

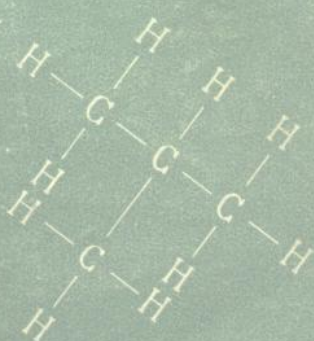
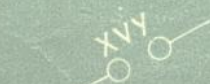
控制论

艾·柯尔曼 著

上海人民出版社

$\times$	0	1
0	0	0

1



73.82

DT

61

論 制 控

艾·柯尔曼 著

光 軍 工 克 譯

zk597/10

上海人民出版

Э. Кольман

Кибернетика

Издательство «Знание»

Москва-1956

本書根据苏联“知識”出版社 1956 年版本譯出

控 制 論

艾·柯尔曼著

光軍工克譯

*

上海人民出版社出版

(上海紹興路 54 号)

上海市書刊出版业营业許可証出 001 号

上海新华印刷厂印刷 新华書店上海发行所发行

*

开本 787×1092 公厘 1/32 印張 1 9/16 字数 31,000

1957 年 8 月第 1 版

1957 年 8 月第 1 次印刷

印数 1—11,000

統一書号：2074·66

定 价：(7) 0.15 元

封面設計：冒怀苏

內 容 提 要

本書簡單地介紹了控制論的內容是什麼，它的出現對於今天的科學技術具有什麼意義。然後，本書又說明控制理論和控制技術在今天科學技術上的運用，指出控制技術應用的未來遠景。最後，本書批判了西方國家的思想家們從控制論上得出的思想意識上的錯誤結論，但同時也指出了蘇聯一些哲學家以虛無主義態度對待這一問題的危險性。

目 录

一 什麼是控制論？	1
二 控制技術的應用	18
三 世界觀方面的結論	34

一 什么是控制論？

我們这个时代有前所未見的强大技术。人类利用这些技术更坚决地向自然界进攻，而且也得到更大的成功。現代的技术是关于原子能、噴气发动机和制造人造材料的化学生产的技术，是无綫电和电子学技术，同时也是关于控制設備的技术。

技术本身的发展——更大量地使用机器、增高机器的速度、利用高压和高温，利用物理学的最新成就——不可避免地引起了在控制这些机器的运动时用机器来代替人类直接动作的必要性。我們的感覺器官在接受刺激和感覺时，都有一定的限度，这就使我們不可能直接去控制快速的机器。甚至象感覺器官中最敏銳的眼睛，也只能感受整个电磁波波譜中的很小一部分。每秒钟变换五次的物体，眼睛已經无法辨别。只有在兩点間的視角大于一分的时候，眼睛才能分辨这两个点。不管一双巧手上的手指多么敏捷，它們动作的速度和准确度都不能超过一定限度。除此而外，在神經系統中一个脉冲从眼睛傳到大腦，再从大腦傳到手指上的肌肉也需要時間。不錯，練習可以縮短時間，然而总达不到象控制噴气式飞机所必需的那种速度。

即使在技术发展的早先阶段——在蒸汽时代，甚至更早，在水力发动机时代，也已經产生了控制机械的最初萌芽。这

些机械不象发动机那样去代替人的体力，也不象工具那样去代替人的手指，而是代替人的注意力、人的记忆和人的某些逻辑能力。

古代希腊人就曾经试图创造出代替人去控制和操纵技术过程的自动机。一世纪时的卓越工程师和数学家盖隆·亚历山特里斯基描绘过许多模仿人类动作的人形自动机。但是在奴隶劳动，以及后来在农奴劳动中，自动设备没有被用于生产，而只供显贵们娱乐之用。马克思在1863年给恩格斯的信中写道：“十八世纪中，钟表首先提供了在生产上使用自动机（特别带有弹簧的）的思想”^①。但是，现在知道，在十六世纪，自动化设备已被应用于生产上。

在1588年出版的意大利工程师拉美利写的“各种巧妙机器”这本书中描写着一种自动控制器，它根据谷粒的硬度和水流的大小来调节水磨的转动速度。由于斜槽和套在磨盘竖轴上的六棱套管磨擦而发生的震动，谷粒落到磨盘上去。如果谷粒很硬，它就会使磨盘转得慢一些。因此斜槽的震动减小，谷粒便落得少一些，而这样一来磨盘却会因此转得加快一些。相反，如果谷粒太软，那末磨盘的转动就会加快，因而斜槽震动加剧，谷粒落得更多，这就又使磨盘的转动变慢。这样，在谷粒落下和磨盘转动之间不仅有正向的联系，还有反馈关系；不仅谷粒的下落对磨盘的转动起作用，反过来，磨盘的转动也对谷粒的下落起作用。这样就使磨盘的转动保持稳定而均匀的速度，使磨粉也保持稳定而均匀的质量。这是我们所知道

① “马克思恩格斯通信选集”，俄文版，第137—138页。

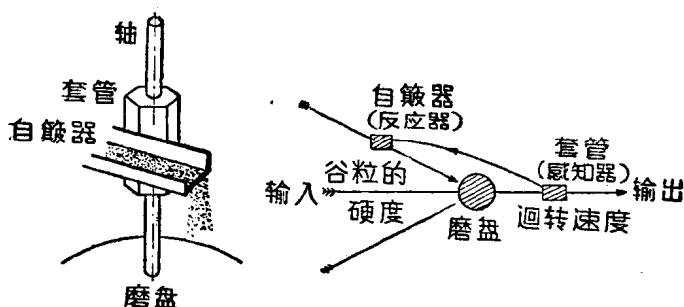


图 一

的第一种具有反饋关系的自动控制設備的随伺机械。

大家知道，在蒸汽机中有一种瓦特調速器。它根据蒸汽机軸的旋轉速度去控制蒸汽进入活塞的通道。这种調速器是利用离心力原理制造的，它使軸的旋轉保持不变的速度。技术发展到了更高的水平，在航空中，自动駕駛仪保持了飞机的位置和航道，它随伺着，不讓飞机偏右或偏左，上升或下降。在类似这样的情况中（例如，在紡織机中，在調节温度的电气恒温器中，在自动輾鋼机或其他机床中，在无綫电收音机杂音消除器中等等），控制設備都从机器的其他部分或从外界获得信息，并根据信息来进行調节。

控制設備，即自动机是产生所謂控制論(Кибернетика)的这一个新的科学部門的推动力之一。这个名詞是从古希腊字“кибернѣтес”来的，这字的意义是“舵手”或“領港人”。控制論是控制設備和自动机的数学理論，是信息和操縱的理論。这門科学是在本世紀四十年代形成的，但是几世紀来各国（包括革命前的俄国和苏联）的許多数学家、物理学家、工程师的研究給它准备了条件。对信号的有綫和无綫傳遞中的干扰、飞

机的中的描准射击問題、火箭操縱、自动技术、遙控技术、特别是对快速计算机的研究促进了这一学科的形成。

早在上古时期，希腊人和罗马人就有一种算板。板上用小石子或筹碼代替数目，做算术演算时，就移动这些筹碼。印度人也使用类似的方法。在中国和古罗斯都用穿在繩索上的小骨片来計数并作算术运算。在所有这些設備上，都用同类的物件和机械地搬弄这些物件来模拟数的抽象邏輯概念和数的运算。

亞里士多德邏輯学建立以后，在希腊人中发生了最早的关于用某种机械去代替思維活动（三段論式或邏輯推論的过程）的想法，然而沒有人知道，这一想法有沒有实现。最簡單的联結概念的裝置是由八世紀的西班牙僧侶魯里耶为了宗教的目的而制造出来的，它是由八个旋轉的同心圓構成的。1642年著名的法国数学家、物理学家和唯心主义哲学家、十九岁的巴斯卡为了減輕他父亲的劳动，造出第一个帶有輪子的算术机，他的父亲是諾曼底的收稅員。三十年以后，这一仪器由萊布尼茲加以改良，成为輪式算术机的原始型式。在这种机器中，計算是由一些小齒輪的轉动来进行的。轉动十个齿中的一个，就相当于加一或减一。齿輪朝一个方向轉表示加法，朝相反的方向轉就表示减法。这里还有一种簡單的机构，当我们算到进位的时候，小輪的轉动会傳到鄰近的輪子上去。乘法就是重复的加法，而除法則是重复的减法。小輪用手来轉动，現在也有用电动机来轉动的。

現代快速电子计算机同輪式算术机根本不同。为了計算火箭的飞跃，需要快速的计算机。头一架这种机器于1943年

造成；而第一部說明操縱和控制設備，以及分析計算機的理論、說明从机器的一部分傳到另一部分、从机器傳給人以及最后在动物和人的机体內傳遞信息理論的概括性書籍“控制論”是美国大数学家諾貝特·維納尔写出来，在1948年出版的。

现代快速計算机和类似的机器都用电脉冲来計数。因为这种脉冲的数目每秒鐘到达几十万甚至几百万，所以这种計算机計算得异常迅速。

这种机器有五个主要部分。第一是輸入部分，机器从这一部分得到确定的題目。这种題目用指令的形式給出，在指令里原来用普通語言表达的数学公式已用預定的碼子改写为机器所能够“懂得”的“語言”。那些把一种語文譯成另一种語文的翻譯机器也是这样，它得到的也是碼子化了的題目。

为了以后不再重复，这里必須說明一下：我們在采用这类拟人（把机器比作人）的術語时，只是为了簡明的目的。当然，机器的“懂得”同人的“懂得”，甚至动物的“懂得”，决不是同样的。机器当然也是沒有語言的。

送进机器里去的原始材料和指令，不用十进位制，而用二进制制。在二进制制里只用两个符号，即0和1。所有其他的数都是用这两个符号写出来的，正如莫尔斯信号里，所有字母、标点符号和数碼都是用两种符号，即点和划写出来的一样。

在二进制制里一切运算都异常簡單；在十进制制里加法表和减法表都有十行十列，而在二进制制里則已大大簡化：

下表中的每一个数都是它的同行和同列中左边的数和上边的数相加（第Ⅰ表）或相乘（第Ⅱ表）的結果。在表上写着：

表 I

+	0	1
0	0	1
1	1	10

表 II

×	0	1
0	0	0
1	0	1

$0+0=0$, $0+1=1$, $1+0=1$, $1+1=10$; $0\times 0=0$, $0\times 1=0$, $1\times 0=0$, $1\times 1=1$, 这就是化成二进制制后的加法和乘法的全部。

显然, 写大数时就需要很多符号。例如, 要写 1956 这个数目, 需要十一个符号, 即 1 1 1 1 0 1 0 0 1 0 0。用二进制制写出任何一个数目所需要的符号数不难算出, 大约是用十进制制的三倍。但是这是一本万利的, 因为机器能够在几秒钟里写出几十万, 甚至几百万的符号。真正说起来, 机器既不写 0, 也不写 1, 没有脉冲就等于 0, 有脉冲就等于 1。由有脉冲或没有脉冲构成的一个连续序列就相当于一个数, 正如在莫尔斯字母表中, 划和点的一个连续序列相当于一个字母一样。任何命令都是用码子译成数码, 因此, 也就是译成一连串的脉冲。

当然, 是人把题目给机器的。人必须给机器制订出程序。因此就需要受过专门训练的、能够制订程序的数学家。

机器的第二部分是根据触发器原理工作的计数器。触发器由两个电子管组成, 而电流则只能通过其中的一个: 或者只通过第一个, 或者只通过第二个。每个电子管都有两个接头。它从一个接头收到外来的电脉冲, 从另一个接头自己放出反应脉冲。当脉冲由外面进入电子管时, 原来通过电流的那个

电子管自己关闭，电流就从另一个电子管通过。触发器在第一个电子管关闭而第二个电子管开启的时候放出反应脉冲。如果让脉冲通到处在“0 态”（即电流通过第二个电子管）的触发器，那么触发器就转到“1 态”（即电流通过第一个电子管），但是这时候却不放出反应脉冲。如果把第二个脉冲送上去，我们就把触发器恢复到原来的“0 态”，同时它放出反应脉冲。这个循环过程一直重复下去。如果把触发器连成一串，它们就成为计数器。例如，四个触发器在收到连续的脉冲的时候，就会记下 0 0 0 0, 0 0 1 0, 0 0 1 1, 0 1 0 0 等等直到 1 1 1 1 的状态，即是二进制制中的从 0 到 15 这几个数。如果用特殊的办法把三条由触发器串成的链并联起来，那么它们就可以对数字作算术运算。这是可以从图上看到的。图中第一第二两条链上写着被加数 5（二进制制中是 1 0 1）和 7（1 1 1）。这里两个脉冲到达第三条链的第一个触发器（用特殊设备防止两个脉冲同时到达或混而为一），因此它仍然保持“0 态”，而把反应脉冲送到第二个触发器上去。但是到那里去的还有第二条链上第二个触发器的脉冲，因此，第二个触发器也保持“0 态”，而把脉冲送到第三个触发器。到第三个触发器去的还有两个脉冲（一个来自第一链的第三触发器，另一个来自第二链第三触发器），因此第三链第三触发器转到“1 态”，而把脉冲送给第四触发器，以此类推，这就得出 $101 + 111 = 1100$ （即 $5 + 7 = 12$ ）。按类似方法，触发器构成的计数器能够作其他算术运算。

这种快速计数器本身就有重大意义。它能数出以高速度从物质中飞出或被物质所吸收的“基本”粒子——原子世界中

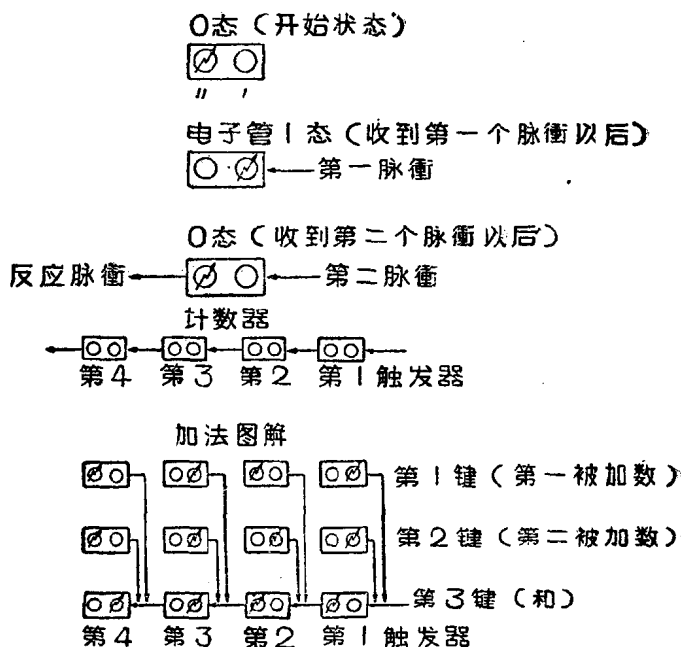


图 二

的粒子。

机器的第三部分是所谓“记忆”器。问题在于：如果机器仅仅只会迅速地计算，那么用它来作计算，几乎丝毫不会节省时间，在作更复杂的逻辑运算时尤其是这样。因为即使我们要作最简单的计算的时候，例如，用 $c-d$ 的差去除 $a+b$ 的和的时候，显然我们首先要将 $a+b$ 加起来，把结果记下，然后求出 $c-d$ 的差数，再把它记下，最后才用第二个数目去除第一个数目。机器也必须这样做。但是如果每次我们必须得到第一个中间结果以后，把机器停下来，记下结果，然后

又去記第二个結果，最后給机器指令，叫它作第三个演算，这样一來，即使用机器計算，也会非常緩慢，計算的快速也就化为烏有了。因此，机器必須有这样一种設備，它能保存最初數據、中間結果和在必要阶段應該执行的指令。这种“記憶”器可以根据各种物理原理来制造的。它可以利用声学的、介电的、机电的、电子的、鉄电的、鉄磁共振的、磁学的、光学的和力学的性質。我們不去涉及純技术性的細節，只談“記憶”器的两个特点。

第一，机器的能力显然同它的“記憶”容量有关。机器愈能“記憶”得多，它的用途也愈大。第二，也要看它能够多么迅速地“從記憶”部分得到信息。然而这两个因素是多少有些矛盾的；“記憶”容量愈大，从其中得到必要的信息就愈慢，反之，“記憶”容量愈小，得到信息愈快。設計師找到一个解决矛盾的办法，使机器具有两种“記憶”：一种叫做外部“記憶”，一种叫做内部“記憶”。

外部“記憶”就象我們的筆記本。它有巨大容量，有几十万个“小匣”，但是因此动作得慢。相反，内部“記憶”的容量比較小，只有几千个“小匣”，因此动作得快。“記憶”的物理性質是这样的，外部記憶好象能永久記住，它絕不忘記，不会失去信息，而内部記憶則相反，在内部記憶中，記錄会随着時間磨去，因而使机器不再准确地工作。为了避免这点，内部記憶器的元件要增加兩倍或三倍。

外部“記憶”常常是一条移动的帶子，机器在帶子上打出断續的孔眼。一个脉冲就有一个小孔，沒有脉冲也就沒有小孔。在帶上或卡片上穿孔的原理早先用于担任統計和計算工

作的分析計算机上。它会把現象加以分类，即根据一組給定的特征，等等，把某些現象挑出来，这就大大減輕了計算調查統計的結果的工作。有时也用一条鋼帶去代替穿孔帶。用磁化的方法在鋼帶上記錄脉冲，就象磁性录音机上所做的一样。內部“記憶”最常見的是利用一定的波輪廓來記錄，例如，在水銀灯中用超声波輪廓來記錄。

計算机的第四个組成部分是控制器，这是一种随伺机械，它具有反饋作用，能使机器的工作情况保持不变。

最后是輸出器。在輸出器中，机器中得出的結果又被譯成普通語言。如果是計算机，那它就用十进位制把結果打出来，如果是翻譯机，它就把譯文打出来，以此类推。

因此，計算机和与之类似的控制机器模拟人类記憶、人类的注意以及相当复杂的邏輯工作，即計算、三段論法、分类、选择、比較等等过程。这是一种間續动作的机器，它是按照算术的原理，按照自然数的序列1, 2, 3, 4, 等等的原理制造出来的，这里任何数过渡到鄰近的一个数都是通过“飞跃”完成的。

还有按另一种原理制成的模拟式計算机。它們是連續动作的机器。它們模拟的不是人类的思維活动，不是人类神經系統的某些功能，而是外間世界的各种过程。

大家早就知道，具有不同特性、相互間从質上截然不同的許多物質过程，在量上和形式关系上却如此相似，以致可以利用同一类数学工具来加以研究。因此可以模拟它們。例如，几乎有兩個世紀物理学家都認為热似乎是由一种特殊的物質（热素）所引起的，热素就象流体一般在物体中傳播。科学早就駁斥了那种实际不存在的热素，証明热是一种特殊的运动

形式,是由于物質分子的无序的运动引起的。然而,热素理論所确定的那些关于热的傳播的量的規律却原来是眞的: 热的傳导現象和流体的运动都可以用同一些数学方程来描写。

某些流体力学的、热学的和声学的过程都可以用电过程来模拟,这給研究工作帶來很大方便。

模拟設備根据的就是这一类比原則。这种設備的动作速度并不遜于被模拟过程的速度。因此它們可以用来解决数学問題,但是它們不能給出数字的結果,而是立即給出表示一个变量同另一个变量或几个变量間的依屬关系的曲綫图形。

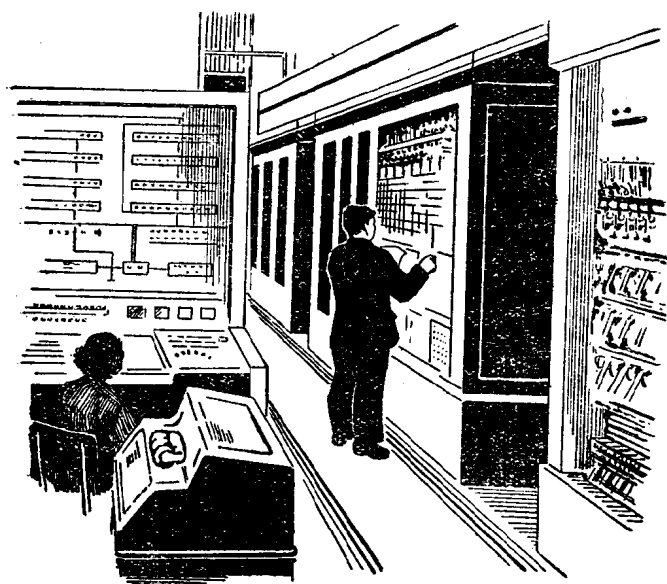
但是这种設備也可以用来調节被模拟的过程。例如,水电站堤壩下水的滲透作用是一个复杂的过程,它难以用数学方法来解答。但是这一过程是可以模拟的,或者从电模型上得出滲透水量与時間关系的图形,或者在水力裝置中安裝一个模拟机,用这个模拟机作为調节器,作为随伺机械,它使到渦輪去的水流維持一定的需要量。虽然連續动作的模拟机比間續动作的計算机要簡單得多,但是它們的动作的精确度要差得多,而且不适合于用来解决許多种类問題——每一种模拟机只是用来解决自己的特殊任务或者为了控制某个特定的过程。

計算机和控制机首先大大地加速了和節約了劳动。在苏联科学院計算数学研究所(由列別捷夫院士領導)制造出来的快速电子計算机平均每秒鐘能够作 8,000 次十位数字的算术运算。它代替了几千計算員的劳动,它是欧洲最迅速的快速計算机。但是在美国却有計算得更快的机器,它一秒鐘作 18,000 次算术运算。我們就要造成每秒鐘算 25,000 次的机

器,而美国就要造成算 4 万次的机器。

当然会产生这样的问题:这样高的速度有什么用呢?机器每秒鐘乘 1 万次或 2 万次不都一样嗎?干么要一再增加它的速度呢?但是問題在这里:机器不仅計算,不仅解答需要作大量算术运算的复杂数学問題,它还要“考虑”,而“考虑”耗費相当多的時間。有些問題里有大量的可能性、方案、組合,需要从其中挑选最好的方案。机器必須一一挑选所有这些可能性。这就是說,能不能够在实际上要求的時間内完成这项工作有賴于机器运算的速度。

計算机器和控制机器不仅仅是加速和节省劳动。它們也能解答那些如果没有它們,一个人便无法解答的問題。第一,



图三 快速电子计算机全貌

因为有些問題需要那么多的計算，如果沒有机器，一个人的生命、甚至整整一代人的生命都不够去完成这些計算。第二，还有这样一些問題，如果沒有机器，需要很長時間才能算出来，以致得到的結果失去时效。

此外，計算机的用处还在于：它們給自然科学和技术开辟了新的发展远景。大家知道，即便在力学中，我們为了解答例如摆的振动的問題也不得不舍弃許多数据（空气的阻力，綫的重力弯曲等）。在这种場合，我們得到的方程可以很簡單，我們能够解答它。但如果我們去观察振幅很大的振动，那就要应用橢圓函数，如果我們把空气阻力、綫本身的轉动和伸長等等都考虑在內，那末我們得到的將是一个十分复杂的实际上无法解出的微分方程。然而对机器來說，在几秒鐘內得出这一題目的近似解答，沒有任何困难。

因此，我們現在能够得到比早先要精确得多的关于物理学定律的概念。在技术中，这也意味着，現在我們为了防备万一而不得不采用的儲备系数，可以大大降低，这就能大大节省材料、动力和資金。

最后，由于新技术——快速計算机和控制机——的产生，在数学中也产生了一个新的部分“机器数学”，因为新的技术需要它。

当然，控制論本身还很年輕，因此不能要求它具有最后完成的形态：在控制論中还有不少爭論之点，它的界限还不清晰。它把早先比較很少联系的各个数学部門，例如概率論和数理邏輯，联系起来。

如果控制論不是一門独立的科学，它仍然是研究通信和