算机的运算器 (21)
 - 电压相加电路(21) 运算放大器(23) 加法器(25) 比例器(27) 积分器(29) 函数转换器(37) 乘法器(41)
- 四 电子模拟计算机的辅助设备 (43)
 - 排题板(43) 控制系统(46) 解答显示设备(51)

五 电子模拟计算机的应用和特长 (54)

多种用途的数学模型(55) 灵活方便的计算工具(56) 自动控制系统中的控制器(58) 经济实用的训练器(61) 几点长处(64)

六 电子模拟计算机的发展前景 (67)



一 “模拟”和电子模拟计算机

电子计算机有两种：一种是电子数字计算机，另一种是电子模拟计算机，简称模拟机。模拟机不但能帮助我们进行各种模拟实验，还能进行复杂的数学运算。由于它在许多方面，例如计算速度、人和机器的关系、机器和被研究实物之间的关系等，具有独特的优点，因而近年来得到了迅速的发展，并且为越来越多的人所熟悉和运用。

电子模拟计算机不仅是研制宇宙飞船、人造卫星、飞机、导弹和原子能的重要工具，而且在国民经济其他部门，例如化工、水电、机器制造、运输、建筑、造船以及医学等方面也得到了广泛应用。

在这本小册子里，我们将向读者介绍电子模拟计算机的原理、构成和特点，以及它的应用和发展前景。

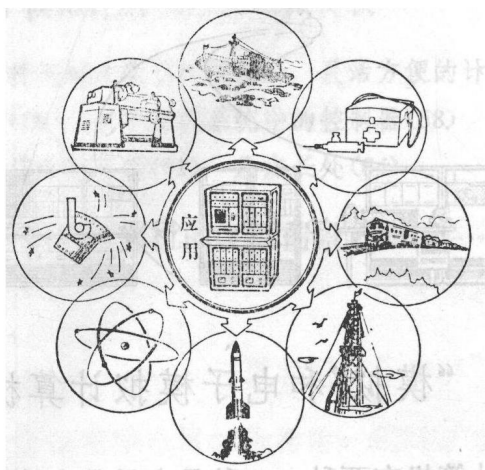


图 1

“模拟”是怎么回事？

要想了解模拟是怎么回事，让我们从用大白鼠和猴子做试验谈起吧。

看过“防治慢性气管炎”这部科教影片的同志都会记得，医务工作者为了探索人患气管炎的病因，曾用大白鼠和猴子进行试验。放在冰箱内冷冻过的大白鼠比在常温下生活的大白鼠容易得气管炎；用烟熏放在箱子里的猴子，不久就得了气管炎，咳嗽不止，引起观众很大的兴趣。医务工作者在这里所用的方法在科学上就叫做“模拟”。

“模拟”也叫做“仿真”，是人类研究自然界的一种

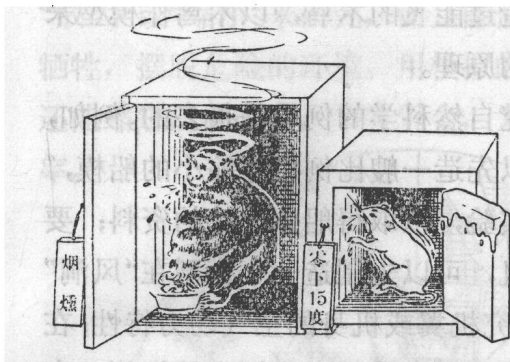


图2 用大白鼠和猴子做模拟试验
研究气管炎的防治

方法。用这种方法研究自然界时，并不是直接地研究某个现象或过程的本身，而是先设计一个与该现象或过程相似的模型，然后通过模型来间接地研究这个现象或过程。

这种研究自然界的方法就叫做“模拟”的方法，简称“模拟”。为了叙述方便，常把“模拟”中被模型代替的现象或过程称为“原型”。

勤劳勇敢的我国劳动人民，自古以来在用“模拟”方法研究自然界方面就有着许多发明和创造。早在春秋战国时期，木

工巧匠鲁班就曾经刻苦精制过大量的建筑模型，用以研究建筑物的结构和强度。鲁班不仅在建筑方面有杰出的成



图3 我国古代劳动人民在科学上的模拟

就，他还成功地制造过能飞的木鸟，以木鸟作模型来研究鸟在空中飞行的原理。

用模拟方法研究自然科学的例子是很多的。例如，要造一艘大船，可以先造一艘比例尺寸缩小的船模，在水中进行船体的实验，以取得船体设计的资料；要设计一架超音速飞机，可以先制造一个模型在“风洞”中进行吹风，用来研究机翼或机身的空气动力特性；在农业上，可用沙盘模型研究重新安排河山的规划；在军事上，举行大规模的海、陆、空联合军事演习；在宇宙飞行中用狗代替人去探险；在医学上用动物进行某种毒性药物疗效试验，等等，都是人类用模拟方法研究自然科学的典型实例。

用模拟方法研究各种自然现象时，不但能把对象



图4 在农业上用沙盘模型研究重新安排河山

“放大”或“缩小”来研究，而且能使人们避免不必要的牺牲，摆脱危险的环境。用模拟的方法研究自然界，还能缩短研制时间，节省资金，大大提高劳动生产率。

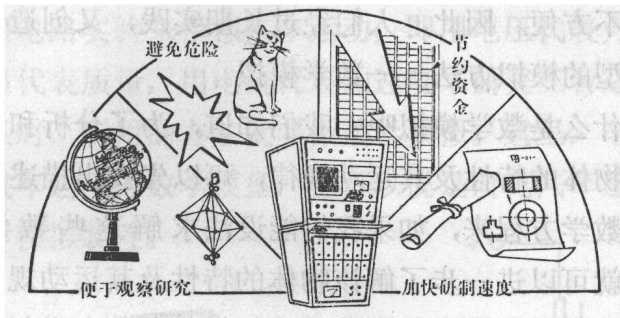


图5 模拟的好处

两种模拟方法

按照模型与原型之间的相似关系，可以把模拟分成两大类。

在上面我们所举的例子中，用沙盘模型研究重新安排河山的规划时，沙盘模型与实际的地理环境是相同的，只是大小比例不同，这种相似关系一般叫做几何相似；用动物代替人做试验时，在动物身上与在人身上发生的物理过程是相似的，这种相似关系一般叫做物理相似。

以几何相似或者物理相似为基础的模拟方法通常被称为物理模拟。

随着生产范围的扩大，科学技术的发展，人们所研究的对象越来越复杂，涉及的技术范围也越来越广泛。在很多情况下，用物理模拟方法会遇到很多的困难和不方便。因此，人们经过长期实践，又创造了一种新型的模拟方法——数学模拟。

什么是数学模拟呢？我们知道，为了分析和研究某个物体的特性及其运动规律，可以先找出描述该物体的数学方程来，如果我们能设法求解这些数学方程，就可以进一步了解该物体的特性及其运动规律。

数学模拟是在数学方程式相似的基础上进行的一种模拟方法。在采用这种模拟方法时，模型与原型中的物理过程虽然不同，但描述这两个过程的数学方程式是相同的。所以在数学模拟中并不是直接研究原型本身，而是先设计一个与原型有相同数学方程的数学模型，然后通过数学模型来研究原型中发生的现象和过程。

作为数学模拟的例子，我们先来看一下汽车在公路上行驶和电流在导体中流动这两个物理现象。大家知道：汽车在公路上行驶遵循的力学定律为 $F = ma$ （这里， F 为汽车所受到的力， m 为汽车的质量， a 为汽车的加速度）。在电学中，导体两端的电压等于通过它的电流与导体的电阻的乘积，即 $U = RI$ （这里， U

为加在导体两端的电压， R 为导体的电阻， I 为通过导体的电流)。两种物理现象本质虽然不同，但是，它们可以用相同的数学方程来表示。如果我们在实验室内用电路实验来模拟汽车运动，即用电压代表力、用电阻代表质量，用电流代表加速度来研究三者之间的关系时，所用的方法就叫做数学模拟。这里，电路就是汽车运动的数学模型，也可以说是研究汽车运动的数学模拟装置。

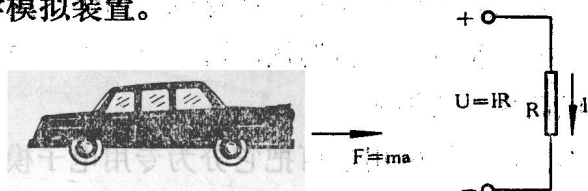


图 6 模拟汽车运动的电路

电子模拟计算机在迅速发展

最早的数学模拟装置比较简单，大都是机械式的。如一九一一年，由造船和数学工作者合作制成了微分分析机，用它研究船体在水中摇摆运动的规律，以改善船体形状的设计和研究船舶的控制。二十世纪初，由于航空业、航海业、统计学、会计学等方面对于数学模拟装置的要求增加了，又制造了类似的分析机。

然而，采用机械式数学模拟装置时，其运算速度

不容易提高，所以这一时期的改进和发明都不能得到完满的结果。到了二十世纪中叶，随着科学技术特别是电子技术的飞速发展，才使模拟装置的发展进入了新的阶段，由电子模拟装置代替了机械模拟装置。

这时的数学模拟装置，通常是由许多分别能完成一定运算功能的独立的运算部件所组成，而这些运算部件又大多是由电子元件、器件做成的，因此又常称它为电子模拟装置或电子模拟计算机。由于早期的机械式数学模拟装置已多被淘汰，所以有时也把电子模拟计算机简称为模拟机。

按模拟计算机的用途可把它分为专用电子模拟计算机和通用电子模拟计算机。

专用电子模拟计算机的优点，在于结构简单、使用方便。但它一般只能在专门的计算系统或控制系统中使用。

通用电子模拟计算机的优点，在于它可以完成许多不同类型的模拟任务，从一个题目转换到另一个题目时，并不需要更改机器中的设备和结构，而只要改变一下排题方式，就可以再进行其他的模拟计算，因而，使用起来很方便。通用电子模拟计算机不仅可以用来构成复杂物理现象的数学模型，还可以用来求解许多复杂的数学方程。

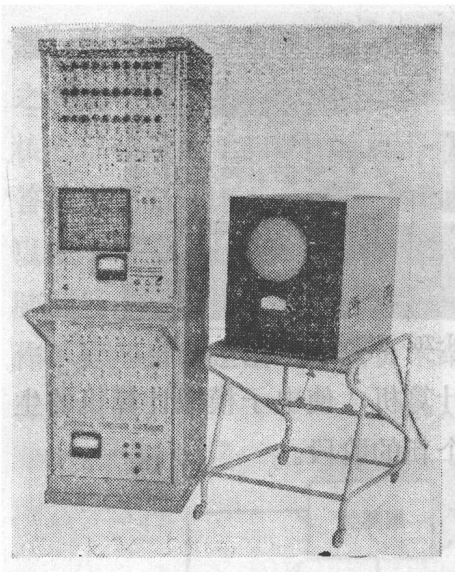


图 7 DMJ-2 型电子模拟计算机

从一九四六年第一台用电子管制成的电子模拟计算机诞生以来，电子模拟计算机在计算速度上、精度上都有了很大的提高，受到了各国的重视。开始把电子模拟计算机用于军事、航海、航空、水利、化工、电力、运输及其他部门。电子模拟计

算机又得到了进一步的发展。

解放以前，我国根本没有模拟计算机工业。现在，我们不但能制造规模大小不同的通用和专用电子模拟计算机，而且在保留电子模拟计算机的特点的基础上，吸取了电子数字计算机的优点，

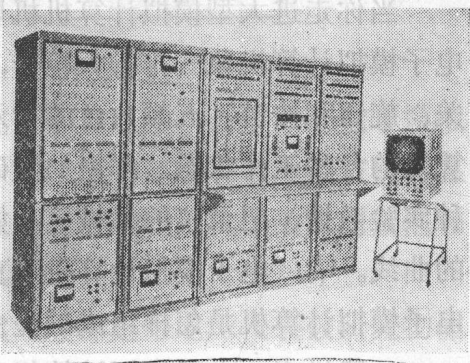


图 8 DMJ-3A 型电子模拟计算机

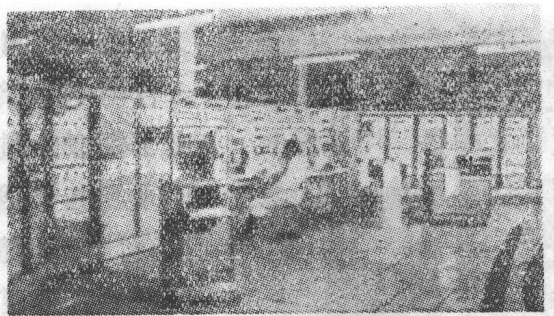


图9 HMJ-200型混合模拟计算机

又制成大型混合模拟计算机，使电子模拟计算机的生产和使用又跨进了一个新的阶段。

二 电子模拟计算机入门

电子模拟计算机的组成

当你走进大型模拟计算机机房时，你就会看到：电子模拟计算机象一排排大柜子，表面上有许多开关、旋钮和按键。五颜六色的指示灯泡指示着模拟计算机的各种工作状态，鲜艳的数码管不断地显示出各种实验数据，记录仪的机械笔巧妙地描绘出各种复杂的曲线。嗨！电子模拟计算机可真不简单啊！那么，电子模拟计算机是怎样组成的呢？

一般说来，电子模拟计算机是由运算器、控制

器、解答显示设备和电源四个主要部分组成的。它们之间的相互关系如图 10 所示。其中，运算器是它的核心部分，数学问题的求解是在运算器内完成的。解答显示设备好比纸和笔，计算结果由它显示和记录，以便于使用人员观察、分析和保存。控制器好比人的脑神经，它的作用是发出各种指令去协调机器的工作。这些指令是由工作人员来给定的。电源供给各部分以电能。

操作人员控制信号

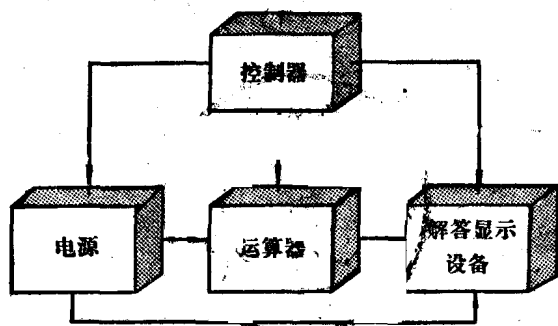


图 10

除了上述这些主要部分以外，为了保证电子模拟计算机能正常工作，在机器上还设有自动调节机器温度的空气调节系统以及能自动显示机器故障的氖泡和警铃。

电子模拟计算机一般都是用电压代表被研究物体中的变量来进行运算的。为了能对复杂的物理现象进

行模拟（例如，描述飞机在空中飞行的方程式就是一个很复杂的方程式），电子模拟计算机必须能够完成加、减、乘、除、乘方、开方、积分、微分、三角函数变换……等多种运算。这些运算可以由电子模拟计算机中的加法器、减法器、乘法器、除法器、乘方器、积分器、三角函数变换器等来分别完成。这些用

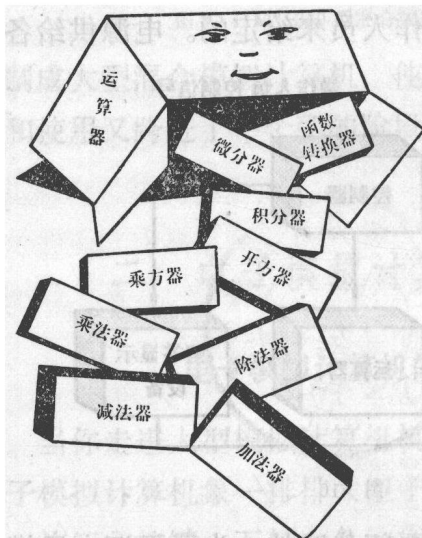


图11 运算器的种类

来进行各种运算的部件统称为电子模拟计算机的运算器。

电子模拟计算机的主要用途是用来求解微分方程或者模拟用微分方程表示的原型。微分方程是一种比代数方程复杂得多的数学方程。用电子模拟计算机解微分方

程时，所用的最基本的运算部件是积分器。一台电子模拟计算机中有多少个积分器，加上其他相应的运算器和辅助设备，就有可能解多少阶的微分方程。“阶”是代表微分方程复杂程度的一个名词，阶数越多，问题越复杂。所以，一般都用多少“阶”来说明电子模拟